Administración de operaciones

Conceptos y casos contemporáneos

Quinta edición

Roger G. Schroeder
Susan Meyer Goldstein
M. Johnny Rungtusanatham

Administración de operaciones

Conceptos y casos contemporáneos

Administración de operaciones

Conceptos y casos contemporáneos

Quinta edición

Roger G. Schroeder
Susan Meyer Goldstein
M. Johnny Rungtusanatham
University of Minnesota

Revisión técnica
Joaquín Orduña Trujillo
Facultad de Contaduría y Administración
Universidad Nacional Autónoma de México

Héctor Horton
Facultad de Contaduría y Administración
Universidad Nacional Autónoma de México

MÉXICO • BOGOTÁ • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA • MADRID • NUEVA YORK
SAN JUAN • SANTIAGO • SÃO PAULO • AUCKLAND • LONDRES • MILÁN • MONTREAL
NUEVA DELHI • SAN FRANCISCO • SINGAPUR • ST. LOUIS • SIDNEY • TORONTO

Director Higher Education: Miguel Ángel Toledo Castellanos
Editor sponsor: Jesús Mares Chacón
Coordinadora editorial: Marcela Rocha Martínez
Editora de desarrollo: Karen Estrada Arriaga
Supervisor de producción: Zeferino García García

Traducción: Jaime Gómez Mont Araiza

ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Conceptos y casos contemporáneos
Quinta edición

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra,
por cualquier medio, sin la autorización escrita del editor.

DERECHOS RESERVADOS © 2011, 2005 respecto de la segunda edición en español por,
McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S. A. de C. V.
A Subsidiary of ***The McGraw-Hill*** *Companies, Inc.*
Prolongación Paseo de la Reforma 1015, Torre A,
Pisos 16 y 17, Col. Desarrollo Santa Fe,
Delegación Álvaro Obregón
C. P. 01376, México, D. F.
Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana Reg. Núm. 736

ISBN: 978-607-15-0600-9
(ISBN: 978-970-10-4653-1 de la primera edición)

Traducido de la octava edición en inglés de *Operations Management. Contemporary concepts and cases*, © 2011, 2008, 2007, 2004, 2002 by Roger G. Schroeder, Susan Meyer Golstein and M. Johnny Rungtusanatham. Published by The McGraw-Hill Companies, Inc. New York, N.Y., USA. All rights reserved. ISBN: 978-0-07-340338-0.

1098765432 1098765432101

Impreso en México *Printed in Mexico*

A nuestras familias, cuya motivación y afecto agradecemos

—Roger G. Schroeder

—Susan Meyer Goldstein

—M. Johnny Rungtusanatham

Acerca de los autores

Roger G. Schroeder

Ocupa el cargo Frank A. Donaldson en Administración de Operaciones en la Curtis L. Carlson School of Management de la University of Minnesota. Obtuvo su licenciatura en Ingeniería Industrial con altos honores y el grado MSIE de dicha universidad así como un doctorado en la Northwestern University. Ha ocupado puestos en la Carlson School of Management como director del programa de doctorado, director del Departamento de Operaciones y Ciencias Administrativas, y codirector del Centro para el Liderazgo en la Calidad Joseph M. Juran. El profesor Schroeder ha logrado concesiones de investigación de la National Science Foundation, la Ford Foundation y la American Production and Inventory Control Society. Sus intereses actuales de investigación son la administración de la calidad, la estrategia de operaciones y la manufactura de alto desempeño, y se encuentra entre los investigadores más ampliamente difundidos y citados en el campo de la administración de operaciones. Fue seleccionado como miembro de la University of Minnesota Academy of Distinguished Teachers y obtuvo el Reconocimiento Morse por sus brillantes investigaciones. Roger G. Schroeder recibió el reconocimiento de logros permanentes en administración de operaciones de la Academy of Management y es miembro de la Decision Sciences Institute y de la Production and Operations Management Society. Ha participado en actividades de consultoría con numerosas organizaciones, incluyendo a 3M, Honeywell, General Mills, Motorola, Golden Valley Foods y Prudential Life Insurance Company.

Susan Meyer Goldstein

Es profesora asociada del Departamento de Ciencias Administrativas y de Operaciones en la Curtis L. Carlson School of Management, University of Minnesota. Ella obtuvo la licenciatura en Genética y Biología Celular y un MBA en la misma universidad y trabajó en la industria de los cuidados para la salud durante varios años. Más tarde, cursó un Doctorado en Administración de Operaciones en el Fisher College of Business de la Ohio State University. Colabora en la facultad de la University of Minnesota desde 1998. Fue nombrada como profesora visitante en la Olin Business School de la Washington University en San Louis durante dos años. Sus investigaciones actuales son acerca del vínculo entre el diseño del proceso del servicio y el desempeño del proceso y, en la actualidad, trabaja con un hospital de Minnesota que ha conseguido una de las tasas más bajas de mortalidad por ataques cardiacos en Estados Unidos. Asimismo, se interesa en los problemas relacionados con la estrategia de operaciones y la calidad del servicio. Sus trabajos recientes se han publicado en *Decision Sciences, Journal of Operations Management* y *Production and Operations Management*, entre otros. Es editor asociado del *Journal of Operations Management* y *Service Industries Journal* y colabora en las juntas editoriales de muchos periódicos de operaciones y de servicios. Ha recibido diversos reconocimientos y concesiones de investigación.

M. Johnny Rungtusanatham

Se unió a la facultad de la Carlson School of Management como profesor asociado en la University of Minnesota-Twin Cities en 2006. Antes de esto, era miembro de la facultad de la W. P. Carey School of Business en Arizona State University (ASU).

Ha obtenido reconocimientos como miembro de la facultad tanto en investigación como en enseñanza, y fue seleccionado en 2000 para ser la primera persona en recibir la Condecoración John Teets Outstanding Graduate Professor de la W. P. Carey School of Business y, en el mismo año, consiguió la distinción de Profesor Extranjero de Alta Calificación de la Università di Padova, Italia. Sus coautores y él también han obtenido tres reconocimientos por la presentación de mejores documentos. Más recientemente, Rungtusanatham recibió el Reconocimiento 2007 de Investigación de la Facultad de la Carlson School of Management. Sus artículos han aparecido en un número de prestigiados periódicos académicos y de practicantes, incluyendo a la *Academy of Management Review, Decision Sciences, Journal of Operations Management* y *Sloan Management Review*, entre otros. Mientras estuvo en ASU, fundó y dirigió el W. P. Carey MBA-Online Program. Ha realizado investigaciones con, participado en consultoría y proporcionado capacitación ejecutiva para los siguientes organismos: Arizona Public Services, Chevron Corporation, Deere & Company, e-Bags.com, E-Source, Honeywell, Intel, LG Electronics, Medtronics, ON Semiconductor, Phelps Dodge, Seaquist Closures, United Technologies y Zytec.

Prefacio

Características

La administración de operaciones es un campo emocionante y vital en el complejo mundo de los negocios de la actualidad. Por lo tanto, los estudiantes tanto de nivel subgraduado como de MBA tienen una necesidad urgente de entender las operaciones; una función esencial en todo negocio.

Este libro de texto acerca de la administración de operaciones aborda el efecto de las decisiones de operaciones sobre la empresa y enfatiza la toma de decisiones interfuncional con una orientación hacia la cadena de suministro. El texto proporciona materiales de interés para los estudiantes generales de negocios y para las especializaciones en administración de operaciones. Al destacar la toma de decisiones interfuncional, el texto brinda una perspectiva de negocios única y actual para todos los educandos. Éste es el primer texto que incorpora la toma de decisiones interfuncional en cada capítulo.

Un marco unificado de decisión organiza el material agrupando las decisiones en cuatro categorías principales: proceso, calidad, capacidad e inventario. Tal marco conceptual tiene como finalidad facilitar el entendimiento de los alumnos acerca del papel de las decisiones y las responsabilidades de las operaciones en relación con funciones como marketing y finanzas. Asimismo, la obra aporta un tratamiento equilibrado de las empresas tanto de servicios como de manufactura.

Además, se incorpora el contenido más reciente, incluyendo las operaciones globales, la administración de la cadena de suministro, las operaciones electrónicas, la representación gráfica de los servicios, la estrategia basada en las habilidades, Seis Sigmas, sistemas eficientes y personalización en masa. También, se proporciona una cobertura completa sobre temas tradicionales, incluyendo el diseño del proceso, los sistemas de servicios, la administración de la calidad, el ERP, el control del inventario y la programación de operaciones.

Con una cobertura de los conceptos de la administración de operaciones en 16 capítulos, el libro también ofrece 21 casos de estudio; éstos tienen como finalidad reforzar las habilidades para la formulación de los problemas e ilustrar los conceptos que se presentan en el texto. Se incluyen casos de estudio tanto largos como breves en vez de sólo incorporar problemas o ejemplos extensos; más bien, se trata de casos sustanciales de estudio sobre la administración, incluyendo algunas de las colecciones de casos de la Harvard Business School y de la Darden School.

Esta edición abarca todos los fundamentos que los estudiantes necesitan saber acerca de las operaciones, eliminando sólo los temas superfluos y tangenciales. Al limitar el tamaño de la obra, se condensó el material a los elementos básicos.

Este libro es ideal para los cursos regulares de administración de operaciones, así como para los cursos de casos y modulares. Es útil en particular para quienes desean una perspectiva interfuncional y de toma de decisiones que incluya la cadena de suministro. Los instructores pueden fácilmente complementar el texto con sus propios casos, lecturas o materiales.

El sitio web para el texto contiene 21 plantillas de Excel, las cuales se diseñaron para asistir en la resolución de problemas al final de los capítulos y los casos de estudio. Asimismo, incluye notas técnicas adicionales sobre programación lineal, simulación, métodos de transporte, análisis financiero y teoría de colas, los cuales, si el instructor lo desea, pueden asignarse.

Administración de operaciones cuenta con varios complementos que facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje. Para mayor información sobre este material de soporte, póngase en contacto con su representante local.

La obra posee diversas características pedagógicas.

- En cada capítulo, se incluyen los recuadros "Liderazgo operativo" para ilustrar las prácticas más recientes implantadas en las empresas líderes.
- Cada capítulo contiene por lo menos tres "Ejercicios por internet". Por lo general, éstos permiten un aprendizaje amplio acerca de los conceptos que se discuten en el texto.
- En cada capítulo, se resaltan aspectos de énfasis interfuncional con un símbolo especial. Esto pone de relieve la naturaleza interfuncional del libro.
- Al final de los capítulos cuantitativos, se incluyen problemas resueltos para proporcionar ejemplos adicionales para los estudiantes.
- Las hojas de Excel se asocian con problemas específicos al final de los capítulos. Una de estas hojas electrónicas se ilustra en el texto para cada capítulo que contiene problemas de Excel.
- El sitio web del libro de texto del alumno puede usarse para ampliar el aprendizaje de los estudiantes en relación con las ideas básicas que se cubren en la obra. Incluye capítulos técnicos, videoclips, plantillas de Excel, transparencias de PowerPoint, cuestionarios del capítulo y vínculos con la web.

Cambios fundamentales en la quinta edición

1. A través de todo el libro de texto, se otorga mayor relevancia a la administración de la cadena de suministro. Ahora, el texto presenta la administración de operaciones con una perspectiva de la cadena de suministro.
   - El capítulo 1 añade una orientación de la administración de la cadena de suministro. Proporcionamos una definición de la cadena de suministro, explicamos que las operaciones existen dentro del contexto más amplio de una cadena de suministro e introducimos las funciones de compras y de logística.
   - En el capítulo 2, la estrategia de la administración de la cadena de suministro se amplía y cierra el capítulo.
   - El capítulo 3 incorpora una nueva sección acerca de la participación de los clientes y los proveedores de la cadena de suministro en el desarrollo de nuevos productos.
   - En el capítulo 7, se incluye la eficiencia de la totalidad de la cadena de suministro; la eficiencia no debe ser sólo cuestión de pasarle el inventario a los proveedores.
   - El capítulo 8 agrega una sección acerca del mejoramiento de la calidad de la cadena de suministro mediante la participación de los clientes y de los proveedores en el diseño y las operaciones.
   - En el capítulo 10, se revisa la sección sobre el efecto de látigo de toro y se adiciona una nueva sección de compras y logística.
   - En el capítulo 15, añadimos el tema de inventarios administrados por los proveedores y la consignación del inventario.
   - En el capítulo 16, explicamos la manera en la que el ERP ofrece un vínculo a través de toda la cadena de suministro.
   - Se incluyen cuatro casos de configuración de la cadena de suministro: Crocs: Revolución de la cadena de suministro, Unifine Richardson (un caso de compras), Integración anticipada de proveedores, y eBags (administración del crecimiento en la cadena de suministro).
2. Se concede mayor importancia a las operaciones globales. La obra contiene ahora más material internacional que otros libros de texto introductorios.

   Capítulo 2: Tiene una sección acerca de la estrategia global en las operaciones.

   Capítulo 3: Agrega una sección sobre el desarrollo global de productos.

   Capítulo 5: Incorpora una sección acerca de la globalización de los servicios.

   Capítulo 10: Incluye las funciones del abastecimiento global y de la logística.

Los casos que involucran un alcance global son: Calidad en Gillette Argentina, Crocs (cadena de suministro global), Unifine Richardson (compras provenientes de China) e eBags (Mercado europeo).

Los cuadros de Liderazgo Operativo que muestran ejemplos globales y que no estadounidenses abarcan a British Petroleum y a Crédit Suisse.

3. Algunas revisiones de fondo de los capítulos incluyen lo siguiente:

   - El capítulo acerca de sistemas eficientes se revisó en su totalidad para destacar la filosofía de la eficiencia antes de exponer la producción eficiente. Se otorgó énfasis a los servicios eficientes.
   - El capítulo sobre el análisis del flujo del proceso se modificó para concentrarse en los principios de los diagramas de flujo del proceso, los símbolos comunes de los diagramas de flujo y en un enfoque sistemático para procesar el análisis del flujo.
   - El capítulo de la administración de la cadena de suministro comprende ahora nuevos materiales que pertenecen a las funciones de abastecimiento y de logística y a las decisiones clave dentro de cada función.
   - El capítulo sobre planeación y programación de proyectos se revisó con el fin de incluir más material de planeación y administración de proyectos de acuerdo con el cuerpo de conocimientos del Project Management Institute.
   - Se agregaron secciones ambientales a algunos de los capítulos.

4. Se adicionaron los cuadros Usted decida para estudiar aspectos controversiales de los diversos capítulos. Estos cuadros requieren de una reflexión adicional del estudiante y no tienen respuestas sencillas. Por ejemplo, ¿las operaciones eficientes impulsan al inventario a los proveedores o a los clientes?
5. Se revisó la mitad de los problemas y se añadieron nuevos cuadros de Liderazgo Operativo. Se incluyen términos en negritas para las definiciones de la sección de puntos clave al final de los capítulos.
6. En la quinta edición, hay aproximadamente 60 asignaciones por internet con ejercicios nuevos y actualizados.
7. Se presentan 21 casos de estudio, que abarcan dos de Harvard, un caso de Babson, dos de Darden, uno de Ivey y un caso proveniente del Institute for Supply Management. Los casos que los autores del libro de texto elaboraron se revisaron con la intención de añadir información actual. Se anexan tres nuevos casos:

   Mejoramiento del servicio de farmacias en CVS (A)

   Crocs: Modelo para revolucionar la cadena de suministro de una industria en pro de una ventaja competitiva

   Unifine Richardson (caso acerca de compras)

Reconocimientos

El autor desea manifestar su gratitud a los muchos individuos que colaboraron en este libro. Expresamos una gratitud especial a los revisores de esta edición:

Richard Crandall
Appalachian State University
Dan Hallock
University of North Alabama
Robert Kitahara
Troy University
Karl Knapp
University of Indianapolis
John Kros
East Carolina University
David Levy
Bellevue University
Paul Mangiameli
University of Rhode Island
Ram Misra
Montclair State University

Peter Zhang
Georgia State University
Adrian Choo
Rensselaer Polytechnic Institute
Lynda Fuller
Wilmington University
Mark Goudreau
Johnson & Wales University
Scott Martens
University of Minnesota
Madeleine Pullman
Portland State University
Surender Reddy
Saginaw Valley State University

Los autores agradecen al personal de McGraw-Hill/Irwin que participó en forma directa en la edición y en la producción del texto. Dick Hercher, editor ejecutivo, proporcionó un firme apoyo editorial para muchas de las características y conceptos clave incorporados en el texto. Nuestra gratitud para Gail Korosa, editor de desarrollo, quien aseguró que el libro se ajustara fielmente a su concepto y coordinara el proceso editorial y de revisión. Dana Pauley, gerente del proyecto, fue muy diligente para conducir el libro a través del proceso de producción.

También, nos gustaría dar las gracias a nuestros colegas de la University of Minessota quienes escucharon nuestras ideas y aportaron sugerencias para el mejoramiento de la obra. Un agradecimiento especial para James Pope, University of Toledo, quien es el autor de las transparencias de PowerPoint y a Michael Godfrey, University of Wisconsin, Oshkosh, quien redactó los cuestionarios de prácticas para el sitio web del texto y actualizó el banco de pruebas. Igualmente, le damos las gracias a Doug y Letty Chard, quienes, con gran diligencia y cuidado, prepararon el índice. Por último, agradecemos a nuestras familias por su paciencia y su perseverancia durante los muchos meses de escritura y de edición. Sin su apoyo y su motivación, este libro de texto no hubiera sido posible.

Roger G. Schroeder

Susan Meyer Goldstein

M. Johnny Rungtusanatham

Contenido breve

Acerca de los autores vi

Prefacio viii

PARTE UNO
INTRODUCCIÓN 1

Capítulo 1
La función de operaciones 2

Capítulo 2
Estrategias de operaciones y de la cadena de suministro 20

Capítulo 3
Diseño del producto 40

PARTE DOS
DISEÑO DEL PROCESO 59

Capítulo 4
Selección del proceso 60

Capítulo 5
Diseño del proceso del servicio 83

Capítulo 6
Análisis del flujo del proceso 105

Capítulo 7
Filosofía de la producción esbelta y sistemas esbeltos 129

PARTE TRES
CALIDAD 155

Capítulo 8
Administración de la calidad 156

Capítulo 9
Control y mejoramiento de la calidad 179

PARTE CUATRO
CAPACIDAD Y PROGRAMACIÓN 209

Capítulo 10
Administración de la cadena de suministro 210

Capítulo 11
Preparación de pronósticos 237

Capítulo 12
Planeación de la capacidad 270

Capítulo 13
Programación de operaciones 308

Capítulo 14
Planeación y programación de proyectos 328

PARTE CINCO
INVENTARIO 355

Capítulo 15
Inventarios sujetos a una demanda independiente 356

Capítulo 16
MRP y los sistemas de ERP 388

PARTE SEIS
CASOS DE ESTUDIO 415

APÉNDICES 531

CRÉDITOS DE FOTOS 533

ÍNDICE ANALÍTICO 535

Contenido

Acerca de los autores vi

Prefacio viii

PARTE UNO
INTRODUCCIÓN 1

Capítulo 1
La función de operaciones 2

1.1 ¿Por qué debe estudiarse la administración de operaciones? 3
1.2 Definición de la administración de operaciones y de las cadenas de suministro 4
1.3 Decisiones en Pizza U.S.A. 7
1.4 Decisiones de operaciones: marco conceptual 9
1.5 Toma de decisiones a nivel interfuncional 11
1.6 Operaciones como un proceso 12
1.7 Temas contemporáneos de las operaciones 14
Servicios y manufactura 14
Operaciones dirigidas por el cliente 15
Manufactura esbelta 15
Integración de las operaciones con otras funciones 15
Preocupaciones ambientales y sustentabilidad 15
Administración de la cadena de suministro 16
Globalización de las operaciones 16
1.8 Aspectos y términos clave 17
Usted decida 18
Ejercicios por internet 18
Preguntas de análisis 18
Bibliografía 19

Capítulo 2
Estrategias de operaciones y de la cadena de suministro 20

2.1 Estrategia de operaciones de McDonald's 21
2.2 Alcance global de las operaciones y de las cadenas de suministro 23
2.3 Estrategia de la cadena de suministro 25
2.4 Modelo de estrategia de las operaciones 27
Estrategia corporativa y de negocios 27
Misión de operaciones 28
Objetivos de las operaciones 28
Decisiones estratégicas 29
Ventaja competitiva 30
2.5 Énfasis sobre los objetivos de las operaciones 31
2.6 Forma de vincular estrategias 33
2.7 Ambiente y operaciones sustentables 35
2.8 Aspectos y términos clave 36
Usted decida 37
Ejercicios por internet 37
Preguntas de análisis 37
Bibliografía 38

Capítulo 3
Diseño del producto 40

3.1 Estrategias para la introducción de nuevos productos 41
3.2 Proceso de desarrollo de nuevos productos 42
Desarrollo del concepto 43
Diseño del producto 43
Experimentación/producción piloto 44
3.3 Diseño interfuncional de productos 45
3.4 Colaboración de la cadena de suministro 46
3.5 Implantación de la función de calidad 47
3.6 Análisis del valor 51
3.7 Diseño modular 52
3.8 Aspectos y términos clave 54
Usted decida 55
Ejercicios por internet 56
Preguntas de análisis 56
Bibliografía 57

PARTE DOS
DISEÑO DEL PROCESO 59

Capítulo 4
Selección del proceso 60

4.1 Características del flujo del producto 61
4.2 Enfoques para el cumplimiento de la orden 66
4.3 Decisiones de selección de procesos 70
4.4 Estrategia del producto-proceso 72
4.5 Operaciones enfocadas 73
4.6 Personalización en masa 75
4.7 Responsabilidades ambientales 77
4.8 Toma de decisiones interfuncional 78
4.9 Aspectos y términos clave 79
Usted decida 80
Ejercicios por internet 81
Preguntas de análisis 81
Bibliografía 82

Capítulo 5
Diseño del proceso del servicio 83

5.1 Definición del servicio 84
5.2 Paquete servicio-producto 85
5.3 Matriz de servicios 87
5.4 Contacto con el cliente 90
5.5 Recuperación y garantías del servicio 93
5.6 Globalización de los servicios 95
5.7 Empleados y servicios 98
5.8 Aspectos y términos clave 101
Usted decida 102
Ejercicios por internet 102
Preguntas de análisis 103
Bibliografía 103

Capítulo 6
Análisis del flujo del proceso 105

6.1 Filosofía del proceso 106
6.2 Perspectiva de la empresa como un proceso 107
6.3 Medición de los flujos del proceso 108
6.4 Medición de los flujos del proceso en Pizza U.S.A. 110
6.5 Diagrama de flujo del proceso 111
6.6 Análisis del flujo del proceso como preguntas 115
6.7 Reingeniería del proceso de la empresa 118
6.8 Aspectos y términos clave 122
Usted decida 123
Ejercicios por internet 123
Problemas resueltos 123
Preguntas de análisis 125
Problemas 125
Bibliografía 127

Capítulo 7
Filosofía de la producción esbelta y sistemas esbeltos 129

7.1 Evolución de la producción esbelta 130
7.2 Principios de la manufactura esbelta 132
7.3 Sistema esbelto 136
7.4 Estabilización del programa maestro 137
7.5 Control del flujo con el sistema Kanban 139
7.6 Reducción del tiempo de preparación y del tamaño de los lotes 141
7.7 Cambio de la distribución física y mantenimiento del equipo 143
7.8 Capacitación interfuncional, remuneración y contratación de trabajadores 144
7.9 Garantía de la calidad 145
7.10 Cambios de relaciones con los proveedores 145
7.11 Implantación de la manufactura esbelta 146
7.12 Aspectos y términos clave 148
Usted decida 150
Ejercicios por internet 150
Problemas resueltos 150
Preguntas de análisis 152
Problemas 152
Bibliografía 153

PARTE TRES
CALIDAD 155

Capítulo 8
Administración de la calidad 156

8.1 Definiciones de calidad 157
8.2 Calidad de los servicios 160
8.3 Planeación, control y mejoramiento de la calidad 161
8.4 Pioneros de la calidad 164
W. Edwards Deming 165
Joseph Juran 166
8.5 Estándares ISO 9000 167
8.6 Reconocimiento Malcolm Baldrige 168
8.7 Calidad de la cadena de suministro 170
8.8 Calidad y desempeño financiero 172
8.9 Razón por la cual fracasan algunos esfuerzos hacia el mejoramiento de la calidad 174
8.10 Aspectos y términos clave 175
Usted decida 176
Ejercicios por internet 177
Preguntas de análisis 177
Bibliografía 178

Capítulo 9
Control y mejoramiento de la calidad 179

9.1 Diseño de los sistemas de control de la calidad 180
9.2 Control de la calidad del proceso 183
9.3 Control de atributos 185
9.4 Control de variables 185
9.5 Uso de gráficas de control 187
9.6 Capacidad del proceso 188
9.7 Mejoramiento continuo 190
9.8 Seis Sigma 194
9.9 La manufactura esbelta y los Seis Sigma 196
9.10 Control y mejoramiento de la calidad en la industria 198
9.11 Aspectos y términos clave 200
Usted decida 201
Ejercicios por internet 201
Problemas resueltos 201
Preguntas de análisis 204
Problemas 204
Bibliografía 207

PARTE CUATRO

CAPACIDAD Y PROGRAMACIÓN 209

Capítulo 10
Administración de la cadena de suministro 210

10.1 Cadena de suministro y su administración 211
10.2 Compras y logística 215
10.3 Medición del desempeño de la cadena de suministro 218
10.4 Dinámica de la cadena de suministro: efecto de látigo 220
10.5 Cómo mejorar el desempeño de la cadena de suministro 223
10.6 Mejoramientos estructurales de la cadena de suministro 223
10.7 Mejoramientos infraestructurales de la cadena de suministro 227
10.8 Tecnología y administración de la cadena de suministro 229
10.9 Aspectos y términos clave 232
Usted decida 234
Ejercicios por internet 234
Preguntas de análisis 235
Bibliografía 236

Capítulo 11
Preparación de pronósticos 237

11.1 Marco conceptual del pronóstico 239
11.2 Métodos cualitativos de pronóstico 241
11.3 Pronósticos de series de tiempo 243
11.4 Promedios móviles 244
11.5 Suavización exponencial 246
11.6 Errores de pronóstico 248
11.7 Pronósticos avanzados de series de tiempo 250
11.8 Métodos causales de pronóstico 251
11.9 Selección de un método de pronóstico 255
11.10 Planeación, preparación de pronósticos y reposiciones de inventario a un nivel colaborativo 256
11.11 Aspectos y términos clave 257
Usted decida 258
Ejercicios por internet 259
Problemas resueltos 259
Preguntas de análisis 260
Problemas 262
Bibliografía 264
Suplemento: Métodos avanzados 265

Capítulo 12
Planeación de la capacidad 270

12.1 Decisiones de instalaciones 273
12.2 Estrategia de instalaciones 274
Cantidad de capacidad 274
Tamaño de las instalaciones 276
Oportunidad de las decisiones de instalaciones 277
Ubicación de las instalaciones 277
Tipo de instalaciones 278
12.3 Definición de la planeación de las ventas y de las operaciones 279
12.4 Naturaleza interfuncional de la planeación de las ventas y de las operaciones 281
12.5 Opciones de planeación 282
12.6 Estrategias básicas de la planeación agregada 284
12.7 Costos de la planeación agregada 286
12.8 Ejemplo de planeación agregada 287
12.9 Aspectos y términos clave 292
Usted decida 293
Ejercicios por internet 293
Problemas resueltos 294
Preguntas de análisis 298
Problemas 299
Bibliografía 303
Suplemento: Modelos matemáticos 304

Capítulo 13
Programación de operaciones 308

13.1 Programación de lotes 309
13.2 Gráficas de Gantt 310
13.3 Programación de una capacidad finita 313
13.4 Teoría de las restricciones 315
13.5 Reglas de prioridad en el despacho 317
13.6 Sistemas de planeación y control 319
13.7 Aspectos y términos clave 321
Usted decida 322
Ejercicios por internet 322
Problemas resueltos 323
Preguntas de análisis 324
Problemas 325
Bibliografía 326

Capítulo 14
Planeación y programación de proyectos 328

14.1 Objetivos y negociación de ventajas y desventajas 329
14.2 Planeación y control de proyectos 330
14.3 Métodos de programación 333
14.4 Redes de tiempo constante 334
14.5 Método PERT 339
14.6 Método CPM 342

14.7 Uso de los conceptos de la administración de proyectos 345
14.8 Aspectos y términos clave 346
Usted decida 347
Ejercicios por internet 347
Problemas resueltos 347
Preguntas de análisis 350
Problemas 351
Bibliografía 353

PARTE CINCO
INVENTARIO 355

Capítulo 15
Inventarios sujetos a una demanda independiente 356

15.1 Propósito de los inventarios 358
15.2 Costos del inventario 360
15.3 Demanda independiente contra dependiente 362
15.4 Cantidad económica de la orden 363
15.5 Sistema de revisión continua 367
15.6 Sistema de revisión periódica 371
15.7 Uso de los sistemas P y Q en la práctica 373
15.8 Administración de inventarios ABC 376
15.9 Aspectos y términos clave 377
Usted decida 378
Ejercicios por internet 379
Problemas resueltos 379
Preguntas de análisis 381
Problemas 382
Bibliografía 384
Suplemento: Modelos avanzados 385

Capítulo 16
MRP y los sistemas de ERP 388

16.1 Definiciones de los sistemas de MRP 390
16.2 MRP contra los sistemas de punto de reorden 392
16.3 Ejemplo de la MRP 394
16.4 Elementos de la MRP 397
Programación maestra 397
Lista de materiales 398
Registros de inventarios 399
Planeación de la capacidad 399
Compras 400
Control del área de taller 400
16.5 Operación de un sistema de MRP 401
16.6 Éxito de un sistema de MRP 402
16.7 Sistemas de ERP 405
16.8 Aspectos y términos clave 407
Usted decida 408
Ejercicios por internet 408
Problema resuelto 408
Preguntas de análisis 410
Problemas 411
Bibliografía 414

PARTE SEIS
CASOS DE ESTUDIO 415
Introducción 415

Shipper Manufacturing Company 416
FHE, Inc. 419
Integración anticipada de los proveedores en el diseño del *Skid-Steer Loader* 424

Diseño del proceso
Eastern Gear, Inc. 426
Southwest Airlines: cantar el blues del jet 429
La división de servicios de campo de DMI 440
Mejoramiento de los servicios farmacéuticos en CVS (A) 443
U.S. Stroller 452

Calidad
El aprendizaje impulsado por el cliente en Radisson Hotels Worldwide 458
La calidad en Gillete Argentina 467
Bayfield Mud Company 475
Seis Sigmas en 3M, Inc. 477

Capacidad y programación
Crocs: revolucionar el modelo de la cadena de suministro de una industria para lograr una ventaja competitiva 485
Unifine Richardson 497
eBags: administración del crecimiento 500
Merriwell Bag Company 509
Lawn King, Inc. 511
World Industrial Abrasives 515

Inventario
Consolidated Electric 517
Southern Toro Distributor, Inc. 521
ToysPlus, Inc. 527

APÉNDICES

A Áreas bajo la distribución de probabilidad normal estándar 531

B Tabla de números aleatorios 532

CRÉDITOS DE FOTOS 533

ÍNDICE ANALÍTICO 535

Parte **uno**

Introducción

1. La función de operaciones
2. Estrategias de operaciones y de la cadena de suministro
3. Diseño del producto

La parte introductoria de este libro proporciona un panorama general de las funciones de la cadena de suministro y de operaciones: la estrategia de la cadena de suministro y de las operaciones y el diseño del producto. Después de leer esta parte, el estudiante apreciará la importancia de la función de las operaciones y la cadena de suministro para la empresa, de las principales decisiones que se toman dentro de las operaciones de una empresa y a lo largo de las funciones de operaciones de una cadena de suministro, de los vínculos de las decisiones de la cadena de suministro y de operaciones con otras funciones, así como de la necesidad de una estrategia para guiar a todas las decisiones de operaciones. El diseño de nuevos productos se aborda como una decisión interfuncional que precede la producción y la entrega de bienes o servicios.

Capítulo 1

La función de operaciones

Presentación del capítulo

1.1 ¿Por qué debe estudiarse la administración de operaciones?
1.2 Definición de la administración de operaciones y de las cadenas de suministro
1.3 Decisiones en Pizza U.S.A.
1.4 Decisiones de operaciones: marco conceptual
1.5 Toma de decisiones a nivel interfuncional
1.6 Operaciones como un proceso
1.7 Temas contemporáneos de las operaciones
1.8 Aspectos y términos clave
Usted decida
Ejercicios por internet
Preguntas de análisis
Bibliografía

La **administración de operaciones**, como campo de estudio, trata de la producción de bienes y servicios. Cada día, entramos en contacto con gran cantidad de bienes o servicios, los cuales se elaboran bajo la supervisión de los administradores de operaciones. Sin una administración de operaciones eficaz, una sociedad industrializada moderna no puede existir. En cualquier organización, la función de operaciones es el motor que crea las utilidades de la empresa y respalda la economía global.

Los administradores de operaciones ocupan posiciones importantes en todas las compañías. Un ejemplo es el gerente de una planta que se encarga de una fábrica; todos los demás administradores que trabajan en ella, incluyendo los gerentes de producción y de control de inventarios, los de calidad y los supervisores en línea, también son administradores de operaciones. En conjunto, este grupo de gerentes de la empresa es responsable de la producción de la oferta de productos en un negocio de manufactura. Asimismo, al profundizar en este ejemplo, deberíamos incluir en el grupo de los administradores de operaciones a todos los gerentes de manufactura de nivel corporativo o divisional; dichos administradores podrían englobar a un vicepresidente corporativo de operaciones (o de manufactura) y a un grupo de administradores corporativos que se ocupen de la calidad, la producción y el control de los inventarios, las instalaciones y los equipos.

Sin embargo, los administradores de operaciones tienen responsabilidades importantes en las industrias de servicios así como en las compañías de manufactura. En el sector privado, asumen papeles de liderazgo en hoteles, restaurantes, aerolíneas, bancos y tiendas al menudeo. En cada una de esas organizaciones, los administradores de operaciones son responsables de la producción y la entrega de la oferta de servicios de un modo muy similar a la forma en que sus contrapartes del área de manufactura producen y entregan la

Los administradores de operaciones toman decisiones importantes en las organizaciones tanto de manufactura como de servicios.

oferta de bienes. En el gobierno hay administradores de operaciones en las oficinas postales, en los departamentos de policía y en los departamentos de alojamiento, para nombrar sólo algunos.

A primera vista, podría parecer que las operaciones de servicios no tienen mucho en común con las operaciones de manufactura. No obstante, una característica unificadora de estas operaciones es que ambas pueden visualizarse como procesos de transformación dentro de las organizaciones que se incorporan a las cadenas de suministro. En la manufactura, los insumos de materia prima, de energía, de mano de obra y de capital se convierten en productos terminados; en las operaciones de servicios, los mismos tipos de insumos se transforman en productos de servicios. La administración del proceso de transformación en una forma eficiente y eficaz es la tarea del administrador de operaciones en cualquier tipo de organización.

Nuestra economía ha cambiado de manera drástica de la producción de bienes a la de servicios. Podría parecer sorprendente que actualmente más de 80% de la mano de obra estadounidense se emplea en la industria de servicios.[1] Aun cuando la preponderancia del empleo es en el sector de servicios, la manufactura continúa siendo relevante para proporcionar los bienes básicos indispensables para las exportaciones y el consumo interno. Debido a la trascendencia tanto de los servicios como de las operaciones de manufactura, en este texto se tratan sobre una misma base.

En el pasado, cuando este campo se relacionaba principalmente con la manufactura, la administración de operaciones se denominaba administración de la producción. Después, el nombre se amplió a *administración de la producción y de las operaciones*, o, simplemente, *administración de operaciones*, para incluir, además, las industrias de servicios. El término *administración de operaciones* como se aplica en este texto, alude tanto a las industrias de manufactura como de las de servicios.

En la actualidad, quienes trabajan en la administración de operaciones y de la cadena de suministro pueden pertenecer a diversas sociedades profesionales; éstas brindan oportunidades para obtener una certificación, para interactuar en red con otros individuos y para aprender y compartir las mejores prácticas (vea el recuadro de liderazgo operativo denominado *Sociedades profesionales afiliadas con la administración de operaciones y de la cadena de suministro*).

1.1 ¿POR QUÉ DEBE ESTUDIARSE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES?

Todas las empresas desean contratar personas brillantes que puedan tomar las mejores decisiones para el negocio como un todo, y no las mejores decisiones de mercadotecnia, finanzas u operaciones; quieren empleados que puedan ver todo el panorama y no una perspectiva estrecha. Usted limitará demasiado su carrera si asume una perspectiva funcional estrecha.

Toda decisión es de naturaleza interfuncional. Usted trabajará con las operaciones y deberá entenderlas independientemente de la ruta profesional que haya elegido. Las operaciones son una función principal en toda compañía; no existe una organización donde todo mundo sólo trabaje con personas que pertenecen exclusivamente a su propia función. Ése es el motivo por el cual asumimos una perspectiva interfuncional en este texto, la cual debe ser atractiva para todas las especializaciones.

[1] U.S. Bureau of the Census, *Statistical Abstract of the United States*, Washington, DC, 2007 ed.

Liderazgo operativo — Sociedades profesionales relacionadas con la administración de operaciones y de la cadena de suministro

ASSOCIATION FOR OPERATIONS MANAGEMENT

Líder global y primera fuente del cuerpo de conocimientos de la administración de operaciones, incluyendo la producción, el inventario, la cadena de suministro, la administración de materiales, las compras y la logística (para mayores informes consulte www.apics.org).

AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY

Organización líder en el mundo en el rubro, dedicada al aprendizaje avanzado, al mejoramiento de la calidad y al intercambio de conocimientos para mejorar los resultados de los negocios y para crear mejores lugares de trabajo y comunidades en todo el mundo (para mayores informes consulte www.asq.org).

INSTITUTE FOR SUPPLY MANAGEMENT

La más grande y una de las más respetadas asociaciones de administración de la cadena de suministro en el mundo, cuya misión es conducir la administración de los suministros y la profesión de compras a través de sus normas de excelencia, investigación, actividades promocionales y educación (para mayores informes consulte www.ism.wsfor).

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS

La asociación mundial profesional preeminente para los profesionales de la administración de la cadena de suministro, cuya visión es dirigir el proceso evolutivo de la profesión de la administración de la cadena de suministro mediante el desarrollo, el progreso y la diseminación de los conocimientos y las investigaciones de la cadena de suministro (para mayores informes consulte http://cscmp.org).

A medida que estudie la administración de operaciones, descubrirá que muchas de las ideas, técnicas y principios pueden aplicarse en todo el negocio y no sólo en el área de operaciones; por ejemplo: todo el trabajo se logra a través de un proceso (o secuencia de pasos). Los principios de la filosofía del proceso que se hallan en este curso pueden aplicarse a todas las funciones. Después de graduarse, muchos estudiantes encuentran que las ideas aprendidas en la administración de operaciones están entre las más útiles en su elección vocacional en particular.

Finalmente, la administración de operaciones es un campo de estudio emocionante y de grandes desafíos. Incluso aquellos que no están cuantitativamente orientados notarán que vale la pena estudiar los principios y los conceptos. Usted está iniciando un camino que es interesante y útil sin importar la carrera que elija.

1.2 DEFINICIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Y DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO

Todas las organizaciones (lucrativas o no) progresan mediante la producción y la entrega de un bien o servicio cuyo comprador lo juzga **valioso**. Considere el valor como los beneficios tangibles e intangibles que los consumidores pueden derivar de la adquisición de un bien o servicio a un precio que están dispuestos a pagar: el valor de un par de zapatos puede consistir en un calzado de buena apariencia y cómodo, que durará mucho tiempo a un precio que usted pueda aceptar. Lo que es de valor para un cliente (o conjunto de clientes) puede no serlo para otro; volar en primera clase puede ser de valor para los viajeros de negocios, pero, para quienes viajan por placer, puede no serlo debido al precio de los

asientos de primera clase. Por lo anterior, el valor siempre se define a la luz de los ojos del cliente (o conjunto de clientes).

Las organizaciones exitosas se esfuerzan por identificar el valor inherente en los bienes o servicios que se ofrecen al mercado. Posteriormente, despliegan tal comprensión para dar forma a las decisiones que afectan a la producción y a la entrega de estos bienes y servicios. Tales decisiones influencian el diseño, la ejecución y el desempeño de las operaciones y deben coordinarse con las que tomaron los administradores de las funciones de compras y de logística.

La **función de compras** proporciona insumos dentro del proceso de transformación de la organización, los cuales provienen de otras organizaciones lucrativas o no. En contraste, la **función de logística** es comúnmente responsable por el movimiento real de bienes o servicios a través de las organizaciones. En conjunto, las funciones de operaciones, compras y logística dentro de una compañía administran la cadena de suministro para los bienes o servicios que consumen los clientes.

La mayoría de las empresas existen como parte de una cadena de suministro más grande. La **cadena de suministro** es la red de las operaciones de manufactura y de servicios que se abastecen entre sí materias primas por medio de la manufactura hasta el consumidor final. Consiste en el flujo físico de materiales, dinero e información a lo largo de la totalidad de la cadena de compras, producción y distribución; por ejemplo: la cadena de suministro de alimentos va desde la granja hasta el procesador de alimentos, al mayorista y luego al minorista. Como se puede observar, la cadena de suministro vincula muchas organizaciones distintas.

En los próximos capítulos expondremos diversas decisiones y ayudas para decidir que apoyan las operaciones y la cadena de suministro en la producción de valor. Un ejemplo de un líder de operaciones en la producción y en la entrega de bienes que se ha considerado que es de valor a un precio que los clientes están dispuestos a pagar es Dell Computer Corporation (vea el cuadro denominado liderazgo operativo).

Para resumir, la esencia de la administración de operaciones puede puntualizarse así:

> *La función de operaciones de una empresa es responsable de la producción y la entrega de bienes o servicios de valor para los clientes de la organización. Los administradores de operaciones toman decisiones para administrar el proceso de transformación que convierte los insumos en los productos terminados o los servicios deseados.*

En esta definición, cabe destacar tres aspectos:

1. **Decisiones.** La definición anterior se refiere a la **toma de decisiones** como un elemento importante de la administración de operaciones. Ya que todos los administradores deciden, es normal concentrarse en la toma de decisiones como un tema central de las operaciones. Este enfoque en las decisiones proporciona una base para dividir las operaciones en partes de acuerdo con los principales tipos de decisiones. En este texto identificamos las cuatro responsabilidades principales de las decisiones de la administración de operaciones como **procesos, calidad, capacidad e inventario**. Estas decisiones aportan un marco conceptual para organizar el texto y para describir lo que hacen los administradores de operaciones; nos referiremos a ellas con mayor detalle en los próximos capítulos. Un signo distintivo de este libro es plantear no solamente la toma de decisiones dentro de las operaciones, sino también la conexión con otras funciones en la organización y a lo largo de la cadena de suministro.
2. **Función.** Las operaciones son una función fundamental en cualquier organización, junto con la de mercadotecnia y las de finanzas. En una compañía manufacturera, la función de operaciones se denomina por lo común departamento de manufactura o de producción; mientras que en las organizaciones de servicios puede conocerse como departamento de operaciones o con algún nombre peculiar de su industria, como el departamento de atención de pólizas de una compañía de seguros. En general, el término genérico *operaciones* se refiere a la función que produce los bienes o servicios. Aunque separar las operaciones de esta manera es útil para el análisis de la toma de decisiones

Liderazgo operativo Dell entrega productos y un valor social

En 1984, Michael Dell fundó Dell Computer Corporation con un capital inicial de 1 000 dólares y un modelo de negocios para vender directamente a los clientes computadoras personales configuradas a sus gustos y con ahorro de costos por medio de la eliminación de los intermediarios. La compañía terminó el año fiscal de 2008 con 61 800 millones de dólares en ingresos, más de 3 millones de clientes y una variedad de productos más allá de las computadoras personales de escritorio, los cuales incluían laptops; productos de servidores, de almacenamiento y de redes; artículos de impresión y de formación de imágenes; productos electrónicos y accesorios; servicios mejorados para los negocios y los consumidores; y soluciones para empresas.

Una clave para el éxito continuo de Dell es su enfoque impulsado hacia la innovación por los clientes. Esta perspectiva señala un compromiso firme para la entrega de nuevos y mejores productos y servicios valorados por los consumidores y que están dirigidos a sus necesidades. Este enfoque inicia al escuchar al cliente a través de interacciones estructuradas, trabajar con socios estratégicos para entregar soluciones originales y eficaces en los costos, y hacer todo esto de tal manera que las soluciones tengan un impacto en las normas de la industria. Este enfoque explica la forma en que Dell incursionó en el sistema de ventas directas para permitir que las órdenes de los clientes se coloquen en internet o por teléfono y, desde 2007, mediante puntos selectos de distribución al menudeo (por ejemplo, Best Buy, Staples y Walmart en Estados Unidos; Walmart en Canadá, Brasil y México; Carrefour en Europa; Gome en China; Bic Camera, Inc. en Japón y Carphone Warehouse en el Reino Unido). Una vez que se toman los pedidos, los productos se ensamblan en una de las fábricas de Dell y se embarcan a los clientes. Las fábricas mantienen una cantidad muy pequeña de inventario de productos terminados.

En la actualidad, Dell busca la adopción de mejores prácticas ambientalistas: el recinto en el que se encuentran sus oficinas matrices globales funciona con energía verde en 100%; los sistemas de sus computadoras de escritorio se diseñaron para reducir las emisiones de dióxido de carbono; Dell fue la primera compañía de computadoras que ofreció reciclaje gratuito de sistemas de cómputo a los consumidores en todo el mundo; con sus programas de *Planta un árbol en mi nombre* y *Planta un bosque por mí*, se plantaron más de 100 000 árboles para prevenir el calentamiento global.

Fuente: Adaptado del sitio web de Dell: www.dell.com.

y la asignación de responsabilidades, también debemos integrar a la empresa considerando la naturaleza interfuncional de la toma de decisiones en la compañía.[2]

3. **Proceso.** Como ya lo observó, los administradores de operaciones planean y controlan el proceso de transformación y sus interfaces. Esta **perspectiva del proceso** no sólo brinda una base común para definir las operaciones de servicios y de manufactura como procesos de transformación, sino que, además, es una base poderosa para el diseño y el análisis de las operaciones en una organización y a lo largo de la cadena de suministro. Al usar la perspectiva del proceso consideramos a los administradores de operaciones como administradores del proceso de conversión en la empresa, pero la perspectiva del proceso también aporta información importante para la administración de los procesos productivos en áreas funcionales fuera de la de operaciones; por ejemplo: una oficina de ventas puede visualizarse como un proceso de producción con insumos, transformación y productos. Lo mismo es válido para una oficina de cuentas por pagar y para una oficina de préstamos bancarios. En términos de la perspectiva del proceso, los conceptos de la administración de operaciones son aplicables más allá del área funcional de las operaciones; por ejemplo: 3M Company usa Seis Sigma (que será descrito en el capítulo 9) para mejorar los procesos en toda la empresa, incluyendo los de recursos humanos, contabilidad, finanzas, sistemas de información e, incluso, el departamento legal. El mejoramiento de los procesos no se restringe a las operaciones.

Ya que el campo de la administración de operaciones puede definirse por las decisiones, las funciones y los procesos, profundizaremos en ellos en este capítulo, pero, primero,

[2] El símbolo del saludo colocado al margen identifica un punto de énfasis interfuncional que se ha diseñado para ilustrar que todos debemos trabajar en conjunto en una organización para tener éxito y progresar.

proporcionamos un ejemplo de las decisiones que se tomarían en el área de operaciones en una compañía común que prepara y comercializa pizzas en Estados Unidos.

1.3 DECISIONES EN PIZZA U.S.A.

Pizza U.S.A., Inc., produce y comercializa pizzas a nivel nacional. La empresa cuenta con 85 puntos de distribución poseídos por la compañía y sujetos a una franquicia, cada uno de los cuales se denomina restaurante en Estados Unidos. En esta organización, la función de operaciones se manifiesta en dos niveles: el corporativo y el de los restaurantes.

Las principales decisiones operativas que toma Pizza U.S.A., pueden describirse a continuación:

Proceso

El personal corporativo toma algunas de las decisiones referentes a procesos, ya que la uniformidad a través de restaurantes diferentes es deseable. Desarrollaron una instalación estándar que tiene un tamaño que se ajusta a una localidad específica; además, incorpora un menú limitado con un equipo de alto volumen. A medida que las pizzas se elaboran, los clientes pueden observar el proceso a través de una ventana de vidrio; esto entretiene a niños y adultos mientras esperan que se surtan sus órdenes. Ya que ésta es una instalación de servicios, se tiene especial cuidado para que las instalaciones sean atractivas y cómodas para los consumidores. La ubicación de las instalaciones se basa en un modelo matemático usado para proyectar los ingresos y los costos para sitios específicos; cada sitio potencial debe poseer un adecuado rendimiento proyectado sobre la inversión antes de que pueda empezar la construcción.

Pizza U.S.A. satisface a sus clientes mediante una cuidadosa administración de las cuatro áreas clave de decisión de las operaciones.

Dentro de los parámetros de diseño establecidos por el personal corporativo de las operaciones, los administradores del restaurante buscan mejorar el proceso de forma continua a lo largo del tiempo. Esto se consigue con una inversión adicional en el proceso y a través del uso de mejores métodos y procedimientos, los cuales, con frecuencia desarrollan los mismos empleados.

Los administradores son responsables de la contratación, la capacitación, la supervisión y, si es necesario, el despido de trabajadores. Deben tomar decisiones en relación con las responsabilidades exactas del puesto de trabajo y el número de personas necesarias para operar el restaurante. También, anuncian aperturas de puestos, revisan solicitudes, entrevistan candidatos y toman decisiones de contratación. Deben medir la cantidad de trabajo que se requiere en función de la producción y, asimismo, deben evaluar el desempeño de cada individuo. La administración de la mano de obra es una de las responsabilidades diarias más importantes del administrador; observe que consideramos que la mano de obra es una parte integral del proceso.

Calidad

El personal corporativo ha establecido ciertos estándares de calidad que deben cumplir todos los restaurantes; incluyen los procedimientos para conservar la calidad del servicio y para garantizar la calidad de las pizzas servidas. Aunque la calidad del servicio es difícil de medir, la de las pizzas puede especificarse con más facilidad con el uso de criterios como la temperatura durante el tiempo de servicio y la cantidad de materias primas utilizadas en relación con los estándares, entre otros aspectos. Las medidas de la calidad del servicio incluyen la cortesía, la limpieza, la velocidad del servicio y un ambiente amigable. En cada Pizza U.S.A., el administrador del restaurante debe supervisar cuidadosamente la calidad en forma interna y con los proveedores para asegurarse de que se satisfagan los estándares

Liderazgo operativo

Trabajos y carreras comunes en el área de operaciones y en la cadena de suministro en Monster.com

GERENTE DE PLANEACIÓN DE PRODUCTOS

Epson America, Inc., es la afiliada estadounidense de Seiko Epson Corporation con sede en Japón, una compañía de tecnología global a la vanguardia de las revoluciones tecnológicas en la formación de imágenes, la robótica, la maquinaria y la electrónica. Está interesada en contratar un gerente de planeación de productos para que vigile la operación de logística de marca a efecto de asegurar que los productos de los clientes y sus necesidades de servicios se satisfagan con un costo mínimo; esta persona será responsable del mantenimiento de una reserva adecuada de productos que incluirá equipos, partes y componentes. El sujeto elaborará un plan mensual de adquisiciones con base en las ventas mensuales, en los pronósticos, suministro en días y en los niveles de inventarios. Se requiere un título de licenciatura o equivalente y de cinco a ocho años de experiencia progresiva en un puesto similar.

GERENTE DE MATERIALES/CONTROL DE PRODUCCIÓN

AMRESCO, una empresa de ventas, de servicios y de manufactura de productos bioquímicos y reactivos para la biología molecular, las ciencias de la vida, las áreas de investigaciones clínicas e histológicas, busca un gerente de materiales que supervise la programación maestra de materiales, la planeación, la logística y las funciones de almacenamiento. El gerente de materiales participará en las actividades presupuestales, el refinamiento de las políticas y procedimientos actuales, la vigilancia de los datos para el establecimiento de puntos de comparaciones, la evaluación de propuestas, la selección de proveedores y la administración de las relaciones clave de la cadena de suministro. El candidato ideal deberá tener diez años de experiencia en materiales con una trayectoria laboral significativa en la planeación y en la compra de materiales, además debe poseer conocimientos de los métodos y procedimientos de la administración de materiales, y deberá estar familiarizado con los métodos de planeación y control de materiales Visual Lean, MRp y JIT. Se requiere licenciatura en administración; se dará preferencia a la maestría en administración o al Certificado Internacional en Administración de la Producción e Inventarios (CPIM, por sus siglas en inglés).

GERENTE DE MEJORAMIENTOS CONTINUOS

American Greetings tiene una vacante para un gerente de mejoramiento continuo. Esta posición se encargará de administrar la integración de principios de manufactura esbelta en las operaciones cotidianas de las instalaciones y deberá trabajar con el líder de la planta para la formulación de estrategias. Se responsabilizará del diseño y desarrollo de planes de implantación para varias solicitudes de manufactura esbelta de Seis Sigma, procesos y herramientas; se encargará de dirigir e impulsar las iniciativas de manufactura esbelta para mejorar la eficiencia y la calidad. Deberá desarrollar, abastecer y conducir la capacitación necesaria en técnicas y procesos para la formación de conocimientos y habilidades de la mano de obra, así como diseñar y establecer parámetros apropiados para el mejoramiento continuo. El candidato ideal deberá contar con cinco o seis años de experiencia como ingeniero en procesos o como consultor de procesos de negocios o bien, contar con experiencia en el diseño de los flujos de los procesos, proyectos de Seis Sigma y la capacitación de equipos. Se requiere de una licenciatura en ingeniería/negocios.

DIRECTOR DE OPERACIONES PARA LOS CUIDADOS DE LA SALUD

Somos una corporación no lucrativa con la misión de proporcionar excelentes cuidados primarios para la salud a los residentes; en la actualidad, buscamos un director de operaciones para los cuidados de la salud. Como miembro del equipo de la alta administración, esta posición es responsable de todos los aspectos relacionados con la administración de las operaciones cotidianas y de la supervisión del personal de enfermería y el personal médico auxiliar. Esta posición apoya al director ejecutivo en la planeación a largo y corto plazos para las necesidades de programas especiales, el cumplimiento de los requisitos de subvenciones y el desarrollo y la orientación de los programas y servicios clínicos.

VICEPRESIDENTE DE OPERACIONES GLOBALES Y DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Un productor global de bienes de consumo empacados con ventas en 90 países alrededor del mundo y con instalaciones de manufactura en Estados Unidos, Europa y Asia busca un vicepresidente de operaciones globales y de la cadena de suministro. Este individuo será responsable de la administración global de la manufactura/producción, el inventario, el almacenamiento, el embarque, la calidad, el abastecimiento global y las instalaciones. El candidato ideal deberá poseer un mínimo de cinco años de experiencia en un ambiente de manufactura donde haya ocupado puestos tanto de la cadena de suministro como de producción.

Fuente: Tomado de www.monster.com, marzo de 2009.

de la compañía. Todos los trabajadores son responsables de la calidad en sus puestos de trabajo para así garantizar que la calidad del servicio y la del alimento sea *producida desde el origen* y por los empleados mismos.

Capacidad

Las decisiones acerca de la capacidad determinan el nivel máximo de producción de pizzas. Primero, cuando se toman las decisiones iniciales de ubicación y procesos, el personal corporativo establece la capacidad física de cada instalación. Los administradores de los restaurantes entonces planean las fluctuaciones anuales, mensuales y diarias en la capacidad del servicio dentro de las instalaciones físicas disponibles. Durante los periodos de mayor demanda, se contratan personas de tiempo parcial y se usa la publicidad para aumentar la demanda durante los lapsos de poca actividad. En el corto plazo, deben programarse turnos de trabajo para satisfacer la demanda durante las horas del restaurante.

Inventario

Cada administrador de las tiendas compra los ingredientes que se requieren para preparar las recetas proporcionadas por el personal corporativo. Los administradores de cada restaurante seleccionan sus propios proveedores a partir de una lista aprobada por la corporación y deciden la cantidad de harina, salsa de tomate, salchicha y demás ingredientes que deben ordenarse y la fecha en la que las órdenes deben colocarse. Los operadores del restaurante deben integrar cuidadosamente las decisiones de compras y de inventarios para controlar el flujo de los materiales en relación con la capacidad ya que no desean quedarse sin alimentos durante los periodos de alta demanda ni desperdiciarlos cuando la demanda es baja. La administración de la cadena de suministro es una parte importante del mantenimiento de todos los materiales en el almacén cuando se requieren.

Pizza U.S.A., es sólo un ejemplo de una operación, los estudiantes preguntan con frecuencia: ¿qué hacen los administradores de operaciones en términos generales? El cuadro de *Liderazgo operativo* de Monster.com proporciona muestras de cinco posiciones comunes de administración de operaciones y de la cadena de suministro y describe las responsabilidades asociadas en cuanto a toma de decisiones. Las descripciones han sido muy simplificadas, tal vez en exceso, con propósitos de ejemplificación.

Como lo indica el cuadro de *Liderazgo operativo*, hay una gran variedad de puestos administrativos en las operaciones y en la cadena de suministro. Éstos van desde puestos de supervisores de primer nivel hasta administrativos de nivel medio y alto con una responsabilidad considerable. Estos puestos también intervienen en todos los aspectos de las operaciones y se aplican tanto a la manufactura como a las operaciones de servicio.

Existen muchas oportunidades de empleo internacional en la administración de operaciones ya que éstas se localizan en todo el mundo; muchas operaciones que se efectúan en otros países tratan de implantar las mejores prácticas a escala mundial y, por lo tanto, lo que se aprenda en este curso podrá aplicarse de manera global.

1.4 DECISIONES DE OPERACIONES: MARCO CONCEPTUAL

Los cuatro grupos de decisión señalados en Pizza U.S.A., brindan un marco conceptual para entender las diversas decisiones que deben tomar los administradores de operaciones. Aunque son posibles muchos marcos conceptuales distintos, el que aquí utilizamos es principalmente un esquema conceptual para el agrupamiento de las decisiones de acuerdo con sus responsabilidades. En éste, las responsabilidades de decisión similares relacionadas con las instalaciones o los inventarios, por ejemplo, se agrupan de manera conjunta; este nuevo y útil marco de decisión se resume en la tabla 1.1.

La atención cuidadosa a las cuatro decisiones de operaciones del marco conceptual es la clave para una administración de operaciones exitosa. En efecto, una función bien administrada de operaciones puede definirse en términos de este marco conceptual de

TABLA 1.1 Decisiones de operaciones: marco conceptual

Decisión de operaciones	Enfoque	Ejemplos
1. Proceso	• Las decisiones relacionadas con los procesos determinan el proceso físico o las instalaciones usadas para elaborar un producto o servicio así como las políticas de la mano de obra asociada y las prácticas. Muchas de tales decisiones son a largo plazo y no pueden revertirse con facilidad, en particular cuando se requieren grandes inversiones de capital. Por lo tanto, es importante que el proceso de transformación física se diseñe en relación con la postura estratégica a largo plazo de la organización y las capacidades de la mano de obra. Los procesos de transformación también deben mejorarse en forma continua una vez que se hayan diseñado, lo cual involucra la cooperación de la fuerza laboral y las ideas de todos los empleados. • Puesto que muchas decisiones vinculadas con el proceso demandan fuertes inversiones de capital, los administradores financieros se interesan en las inversiones en activos requeridas por la función de operaciones. Los administradores de recursos humanos muestran interés en las decisiones de reclutamiento, contratación, integración y evaluación respecto a las personas contratadas en las operaciones. • Por lo común, la función de operaciones administra a más empleados y activos físicos que cualquier otra de la empresa.	• ¿Qué tipo de equipos y tecnología deben utilizarse? • ¿Cómo debe diseñarse y administrarse el flujo de materiales? • ¿Cuál debería ser la distribución física de las instalaciones? • ¿Qué tareas específicas deberán desempeñar los operadores del frente? • ¿Cuándo deberían ocurrir los cambios de turno?
2. Calidad	• Las decisiones relacionadas con la calidad afectan la calidad de los bienes o servicios que se producen y entregan a los clientes; éstas determinan si, y en qué medida, pueden satisfacerse las especificaciones de los clientes. • La función de operaciones es responsable por la calidad de los bienes y servicios producidos. Las decisiones asociadas con la calidad deben asegurar que ésta se diseñe y se incorpore en todas las etapas de la producción y la entrega de bienes y servicios a los clientes. • La calidad es una responsabilidad primordial en las operaciones, pero entraña un apoyo organizacional total. Los administradores provenientes de todas las funciones deben interesarse en ella y participar en el establecimiento de las especificaciones para todos los productos nuevos y en la definición de los niveles de servicios solicitados por los clientes. En la actualidad, el mejoramiento continuo de la calidad es una responsabilidad clave de todos los administradores.	• ¿Cuál debería ser el nivel de la calidad y los estándares para los bienes o servicios? • ¿Qué trabajadores requieren capacitación? • ¿Deberían inspeccionarse los insumos conforme vayan llegando de los proveedores? • ¿Cómo debería supervisarse el desempeño de los procesos en marcha?
3. Capacidad	• Las decisiones relacionadas con la capacidad tienen como propósito suministrar la cantidad adecuada de recursos en el lugar correcto y en el momento indicado. • La capacidad a largo plazo se determina por el tamaño de las instalaciones físicas construidas por la empresa y sus proveedores o por la subcontratación del producto a un proveedor confiable. En el corto plazo, algunas veces la capacidad puede incrementarse por medio de las subcontrataciones, los turnos extra o la renta de espacio. Sin embargo, la planeación de la capacidad no sólo establece el tamaño de las instalaciones, sino el número apropiado de personas en las operaciones. Los niveles de personal se determinan para satisfacer las necesidades de la demanda de mercado y el deseo de mantener una fuerza laboral estable. En el corto plazo, la capacidad disponible debe asignarse a tareas y trabajos específicos en las operaciones mediante la programación de personas, equipos e instalaciones.	• ¿Dónde deberían ubicarse las instalaciones? • ¿Qué tan grandes deberían ser las instalaciones? • ¿Cuántos turnos operarían? • ¿Deberían diseñarse líneas de espera y administrarse? • ¿Qué regla de prioridad debería emplearse para seleccionar trabajos para procesamiento? • ¿Qué actividades pueden subcontratarse?
4. Inventario	• Las decisiones relacionadas con los inventarios en las operaciones especifican el tipo y el nivel en que deben mantenerse en función de las incertidumbres. • Se emplean sistemas de control de inventarios para administrar los materiales provenientes de las compras de materias primas, producción en proceso e inventarios de productos terminados. Los administradores de los inventarios deciden la cantidad de inventario que se necesita, dónde debe ubicar el inventario y una gran cantidad de decisiones relacionadas. Ellos administran el flujo de materiales dentro de la empresa y dentro de la cadena de suministro.	• ¿Qué tipo de materiales deberían mantenerse en el inventario interno? • ¿Cómo debería supervisarse el inventario: internamente o a través de proveedores? • ¿Cuáles deberían ser las cantidades de reabastecimiento? • ¿Con qué frecuencia debería ocurrir el reabastecimiento? • ¿Quién debería mantener el inventario?

decisiones de operaciones. Si cada uno de los cuatro agrupamientos de las decisiones de operaciones se alinea de modo adecuado y se integra bien con las demás funciones de la organización, la función de operaciones puede considerarse bien administrada.

En el pasado, algunos estudiantes pensaban que la administración de operaciones era una mezcolanza de técnicas y métodos, que no había un tema central. El marco conceptual de las decisiones de operaciones fue diseñado específicamente para superar este problema. Cada sección principal de este texto se dedica a una de las cuatro categorías de decisión.[3] Así, el marco conceptual aporta un mecanismo de integración para el texto.

1.5 TOMA DE DECISIONES A NIVEL INTERFUNCIONAL

Como lo hemos indicado, la función de operaciones es un elemento fundamental en toda organización de negocios, pues ésta no puede sobrevivir sin aquélla. La función de operaciones es una de las tres funciones primarias, junto con la mercadotecnia y las finanzas. Además, una organización tiene funciones de apoyo que incluyen recursos humanos, sistemas de información y contabilidad. Asimismo, algunas empresas cuentan con funciones separadas de compras y de logística que dan apoyo a las operaciones. En otras compañías, las funciones de operaciones, de compras y de logística se conjuntan para convertirse en la función de la cadena de suministro. Exponemos esto con mayor detalle en el capítulo 10 acerca de la administración de la cadena de suministro.

La toma de decisiones administrativas es de naturaleza interfuncional.

Las áreas funcionales se interesan en un aspecto particular de la responsabilidad o de la toma de decisiones en una organización. La función de mercadotecnia es, de ordinario, responsable de la creación de la demanda y de la generación de un ingreso por ventas; la función de operaciones lo es de la producción de bienes o servicios (con la generación de la oferta); y la función de finanzas es responsable de la adquisición y la asignación del capital. Dentro de una empresa con fines de lucro, las áreas funcionales tienden a estar estrechamente asociadas con los departamentos organizacionales porque, por lo general, las compañías se organizan sobre una base funcional. Las funciones de soporte son esenciales para proporcionar personal de apoyo a las tres funciones primarias.

Toda función debe interesarse no sólo en sus propias responsabilidades de decisión, sino en las decisiones integradoras con otras funciones; por ejemplo, los cuatro tipos de decisiones de operación no pueden tomarse en forma separada; deben integrarse cuidadosamente entre sí y, lo que es también importante, con las decisiones tomadas en compras, mercadotecnia, logística, finanzas y otras partes de la organización. Regresando al caso de Pizza U.S.A., si mercadotecnia desea cambiar el precio de la pizza, es probable que ello afecte las ventas y las necesidades de capacidad de las operaciones, así como la cantidad de ingredientes (materiales) utilizados. Además, si finanzas no puede obtener el capital necesario, el área de operaciones podría tener que rediseñar el proceso para requerir menos capital o para administrar con mayor eficiencia los inventarios vinculados con las pizzas. Esto, a su vez, puede afectar el tiempo de respuesta para atender a los clientes, los costos y otros aspectos similares.

Por lo tanto, la toma de decisiones es altamente interactiva y de naturaleza sistémica. Por desgracia, en muchas organizaciones se han desarrollado silos funcionales que impiden una toma de decisiones interfuncional. Como resultado de ello, la empresa en general se ve afectada debido a un énfasis sobre las prerrogativas funcionales.

Sin embargo, algunas compañías son diferentes; por ejemplo: Texas Instruments ha sido un líder en el desarrollo de la integración interfuncional y en la filosofía del proceso. Esto se ha logrado a través de la formación de equipos administrativos interfuncionales

[3] Los estudiantes han llamado a estas cuatro categorías QPIC (por sus siglas en inglés).

TABLA 1.2
Ejemplos de una toma de decisiones interfuncional

Área clave de decisión	Interfaz con las decisiones de operaciones
Mercadotecnia	
Segmento y necesidades de mercado	Diseño y administración de la calidad
Tamaño del mercado (volumen)	Tipo de proceso seleccionado (línea de ensamble, lote o proyecto) y capacidad requerida
Canales de distribución	Niveles de inventarios y sitios de almacenamiento
Fijación de precios	Calidad, capacidad e inventario
Introducción de nuevos productos	Equipos interfuncionales
Compras	
Estrategia de abastecimiento	Amplitud del proceso, calidad de los insumos, niveles de capacidad y niveles de inventarios
Selección y evaluación de proveedores	Amplitud del proceso, calidad del diseño y niveles de inventarios
Precio de compra y contratos de suministro	Niveles de inventarios y supervisión
Logística	
Modo de transporte	Diseño del proceso, niveles de inventarios, sitios de almacenamiento
Manejo y empacados de materiales	Calidad del diseño, insumos y productos
Almacenamiento	Amplitud del proceso, capacidad y niveles de inventario y localidades de almacenamiento
Finanzas y contabilidad	
Disponibilidad de capitales	Niveles de almacenamiento, grado de automatización, tipo de proceso seleccionado y capacidad
Eficiencia del proceso de conversión	Selección del tipo de proceso, flujos del proceso y determinación del valor agregado
Valor presente neto y flujo de efectivo	Automatización, inventario y capacidad
Costeo de procesos o costeo de trabajos	Tipo del proceso seleccionado
Medición de las operaciones	Sistemas de costeo usados
Recursos humanos	
Nivel de habilidad de los empleados	Tipo del proceso seleccionado y automatización
Número de empleados y trabajos a tiempo parcial o a tiempo completo	Decisiones de capacidad y de programación
Capacitación de los trabajadores	Mejoramiento de la calidad y habilidades
Diseño de puestos	Selección del proceso y de la tecnología
Equipo de trabajo	Todas las decisiones en operaciones
Sistemas de información	
Determinantes de las necesidades del usuario	Los sistemas deben dar apoyo a todos los usuarios de las operaciones
Diseño de los sistemas de información	Los sistemas deben ayudar a actualizar las operaciones y a dar apoyo a todas las decisiones de operaciones
Desarrollo de programas de cómputo	Se requieren programas de cómputo para las decisiones de capacidad, de calidad, de inventarios y de programación
Adquisición de equipos de cómputo	Se necesitan equipos de cómputo para dar apoyo a las decisiones de automatización en las operaciones y para que funcionen los programas de cómputo

para la introducción de nuevos productos y para el mejoramiento cotidiano. Cada uno de los miembros del equipo se capacita en metodologías comunes y al equipo se le otorga responsabilidad en el logro de sus propias metas. En la tabla 1.2 se presentan algunas de las relaciones clave de una **toma de decisiones interfuncional**.

1.6 OPERACIONES COMO UN PROCESO

Las operaciones se han definido como un **sistema** (o proceso) **de transformación** que convierte los insumos en productos. Los insumos para el sistema incluyen la energía, materiales, mano de obra, capital e información (vea figura 1.1). La tecnología del proceso se

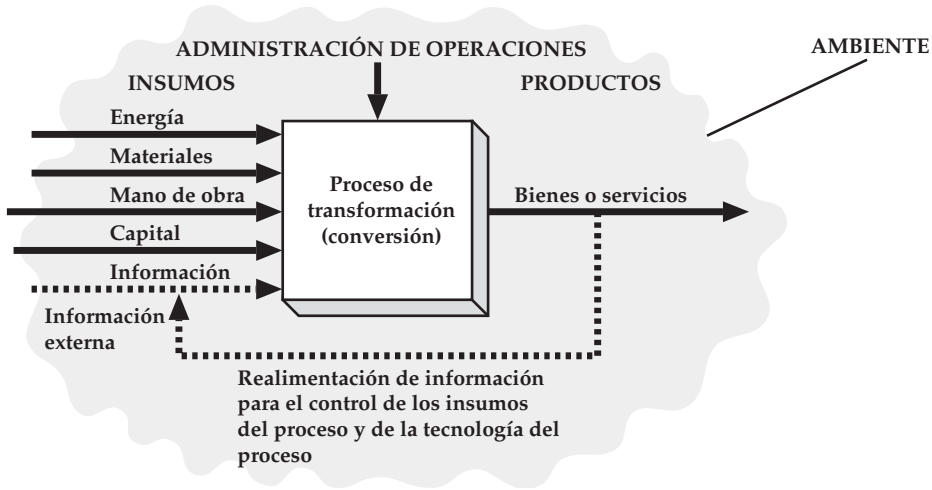


FIGURA 1.1
Una operación como un sistema productivo.

usa, entonces, para convertir los insumos en productos. La tecnología del proceso consiste en los métodos, procedimientos y equipos que se usan para transformar los materiales o insumos en productos o servicios.

La perspectiva del proceso de las operaciones es muy útil al unificar operaciones aparentemente distintas provenientes de diferentes industrias; por ejemplo: el proceso de transformación en la manufactura es un proceso de conversión de materiales que va de la materia prima a los productos terminados. Cuando se produce un automóvil, el acero, los plásticos, el aluminio, las telas y muchos otros materiales se transforman en partes que, posteriormente, se ensamblan en el automóvil terminado. Se requiere de mano de obra para operar y para mantener el equipo y, también, de energía y de información para producir el automóvil terminado.

Asimismo, en las industrias de servicios se emplea un proceso de transformación para transformar los insumos en productos de servicios: las aerolíneas usan insumos de capital consistentes en aviones e insumos de equipos y humanos consistentes en pilotos, asistentes de vuelo y personal de apoyo para generar un transporte seguro, confiable, rápido y eficiente. En otras industrias también ocurren transformaciones de muchos tipos, como se indica en la tabla 1.3. Al estudiar dichos tipos de procesos de transformación, puede aprenderse mucho acerca de cómo analizar e identificar cualquier operación como un sistema.

La perspectiva del proceso proporciona una base para contemplar la totalidad de una empresa como un sistema de procesos interconectados. Ello hace posible analizar una organización y mejorarla desde el punto de vista de un proceso. Todo trabajo, ya sea de finanzas, mercadotecnia, contabilidad u otras funciones, se consigue por medio de un pro-

TABLA 1.3
Ejemplos de sistemas productivos

Operación	Insumos	Productos
Banco	Cajeros automáticos, personal, equipos de cómputo, instalaciones y energía	Servicios financieros (préstamos, depósitos, custodia de valores, etcétera)
Restaurante	Cocineros, meseros, alimentos, equipos, instalaciones y energía	Comidas, entretenimiento y consumidores satisfechos
Hospital	Doctores, enfermeras, personal, equipo, instalaciones y energía	Servicios de salud y pacientes sanos
Universidad	Cuerpo docente, personal, equipos, instalaciones, energía y conocimientos	Estudiantes educados, investigación y servicios públicos
Planta manufacturera	Equipos, instalaciones, mano de obra, energía y materia prima	Productos terminados
Aerolínea	Aviones, instalaciones, pilotos, asistentes de vuelo, personal de mantenimiento, mano de obra y energía	Transporte de una localidad a otra

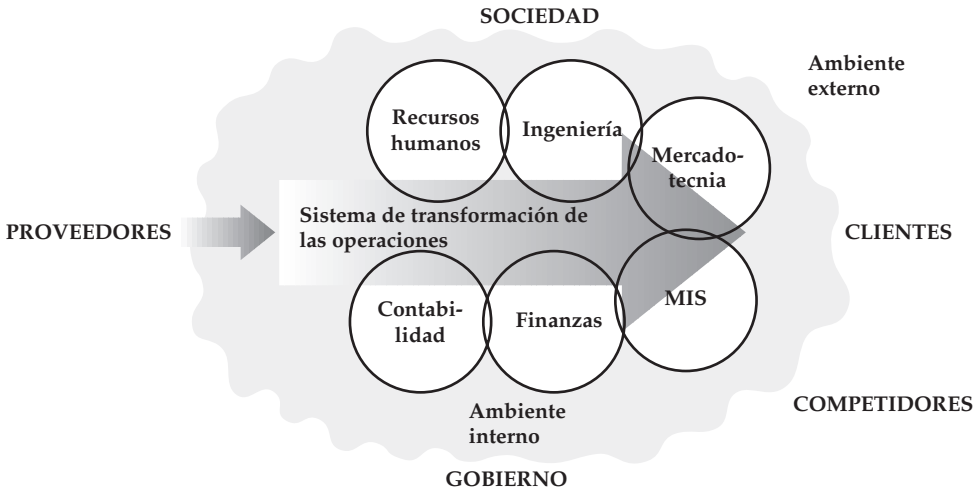


FIGURA 1.2
Relación de las operaciones con su ambiente.

ceso; por ejemplo: el análisis financiero de una acción, el cierre de libros al final del año o la conducción de una investigación de mercados siguen un proceso. Por lo tanto, los principios y las herramientas de los procesos pueden ser aplicados por todo mundo en el ámbito empresarial.

Todos los sistemas interactúan con sus **ambientes internos y externos**. Indicamos la naturaleza de la interacción interna a través de una toma de decisiones interfuncional. La interacción con el ambiente externo ocurre mediante el ambiente económico, físico, social y político de las operaciones. Como lo señala la figura 1.2, las operaciones están rodeadas por su ambiente y constantemente interactúan con él. La naturaleza interactiva de estas relaciones hace imprescindible supervisar constantemente el medio y hacer los cambios correspondientes en las operaciones cuando ello sea necesario. En el rápidamente cambiante mundo de los negocios globales de la actualidad, las modificaciones constantes en las operaciones se han vuelto esenciales como un modo de supervivencia. La perspectiva del proceso nos ayuda a entender por qué las operaciones no pueden aislarse de los cambios en el ambiente, sino que, más bien, deben adaptarse a ellos.

1.7 TEMAS CONTEMPORÁNEOS DE LAS OPERACIONES

En la actualidad, diversos temas contemporáneos son importantes en las operaciones y aparecerán en forma repetida a través de todo el libro. Tales temas convierten las operaciones en un ámbito emocionante e interesante para quienes aspiren a ser administradores de operaciones y acepten el desafío del liderazgo.

Servicios y manufactura

Como lo hemos señalado, los servicios y la manufactura están altamente interrelacionados en la economía actual. Los servicios como la banca, los seguros, la consultoría, las telecomunicaciones y el transporte son fundamentales para dar apoyo a la manufactura y, del mismo modo, los productos manufacturados auxilian a todas las industrias de servicios. Aunque las operaciones de servicios se explican con detalle en el capítulo 5, los servicios y la manufactura se cubren en todos los capítulos a través de ejemplos y aplicaciones de conceptos. La necesidad de dar un tratamiento tanto a la manufactura como a los servicios es un tema esencial en las operaciones debido a la naturaleza penetrante y entrelazada de ambos. Los negocios de servicios líderes que han tenido un desempeño excelente en las operaciones son Walmart, Nordstrom, Starbucks, Amazon.com, FedEx y Citigroup, para nombrar sólo algunos. Han mostrado excelencia en la aplicación de conceptos de operaciones como diseño del servicio, filosofía del proceso, mejoramiento de la calidad, administración de la capacidad y operaciones esbeltas.

Operaciones dirigidas por el cliente

Toda operación debe ser externamente dirigida para satisfacer las necesidades del consumidor y para escuchar ***la voz del cliente.*** Esta idea es consistente con el concepto de mercadotecnia que se imparte en cursos y también está siendo integrada en cursos de operaciones. Un concepto clave es que no se requiere sacrificar la eficiencia en la búsqueda de la satisfacción de las necesidades del cliente. Más bien, éste puede ser un poderoso mecanismo de impulso para reducir el desperdicio y para mejorar la eficiencia de todos los procesos. Esta idea se desarrollará continuamente en los capítulos que abordan la calidad, el diseño del producto, el diseño del proceso, las operaciones de servicios, la programación y el control del inventario.

Por ejemplo: GE Fleet Services administra grandes flotas de automóviles, camiones y equipos relacionados para las empresas. Han sido receptivos a sus clientes mediante la aplicación de metodologías de operaciones como Seis Sigma y diversas herramientas para el mejoramiento de la calidad encaminadas a aumentar la atención de las necesidades de sus clientes. Como resultado de ello, incrementaron el crecimiento en ventas y la satisfacción de los consumidores con el uso de la idea de operaciones dirigidas por el cliente.

Manufactura esbelta

El diseño de la manufactura esbelta se ocupa de la eliminación de las actividades de desperdicio (que no añaden valor) en cada una de las partes de una empresa y también del mejoramiento de los flujos; sería el caso de un proceso de ingresos de órdenes que puede tener pasos innecesarios que desperdicien tiempo y que no añadan valor para el cliente. Como resultado de ello, el ingreso de pedidos puede rediseñarse para reducir el tiempo que se necesita para ingresar una orden y para hacer únicamente lo que sea indispensable para satisfacer los requerimientos del cliente. Motorola rediseñó su localizador de personas para ser más amigable con los clientes y redujo el tiempo para la realización de un localizador de varias semanas a dos horas. Esto se hizo por medio de un rediseño radical del producto y del sistema de producción. No sólo se redujo el plazo, sino los costos también mediante la eliminación de ciertos pasos del proceso que no añadían valor, dando como resultado una reducción extraordinaria en los inventarios. El diseño de la manufactura esbelta emplea los conceptos de la producción justo-a-tiempo y los amplía para la identificación del valor que se provee a los clientes. La manufactura esbelta y su filosofía pueden aplicarse a cualquier parte de una organización, no solamente a la función de operaciones, y a todas las compañías dentro de una cadena de suministro.

Integración de las operaciones con otras funciones

La integración de las decisiones de operaciones con otras funciones dentro de la organización es otro tema contemporáneo. La enseñanza de las funciones de los negocios estaba demasiado aislada en el pasado. Algunas organizaciones aún son administradas como departamentos separados con poca integración entre ellas. Las mejores operaciones están buscando ahora una integración creciente a través del uso de equipos interfuncionales, sistemas de información, coordinación administrativa, rotación de empleados y otros métodos de integración a lo largo de las funciones. La integración es fundamental como una forma de hacer que todo mundo participe hacia la misma dirección. La mayor parte de los problemas de implantación con los nuevos sistemas o nuevos enfoques puede atribuirse a una falta de cooperación e integración organizacional. Por lo tanto, la toma de decisiones interfuncional se destaca y es un signo distintivo a través de todo el texto.

Preocupaciones ambientales y sustentabilidad

Todos los miembros de la sociedad, incluyendo a los de las operaciones, deben ayudar a proteger el ambiente. El foco de atención sobre la **sustentabilidad** se ha puesto de relieve en años recientes con preocupaciones por el calentamiento global, la contaminación del agua y del aire y así sucesivamente. En la actualidad, se solicita cada vez más a las organizaciones de todo el mundo que produzcan y entreguen productos o servicios y que, a la vez, minimicen el impacto negativo sobre el ecosistema global y que no pongan en peligro la capacidad para satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. Incluso, existe una cumbre anual para que las organizaciones se reúnan y aprendan acerca de las mejores prácticas para convertirse en *verdes*; vea el cuadro de Liderazgo operativo *Reunión Cumbre para una Manufactura Sustentable*. Las operaciones han avanzado mucho en la reducción de la contaminación del ambiente desde el aire hasta el suelo y el agua, pero aún falta mucho

por andar. Las organizaciones más progresistas han descubierto que, con frecuencia, la reducción de la contaminación paga bien. El desarrollo de un mejor proceso de transformación que contamine menos puede reducir el costo de los productos a través de una menor cantidad de materiales desperdiciados.

Administración de la cadena de suministro

Otro tema contemporáneo en las operaciones es la **administración de la cadena de suministro** el cual se expone en varios capítulos y con detalle en el capítulo 10; incluye la integración de los proveedores, productores y clientes. La administración de la cadena de suministro requiere que todos los administradores consideren la totalidad del flujo de materiales, información y dinero a lo largo de la cadena de suministro, desde la materia prima hasta la producción y distribución a los clientes finales. La administración de la cadena de suministro puede mejorarse mediante el uso de operaciones esbeltas capaces de acelerar el flujo de materiales y de reducir los desperdicios a lo largo de la cadena de suministro. También, se ve facilitada por un procesamiento de información rápido y exacto entre los proveedores y los clientes el cual puede lograrse en la actualidad a través de internet y otras formas de transferencias electrónicas de datos. Tales modos de intercambio de información electrónica entre proveedores y clientes a menudo se denominan **negocios electrónicos** (**e-business**). Dell Computer Company es un ejemplo destacado de un líder en la administración de la cadena de suministro y en los negocios electrónicos.

Globalización de las operaciones

Finalmente, la **globalización de las operaciones** es un tema profundo en los negocios de hoy en día. Es difícil tomar un periódico o una revista de negocios sin leer un artículo sobre la naturaleza apresurada de los negocios internacionales. Las estrategias para las operaciones deben formularse con los efectos globales en mente y no deben considerarse sólo los estrechos intereses nacionales. La localización de las instalaciones debe reflexionarse en vista de sus implicaciones globales. La tecnología puede transferirse con rapidez a través de las fronteras nacionales. Todos los aspectos de las operaciones y de las cadenas de suministro se ven afectados por el carácter internacional de los negocios; por lo tanto, los aspectos internacionales se tratarán en todo el libro.

Liderazgo operativo Reunión Cumbre para una Manufactura Sustentable

En abril de 2008, 250 profesionales en el área de la sustentabilidad del sector de manufactura asistieron a la inauguración de la Reunión Cumbre sobre una Manufactura Sustentable que se celebró en the Art Institute of Chicago, Chicago, Illinois. La cumbre incluyó más de 50 voceros corporativos de negocios globales como General Electric, Dell, Hewlett-Packard, IBM, Philips, Subaru, Johnson Controls, Kimberly-Clark, Cadbury, Schweppes, Sharp, Caterpillar, Frito Lay, General Motors, Patagonia, Interface y General Mills. La reunión se concentró en el compartimiento y el aprendizaje de la reducción del carbono y de las estrategias de impacto en el clima a través de casos de estudio y paneles de expertos.

Siete meses más tarde, Europa llevó a cabo su Reunión Cumbre sobre una Manufactura Sustentable en Bruselas, Bélgica, del 19 al 21 de noviembre de 2008. Varias empresas, incluyendo a Canon Europa, Cisco, Nokia, STMicroelectroncis y Toyota Motor Europa, presentaron casos de estudio y participaron en paneles de expertos para discutir temas que incluían cómo reducir la huella del carbono en la manufactura, cómo usar una energía renovable y cómo diseñar productos para reducir los desperdicios; trataron también la reutilización y el reciclaje.

La Reunión Cumbre para una Manufactura Sustentable más reciente se celebró en Chicago del 29 al 30 de abril de 2009. Una vez más, esta reunión utilizó presentaciones de casos prácticos y paneles de expertos para poner de relieve las mejores prácticas en relación con la eficiencia de la energía, tecnologías limpias y renovables, administración y reducción de la huella del carbono, el papel de la administración de la cadena de suministro y el impacto de las actualizaciones de las políticas del clima. Las empresas que participaron incluyeron a Owens Corning, Herman Miller, Kraft de Norteamérica, L'Oreal, Pfizer, Motorola y Sara Lee, entre otras.

Fuente: Adaptado de la información de las listas de eventos en Green Power Conferences: http://www.greenpowerconferences.com/index.htm

Coca-Cola es un producto global que se elabora y se vende en todo el mundo.

Muchas compañías estadounidenses son poderosos competidores globales; por ejemplo: Coca-Cola y Pepsi se venden y se manufacturan a escala mundial. McDonald's tiene 30 000 restaurantes en diferentes países. Los ciudadanos de Rusia pueden comprar una Big Mac en Moscú y McDonald's ha establecido restaurantes en India y en China. De manera similar, las empresas asiáticas y europeas se han convertido en feroces competidores globales con operaciones alrededor de todo el mundo.

Los siete temas anteriores son fundamentales para el logro de operaciones con un alto rendimiento. Debe dárseles mayor importancia en todos los tipos de organizaciones y pueden ser la base para un mejoramiento rápido y continuo en las operaciones. Si se practican estas ideas, las operaciones no sólo serán más eficientes, sino más competitivas y más efectivas para satisfacer las necesidades de los clientes y en la creación de valor para la compañía y para los clientes.

1.8 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Este libro proporciona un amplio panorama y una introducción al emocionante y dinámico campo de la administración de operaciones y de la cadena de suministro. Resalta la toma de decisiones en las operaciones y la relación de las decisiones de operaciones con otras funciones. Las cuatro principales categorías de decisión se usan como un marco organizador para el texto.

Los puntos clave que se ponderan en este capítulo son los siguientes:

- La función de operaciones es esencial para las organizaciones tanto lucrativas como no lucrativas. Las operaciones producen y entregan bienes y servicios que se consideran de valor para los clientes en una economía global y, por lo tanto, no pueden sobrevivir o prosperar sin ellas.
- La administración de operaciones se concentra en las decisiones encaminadas a administrar el proceso de transformación que convierte a los insumos en los servicios o productos terminados deseados. Dichas decisiones tienen como propósito maximizar el valor inherente en los bienes o servicios entregados a los clientes a través de la totalidad de la cadena de suministro.
- La cadena de suministro es la red de las operaciones de manufactura y de servicios que hace posible el suministro desde las materias primas hasta la manufactura y hasta el consumidor final; consiste en el flujo físico de materiales, dinero e información a lo largo de la cadena total de compras, producción y distribución. Conecta a muchas organizaciones distintas.
- Existen cuatro agrupamientos fundamentales de decisiones en el área de operaciones: proceso, calidad, capacidad e inventarios. Estas decisiones son de utilidad para el diagnóstico de las operaciones actuales o para la identificación de los tipos de decisiones que se requieren en las operaciones nuevas.
- La perspectiva del proceso de las operaciones y de los negocios es un enfoque unificador para el estudio y el mejoramiento de todas las compañías de manufactura y de servicios y de sus cadenas de suministro. Por lo regular, los cambios en el ambiente de los sistemas, incluyendo las modificaciones en la economía global, requieren transformaciones correspondientes en las operaciones.
- Hemos identificado siete temas contemporáneos de las operaciones que están en surgimiento y que se ampliarán en el futuro: los servicios y la manufactura; las operaciones dirigidas por los clientes; la manufactura esbelta; la integración de las operaciones con otras funciones; las preocupaciones ambientales y la sustentabilidad; la administración de la cadena de suministro y la globalización de las operaciones.

Términos clave

Administración de operaciones
Valor
Función de compras
Función de logística
Cadena de suministro
Toma de decisiones
Proceso
Calidad
Capacidad
Inventarios
Perspectiva del proceso
Toma de decisiones a nivel interfuncional
Sistemas de transformación
Ambientes internos y externos
Voz del consumidor
Manufactura esbelta
Sustentabilidad
Administración de la cadena de suministro
Negocios electrónicos (e-business)
Globalización de las operaciones

Usted **decida**

1. Estados Unidos se ha convertido en una sociedad posindustrial. ¿Cuál debería ser el papel de la manufactura en ese país? ¿En algún momento resultarán importantes la manufactura y la inversión en las capacidades de manufactura?
2. Es difícil argumentar en contra de la relevancia de proteger el ambiente. ¿Qué responsabilidad tienen las operaciones cuando se trata de proteger el ambiente? ¿Quién debería absorber los costos de la protección ambiental?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. Operations Management Center
   http://www.mhhe.com/omc

Este sitio contiene muchas referencias de utilidad para la administración de operaciones. Visítelo para hallar información de interés sobre las operaciones y escriba un breve reporte acerca de lo que encontró.

2. Cómo se hacen las cosas de todos los días
   http://manufacturing.stanford.edu/hetm.html

Este sitio contiene recursos en línea que muestran la manera en que se hacen las cosas *de todos los días*, desde motocicletas Harley Davidson hasta contenedores de alimentos Tupperware, de los caramelos de jalea a la mezclilla. Elija un producto de interés y cree una presentación en PowerPoint que explique varias de las decisiones de operaciones que son relevantes para la producción y la entrega de ese producto.

3. Monster.com
   http://www.monster.com

Revise el sitio web de monster.com en lo referente a oportunidades de carrera de puestos de trabajo en la administración de operaciones. Prepárese para discutir en clase uno o dos puestos de trabajo en las operaciones que le parezcan interesantes y desafiantes (no necesariamente en puestos de trabajo de nivel bajo).

Preguntas de análisis

1. ¿Por qué es importante el estudio de la administración de operaciones?
2. ¿Cuál es la diferencia entre *administración de la producción* y *administración de las operaciones*?
3. ¿Cuál es la diferencia entre la administración de operaciones y la administración de la cadena de suministro?
4. ¿Cuáles son las principales decisiones que toman los administradores de compras y de logística?
5. ¿En que se diferencian la función del administrador de operaciones de la función de un administrador de mercadotecnia o la de un administrador financiero?, ¿en qué son similares?
6. ¿Cómo se relaciona el campo de la administración de operaciones con los campos de recursos humanos, sistemas de información y contabilidad?

7. Describa la naturaleza de la administración de operaciones en las siguientes organizaciones. Al hacerlo, identifique primero el propósito y los productos de la organización y, posteriormente, emplee los cuatro tipos de decisión para identificar decisiones y responsabilidades de operaciones de importancia.
   a) Una biblioteca universitaria
   b) Un hotel
   c) Una pequeña empresa de manufactura
8. En relación con las organizaciones que se presentan en la pregunta siete, describa los insumos, el proceso de transformación y los productos del sistema de producción.
9. Describa la perspectiva de la toma de decisiones y la perspectiva del proceso de la administración de operaciones. ¿Por qué ambas son de utilidad en el estudio del campo de la administración de operaciones?
10. Escriba un breve reporte sobre algunos desafíos a los que se enfrentará la administración de operaciones en el futuro. Utilice periódicos y revistas de negocios o internet como fuentes primarias.
11. Revise la bolsa de trabajo de *The Wall Street Journal* o use internet para buscar puestos administrativos disponibles para graduados en listas de operaciones.
12. ¿Cómo afectan a la administración de operaciones los cambios en el ambiente como las variaciones en la demanda, las nuevas leyes de control de la contaminación, el valor cambiante del dólar y los cambios de precios? Mencione algunos efectos concretos sobre las operaciones y la cadena de suministro para cada cambio.
13. Encuentre ejemplos de operaciones que sean bien administradas y de otras que lo sean de manera deficiente en revistas recientes de negocios como *BusinessWeek, Fortune* y *The Wall Street Journal*. ¿Qué puede aprender de estos ejemplos?
14. Identifique algunas de las tendencias actuales en las operaciones y en la administración de la cadena de suministro que considere fundamentales.
15. Describa la manera en la que la filosofía del proceso de las operaciones puede aplicarse a los siguientes tipos de trabajo:
   a) Adquisición de otra compañía.
   b) Cierre de libros al final del año.
   c) Investigación de mercado para un nuevo producto.
   d) Diseño de un sistema de información.
   e) Contratación de un nuevo empleado.

Bibliografía

Armstrong, Julie. "Visteon Focuses on Lean Manufacturing at New Plants". *Automotive News* 77 (11 de agosto de 2003), pp. 1-6.

Denove, C. y James D. Power, IV. *Satisfaction: How Every Great Company Listens to the Voice of the Customer*. Nueva York: Portfolio Trade, 2007.

González, P., J. Sarkis y B. Adenso-Díaz. "Environmental Management System Certification and Its Influence on Corporate Practices". *International Journal of Operations & Production Management* 28, núm. 11 (2008), pp. 1021-1041.

Heizer, Jay y Barry Render. *Operations Management*, 9a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.

Jacobs, F. Robert, Richard B. Chase y Nicholas J. Aquilano. *Operations and Supply Management*, 12a. ed. Nueva York: McGraw-Hill/Irwin, 2009.

Krajewski, Lee J., Larry P. Ritzman y Manoj Malhotra. *Operations Management: Processes and Supply Chains*, 9a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010.

Lawrence, William W. "Turnaround: Increasing Operations Efficiency". *Industrial Management* 50, núm. 1 (enero-febrero de 2008), pp. 8-12.

Machuca, José A. D., María del Mar González-Zamora y Víctor G. Aguilar-Escobar. "Service Operations Management Research". *Journal of Operations Management* 25, núm. 3 (2007), pp. 585-603.

Saunders, Candice y Christy Dempsey. "Improving Patient Flow". *Healthcare Executive* 23, núm. 6 (noviembre de 2008), pp. 46-48.

Sherefkin, Robert. "Fiat Already Has Wide Global Supplier Network". *Automotive News* 83, núm. 6344 (26 de enero de 2009), p. 3.

_____ "Six Rules That Help Lean Initiatives Cut Cost". *Controller's Report 2008*, núm. 12 (diciembre 2008), p. 19.

Stevenson, William J. *Operations Management*, 10a. ed. Nueva York: McGraw-Hill/Irwin, 2009.

U.S. Bureau of the Census. *Statistical Abstract of the United States*, Washington, D.C., 2008.

Wren, Daniel A. *The History of Management Thought*, 5a. ed. Nueva York: Wiley, 2006.

Capítulo **2**

Estrategias de operaciones y de la cadena de suministro

Presentación del capítulo

2.1 Estrategia de operaciones de McDonald's

2.2 Alcance global de las operaciones y de las cadenas de suministro

2.3 Estrategia de la cadena de suministro

2.4 Modelo de estrategia de las operaciones

2.5 Énfasis sobre los objetivos de las operaciones

2.6 Forma de vincular estrategias

2.7 Ambiente y operaciones sustentables

2.8 Aspectos y términos clave

Usted decida

Ejercicios por internet

Preguntas de análisis

Bibliografía

Existe una conciencia creciente en el sentido de que las operaciones y la cadena de suministro deben contribuir a la posición competitiva global de una empresa y no meramente ser un lugar para elaborar los productos o servicios de la compañía. Esto puede lograrse aportando una capacidad (o competencia) distintiva a la organización y mejorando en forma continua los productos y procesos del negocio. El cuadro de Liderazgo operativo acerca de Corning, Inc., expone la manera en la que esta compañía compite a través de una estrategia de reducción en el tiempo del ciclo y un mejoramiento de la calidad.

Skinner (1969) observa que las operaciones son rara vez neutrales: *O bien son un arma competitiva o un lastre para la corporación*. En su artículo, actualmente considerado un clásico, Skinner argumenta que las operaciones deben estar totalmente conectadas con la estrategia del negocio. Las estrategias de las operaciones y las decisiones deben satisfacer las necesidades de los negocios y aportar una *ventaja competitiva* para la empresa.

En el capítulo anterior, indicamos que la función de operaciones es un creador de valor clave para la compañía. Este último sólo puede lograrse a través de operaciones y cadenas de suministro que sean más productivas que las de los competidores en relación con un mercado conocido. Todas las funciones de la organización deben estar bien coordinadas para que se cree valor y ocurra una ventaja competitiva. La coordinación interfuncional de la toma de decisiones se ve facilitada por una estrategia de operaciones que se desarrolle por medio de un equipo de administradores proveniente de toda la compañía.

Liderazgo operativo Corning's Inc., compite a través del tiempo del ciclo y de la calidad

En la División de Productos de Corning's Telecommunications (TPD, *Corning's Telecommunications Products Division*), las metas y las medidas del desempeño corporativo son seleccionadas por un equipo interfuncional de compartimiento de metas, el cual se integra de un número personas que varía de ocho y 10, provenientes de todos los niveles de la compañía. El proceso incluye sistemas de aportación y desarrollo de ideas así como su investigación; la invitación de expertos internos y externos que son consultados por el equipo; el establecimiento de metas, medidas y pesos ponderados y el examen de las medidas por un periodo de tres a seis meses.

Los datos y la información que utiliza Corning TPD para supervisar e impulsar un mejoramiento en el desempeño de la empresa se vinculan con su estrategia de negocios, sus valores y sus análisis del desempeño. Recopila y emplea datos para dar apoyo al desarrollo de la estrategia de la división, al despliegue de sus iniciativas estratégicas, a la inversión en los valores de la organización y al mejoramiento de los resultados.

Asimismo, Corning TPD considera que el tiempo del ciclo y la calidad son mucho mejores indicadores de la excelencia del negocio y del desempeño relativo que los indicadores financieros. Gerald J. McQuaid, vicepresidente divisional de Corning TPD, ha dicho lo siguiente: *Somos únicos en tanto estemos dispuestos a invertir nuestro dinero en el mejoramiento de las medidas no financieras, sabiendo que este mejoramiento estará asociado con las medidas financieras. La mayoría que las compañías le dice a sus empleados: "Cumplan con sus estándares financieros y, posteriormente, les pagaremos por el servicio al cliente". Nosotros no hacemos eso. Nosotros no tenemos ningún umbral en nuestro sistema; pagamos por el servicio al cliente si nuestros empleados lo hacen bien, indistintamente de que cumplan o no con sus estándares financieros. Eso significa que creemos en el vínculo*.

Fuente: Laura Struebing, "Measuring for Excellence", *Quality Progress*, diciembre de 1996, pp. 25-30; y www.coming.com website, 2009.

La siguiente definición de la estrategia de operaciones es un punto de partida para nuestra exposición:

> *La* **estrategia de operaciones** *es un patrón consistente de decisiones para el sistema de transformación y para la cadena de suministro asociada que están vinculados con la estrategia del negocio y con otras estrategias funcionales, lo que lleva a una ventaja competitiva para la empresa.*

Tal definición se ampliará a través de todo este capítulo como una base para guiar todas las decisiones que ocurren en las operaciones y para relacionarlas con otras funciones.

2.1 ESTRATEGIA DE OPERACIONES DE MCDONALD'S

McDonald's Corporation proporciona un excelente ejemplo de una estrategia de operaciones junto con su adaptación y sus cambios a lo largo del tiempo. En 1955, Ray Kroc abrió su primer restaurante en Des Plaines, Illinois, confeccionado de acuerdo con el puesto de hamburguesas de los hermanos McDonald en California. El sistema de servicios de McDonald's se diseñó partiendo de la idea de un menú muy limitado y de una producción rápida de alimentos estandarizados y servicios con comodidad y a un precio bajo. Nunca antes habían sido atendidos los clientes tan rápido en un ambiente limpio y cortés. Con un diseño estándar para el equipo, las instalaciones y la capacitación de los empleados, el sistema de McDonald's se replicó en diferentes localidades y rápidamente se expandió en Estados Unidos y, luego, a todo el mundo. El aspecto de importancia es que la estrategia de operaciones era proporcionar un sistema único de transformación de servicios y una cadena de suministro que brindara alimentos rápidos a los clientes en un ambiente limpio y a bajos precios.

El sistema de McDonald's es un prototipo o modelo ideal de un sistema de servicios estandarizados diseñado para satisfacer especificaciones rigurosas. Cada detalle del sistema

se diseñó para ofrecer alimentos y servicio rápidos y eficientes. Tomemos los elementos de la estrategia de operaciones y de la cadena de suministro que McDonald's emplea.

Misión: la misión de las operaciones es suministrar rápidamente alimentos y servicios a los clientes con una calidad consistente y a un costo bajo en un ambiente limpio y amigable.

Objetivos: cada restaurante posee objetivos específicos respecto al costo, la calidad y el servicio que deben satisfacerse. Dichos propósitos se definen mediante estándares estrictos y, con frecuencia, se evalúa su cumplimiento. McDonald's le da un seguimiento al costo, a la calidad y al desempeño de servicios de cada restaurante y compara a menudo sus resultados con los de los competidores.

Decisiones estratégicas: en cada uno de los cuatro grupos de decisiones de operaciones que se describieron en el capítulo 1, se toma un patrón consistente de decisiones estratégicas.

Proceso: el proceso se diseña con equipos específicos y fluye para asegurarse de que las comidas se proporcionen a los clientes de una manera cuidadosa y rápida. Por ejemplo: el cucharón de papas a la francesa fue diseñado para servir exactamente la cantidad correcta de papas en cada bolsa y con poco esfuerzo. También, los servidores tienen la capacidad de comunicar las órdenes instantáneamente a las personas que preparan el alimento. Cada restaurante está conectado con su cadena de suministro para el reabastecimiento sobre una base frecuente.

Calidad: existen más de 2 000 verificaciones de la calidad, de la salubridad de los alimentos y puntos de inspección a medida que el alimento se desplaza desde las granjas a los proveedores y, posteriormente, a los restaurantes de McDonald's. McDonald's requiere que se realicen 72 protocolos de seguridad y de calidad diariamente en cada restaurante. La totalidad de la cadena de suministro debe satisfacer los altos estándares de McDonald's. Los administradores se capacitan en la denominada *Universidad de la Hamburguesa* del sistema de McDonald's para garantizar que los estándares de la compañía se cumplan en lo referente al servicio, velocidad, calidad del alimento, limpieza y cortesía.

Capacidad: la capacidad de cada restaurante se ha estructurado cuidadosamente para mantener al mínimo los tiempos de espera de los clientes. Los empleados se programan de tal modo que se satisfagan las fluctuantes necesidades de personal en las horas de la comida durante el día.

Inventario: se usa un sistema de reabastecimiento justo-a-tiempo (*Just in time*, JIT, en inglés) para asegurarse de que se disponga del suministro de alimento y de los empaques y envolturas cuando se requieran. La cadena de suministro se gestiona con miras a entregas rápidas y frecuentes.

Ventaja competitiva: el cuarto elemento de la estrategia de operaciones es la ventaja competitiva, la cual debe ser única para la empresa. En sus orígenes, la ventaja competitiva de McDonald's fue la cualidad única del servicio y del sistema de transformación de la cadena de suministro que se diseñó; sin embargo, debido a que otras empresas han copiado este sistema a través del tiempo hasta lograr una aproximación cercana, la ventaja competitiva se ha desplazado hacia un mejoramiento continuo del sistema de transformación junto con la marca. La marca McDonald's es ahora también percibida como una ventaja competitiva de importancia.

McDonald's adapta continuamente su sistema de servicio y la cadena de suministro; por ejemplo, el menú se amplió para ofrecer más productos en su menú, pero siempre dentro de la capacidad del diseño existente para su preparación. Computarizaron y actualizaron sus sistemas de información en las operaciones. Respondieron a los desafíos ambientales reemplazando, por dar un ejemplo, las cajas de hule espuma que anteriormente se usaban para los sándwiches con envolturas de papel biodegradables. En respuesta a la

McDonald's es una compañía líder en servicios globales.

tendencia hacia alimentos saludables en Estados Unidos, añadieron ensaladas, rebanadas de manzana y pollo a la parrilla en los menús; no obstante, McDonald's aún tiene algunos críticos y algunas veces es culpada por la obesidad de los estadounidenses y por tener un impacto ambiental adverso.

McDonald's se expandió con rapidez para convertirse en una empresa de servicios globales. La estrategia de las operaciones para la expansión global ha sido replicar el diseño del sistema de servicio y la cadena de suministro en cada país con modificaciones mínimas al menú o al proceso. A pesar de ello, se brindan algunas opciones internacionales a un nivel local; así, McDonald's sirve cerveza en Alemania, McRice en Indonesia, sopa en Portugal y hamburguesas de salmón en Noruega. El concepto de comida rápida fue aceptado en todo el mundo, incluso en Francia, donde las barreras culturales son fuertes. En la actualidad, las áreas con mayor crecimiento internacional para McDonald's son China y Rusia. También, extendieron su cadena de suministro mediante el desarrollo de un sistema de franquicias que mantiene un fuerte control sobre el producto y el servicio.

Hoy en día, McDonald's es el líder global en servicios de alimentos con más de 30 000 restaurantes en 120 naciones que atienden un promedio de 58 millones de clientes cada día. Más de 70% de los restaurantes son poseídos por franquiciatarios, los cuales son negocios locales con una posesión independiente.

Una vez que hemos descrito la estrategia de operaciones a través del ejemplo de McDonald's, expondremos el contexto de la estrategia de las operaciones en términos de su entorno global y el de la cadena de suministro. Esto irá seguido por más detalles acerca de los elementos de la estrategia de operaciones y de la sustentabilidad ambiental a largo plazo.

2.2 ALCANCE GLOBAL DE LAS OPERACIONES Y DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO

Todos los días leemos en la prensa popular que los mercados se están volviendo globales. Debido a la expansión en los sistemas de comunicación mundiales y a los viajes globales, la demanda del consumidor es ahora más homogénea sobre una base internacional. Muchos productos y servicios son de naturaleza global, incluyendo los refrescos, las videocaseteras, las televisiones, la comida rápida, la banca, los viajes, los automóviles, las motocicletas, los equipos agrícolas, las máquinas herramienta y una amplia variedad de productos. Desde luego, aún existen muchos nichos de mercado que son de carácter nacional, pero la tendencia es hacia mercados y productos más globales.

Como resultado de estos cambios, los negocios y las operaciones se están volviendo más internacionales. Los negocios tradicionales se operan sobre la base de países múltiples más que sobre una base global; en una compañía tradicional, las decisiones se manejan de manera distinta en cada país del mundo. El negocio se ve a sí mismo como una unidad que vende a los mercados locales, existe principalmente una competencia local y hay exportaciones e importaciones limitadas. Además, cada país posee su propia calidad, tecnología del proceso y estructura de costos. Las fuentes de abastecimiento se manejan en forma local o regional, y las exportaciones están sujetas a fluctuaciones monetarias. Una compañía tradicional se organiza dentro de una división o subsidiaria separada para cada nación en la que opera.

Al operar en los mercados globales, una compañía tradicional se encuentra en desventaja competitiva: la escala de operaciones es incorrecta, los productos pueden ser inadecuados y la empresa está mal organizada para producir y comercializar sus artículos. Como resultado de ello, la **corporación global** emergió con las siguientes características: las instalaciones y las plantas se localizan sobre una base mundial, y no en país por país; los productos y los servicios pueden intercambiarse entre las naciones; los componentes, las partes y los servicios se abastecen sobre una base global; se encuentra la mejor fuente de abastecimiento de todo el mundo, indistintamente de su origen nacional y la cadena de suministro es de carácter global. Algunas organizaciones de prestigio orientadas globalmente son Ford, 3M, Nestlé, Philips, Deere & Company, Coca-Cola y Caterpillar.

Asimismo, se usa un diseño de productos y una tecnología del proceso a escala global. Se diseña un producto o servicio básico, siempre que sea posible, para ajustarse a las preferencias globales. Cuando se requiere una variación local, se maneja como una opción en lugar de como un producto separado. La tecnología de los procesos también se estandarizó globalmente; por ejemplo: Black and Decker diseñó recientemente herramientas manuales útiles en todo el mundo. Incluso la comida rápida, la ropa y los refrescos se convirtieron en productos globales.

Ford tiene operaciones a escala mundial.

La demanda de productos se establece sobre una base mundial y no local; por lo tanto, las economías de escala son considerablemente favorecidas y los costos pueden ser más bajos. La videocasetera surgió como un producto mundial y nunca fue comercializado localmente; su demanda y su costo se calcularon con base en mercados globales desde el principio. Los competidores locales se mantuvieron fuera de mercado.

La logística y los sistemas de control de inventarios son de carácter global. Ello hace posible coordinar los embarques de productos y los componentes sobre una base mundial. En las operaciones de servicio, las instalaciones están interconectadas a través de un sistema mundial de comunicaciones. Algunas de las compañías de servicios que están globalmente orientadas son British Airways, Orac1e, Microsoft, KPMG y Walmart.

Una corporación global se organiza a partir de divisiones que poseen una responsabilidad global por las funciones de mercadotecnia, investigación y desarrollo y operaciones. Éstas no se fragmentan en varias divisiones nacionales e internacionales.

Algunos servicios han asumido un alcance global en las operaciones; por ejemplo: las firmas de consultoría, la comida rápida, las telecomunicaciones, los viajes aéreos, el entretenimiento, los servicios financieros y los programas de cómputo tienen operaciones globales. En todas partes del mundo se reciben estos servicios y la consolidación global ha tomado el lugar de estas industrias que anteriormente estaban fragmentadas. Ciertamente, no todos los servicios son globales; aún existen algunos que se otorgan sobre una base local para atender los mercados locales, pero la tendencia hacia la globalización es innegable.

Algunas empresas han adoptado un enfoque híbrido con las economías globales de escala, pero con un toque local. En este caso, ciertas funciones, por ejemplo: el diseño del producto, se manejan sobre una base local, mientras que otras, como la logística y los sistemas de control de inventarios, se estandarizan a escala mundial.

Para la estrategia de las operaciones, las implicaciones de este cambio hacia los negocios globales son muy profundas. Las operaciones y las cadenas de suministro deben concebirse con naturaleza global. Debe desarrollarse una competencia global distintiva para las operaciones, junto con una misión, objetivos y decisiones estratégicas a escala mundial. El diseño del producto y el del proceso, la ubicación de las instalaciones, las políticas de la fuerza laboral y, prácticamente, todas las decisiones del área de operaciones y de la cadena de suministro son afectadas. Para lograr una perspectiva internacional, proporcionaremos en todo este texto una orientación global para las decisiones.

2.3 ESTRATEGIA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Del mismo modo que las operaciones se están expandiendo hacia un contexto global, la estrategia de las operaciones puede expandirse hacia una **estrategia de la cadena de suministro**. En la actualidad, algunas empresas ya no compiten entre sí; en lugar de ello, la competencia es entre cadenas de suministro enteras.

En el capítulo anterior, definimos la cadena de suministro como la red de las operaciones de manufactura y de servicio que se abastecen entre sí materias primas que pasan a través de la manufactura y que llegan hasta el consumidor final. Por lo tanto, la estrategia de la cadena de suministro toma en cuenta no sólo la de operaciones de la empresa, sino las estrategias de los proveedores y de los clientes de la cadena de suministro de la compañía.

La estrategia de la cadena de suministro debe tener como finalidad el logro de una ventaja competitiva sostenible para la totalidad de la cadena de suministro. Tales ventajas pueden conseguirse mediante la expansión de los conceptos que ya se cubrieron en este capítulo; por ejemplo: una cadena de suministro debe tener una ventaja competitiva valiosa y difícil de imitar o de reemplazar por parte de los competidores. Tal ventaja competitiva debe basarse en lo que la organización hace junto con las acciones de los socios de la cadena de suministro. De manera similar, los socios de la cadena de suministro y la empresa deben estar trabajando hacia la misma visión y objetivos con la finalidad de contar con una estrategia consistente en la cadena de suministro. Ya que ninguna compañía individual controla la totalidad de la cadena de suministro, puede ser difícil de obtener una estrategia coherente para ella; no obstante, es importante comprender que los socios de la cadena de suministro que estén trabajando con propósitos opuestos no serán competitivos contra otras cadenas de suministro que hayan logrado un alto grado de cooperación y de consistencia.

Existen dos estrategias fundamentales en la cadena de suministro: la imitación y la innovación. Los imitadores poseen productos similares a los de sus competidores y están orientados hacia la eficiencia y costos bajos como una forma de competir. En contraste, los innovadores diferencian sus productos como su forma de competencia y pueden cobrar precios más altos; por ejemplo: Sport Obermeyer se encuentra en la industria de la ropa de moda para esquiar. Cada año, hasta 95% de sus ropas para esquiar son nuevas o han sido rediseñadas. La compañía debe planear la producción y pronosticar la demanda con mucha anticipación a las ventas (más de un año) y, como resultado, con frecuencia tiende a faltantes o excesos de inventarios que causan precios rebajados al final de la temporada. El problema al que se enfrentaba Sport Obermeyer es que su cadena de suministro no empata con la naturaleza de su producto, pues las órdenes de mercancías se requieren hasta con un año de anticipación. La cadena de suministro está orientada hacia la eficiencia y los costos bajos, mientras que Sport Obermeyer, con sus productos innovadores, necesita una cadena más corta y más flexible con mejores pronósticos que respondan a una demanda incierta. Sport Obermeyer parece tener una cadena de suministro incorrecta.

TABLA 2.1
Estrategias de la cadena de suministro

Fuente: Adaptado de Fisher (1997).

Diferencias del producto	**Productos imitativos**	**Productos innovadores**
Ciclo de vida del producto	Mayor de dos años	Tres meses a un año
Margen de contribución	5% a 20%	20% a 60%
Error promedio del pronóstico cuando se planea la producción	10%	40% a 100%
Tasa promedio de faltantes del inventario	1% a 2%	10% a 40%
Promedio de rebajas forzosas a fin de año	0%	10% a 25%
Estrategia de la cadena de suministro		
Objetivo	Oferta previsible a costos bajos	Responder rápidamente a una demanda imprevisible para minimizar los costos de faltantes del inventario, las ventas perdidas y las rebajas.
Manufactura	Alta utilización y bajos costos de producción	Exceder la capacidad prevista y un tiempo corto de producción. Puede tener una baja utilización de la capacidad.
Inventario	Alta rotación	Despliega inventarios de partes o productos terminados. Puede tener una baja rotación.
Proveedores	Seleccionados por el costo y la calidad	Seleccionados por la velocidad, la flexibilidad y la calidad.

Para identificar la cadena de suministro adecuada, las compañías deben clasificar primero sus productos en dos categorías: imitativos e innovadores. Los productos imitativos son como los satisfactores, tienen una demanda previsible y bajos márgenes de utilidad. Como resultado de ello, estos productos deben tener una cadena de suministro de costos bajos y eficiente; algunos ejemplos son las pastas dentales, el petróleo, los automóviles normales —pero no los nuevos automóviles híbridos—, y la mayoría de los alimentos. En contraste, los productos innovadores poseen una demanda imprevisible y altos márgenes de utilidad. Requieren una cadena de suministro flexible y rápida para lidiar con la incertidumbre de la demanda; algunos ejemplos son las prendas de vestir de moda, los automóviles híbridos, los nuevos productos electrónicos y los DVD. Las características de ambos tipos de productos se muestran en la parte superior de la tabla 2.1. Observe que el ciclo de vida del producto, el margen de contribución, el error promedio del pronóstico, la tasa de faltantes del inventario y las rebajas forzosas del fin de año son muy distintos entre los productos imitativos y los innovadores.

Con frecuencia, las empresas cometen el error de usar un tipo de estrategia de la cadena de suministro para los dos tipos de productos; por ejemplo: General Mills, una compañía de alimentos, podría emplear una cadena de suministro eficiente, una alta rotación de inventarios y una alta utilización de sus fábricas ya que la mayoría de sus productos son de naturaleza imitativa. Sin embargo, General Mills necesita una cadena de suministro distinta que sea altamente flexible y receptiva para satisfacer la demanda incierta de sus productos nuevos e innovadores. Cuando las organizaciones se enfrentan a este dilema, no deben cometer el error de elegir únicamente una estrategia de cadena de suministro para todos los productos.

Los tipos de estrategias de la cadena de suministro se resumen en la mitad inferior de la tabla 2.1. Los objetivos de ambas son diferentes; mientras que las cadenas de suministro imitativas deben dirigirse a una oferta previsible a costos bajos, las cadenas de suministro innovadoras deben concentrarse en una respuesta rápida en vista de una demanda imprevisible para minimizar los faltantes de inventarios, las ventas perdidas y las rebajas de productos. Aunque la preparación de mejores pronósticos es de utilidad para una demanda imprevisible, no puede usarse confiablemente para lograr inventarios bajos y una utilización plena de la capacidad para los productos innovadores. En las cadenas de suministro innovadoras, los altos márgenes pueden absorber los costos más altos del empleo de la

capacidad máxima y de los inventarios de seguridad que son necesarios para lidiar con la incertidumbre.

Mediante el uso de mejores pronósticos, de capacidad adicional y de reducciones espectaculares en los tiempos de entrega de sus productos innovadores, Sport Obermeyer consiguió reducir el costo tanto de la sobreproducción como de la subproducción a la mitad, lo suficiente para aumentar las utilidades en 60%. Los minoristas estuvieron muy complacidos al ver que la disponibilidad del producto excedía de 99%, lo que hizo de Sport Obermeyer la mejor empresa en la industria de servicios.

En toda decisión de operaciones es indispensable considerar el contexto apropiado, ya sea global o de la cadena de suministro de la cual la compañía es parte. Las operaciones globales y la cadena de suministro ayudan a establecer el contexto no sólo para la estrategia de operaciones, sino para la toma de decisiones en todas las partes de la organización.

2.4 MODELO DE ESTRATEGIA DE LAS OPERACIONES

Ya hemos descrito la estrategia de operaciones como un patrón consistente de decisiones acerca del sistema de transformación y de la cadena de suministro asociada, los cuales se vinculan con la estrategia del negocio y con otras estrategias funcionales, lo que conduce a una ventaja competitiva para la empresa. Ahora, generalizamos el ejemplo de la estrategia de operaciones de McDonald's.

Ya que la de operaciones es una **estrategia funcional**, debe guiarse por la de negocios y la corporativa que se muestran en la figura 2.1. Los cuatro elementos que aparecen dentro del cuadro punteado —la misión, la ventaja competitiva, los objetivos y las decisiones estratégicas— son la parte central de la estrategia de operaciones; los demás elementos de la figura son insumos o productos del proceso de desarrollo de la estrategia de operaciones. Los productos del proceso son un patrón consistente de decisiones de operación que están bien conectadas con las demás funciones del negocio.

Estrategia corporativa y de negocios

La **estrategia corporativa** y la de negocios aparecen en la parte superior de la figura 2.1. La estrategia corporativa define el negocio que persigue la compañía; por ejemplo: Walt Disney Productions se considera dentro del negocio de *hacer feliz a la gente*. The Disney Corporation no sólo incluye los parques temáticos, sino la producción de caricaturas, producción de cine, mercaderías y una variedad de negocios relacionados con el entretenimiento alrededor del mundo.

The Magic Kindom. Walt Disney se encuentra en el negocio de *hacer feliz a la gente*.

La **estrategia de negocios** se deriva de la corporativa y define cómo habrá de competir cada negocio en particular. La mayoría de las corporaciones grandes tienen varios negocios diferentes, y cada uno compite en distintos segmentos de mercado. Cada negocio debe encontrar su propia base para competir en sus mercados en particular; por ejemplo: Michael Porter (1980) describe tres tipos de estrategias genéricas de negocios: diferenciación, costos bajos y enfoque. La diferenciación se asocia con un nuevo producto o servicio único y a menudo innovador, mientras que los costos bajos se persiguen en los mercados de satisfactores genéricos, donde los productos o servicios son imitativos. El enfoque se refiere a la cartera geográfica o de productos, la cual puede ser de carácter estrecho o amplio. El enfoque puede combinarse con la de diferenciación o la de bajo costo.

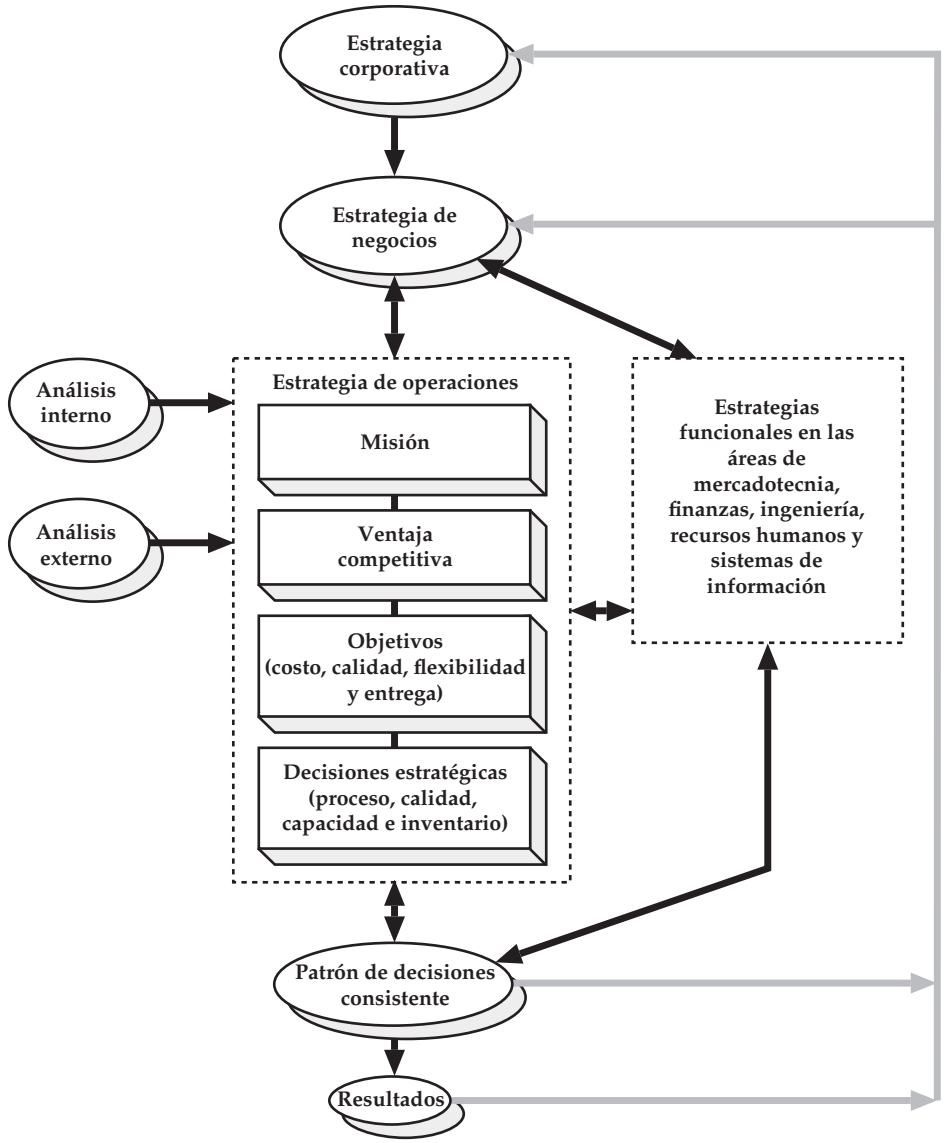


FIGURA 2.1
Proceso de la estrategia de operaciones.

Misión de operaciones

Toda operación debe tener una misión que se conecte con la estrategia de negocios y que esté de acuerdo con las otras estrategias funcionales; por ejemplo: si la estrategia de negocios es la diferenciación a través de productos innovadores, la misión de operaciones debe resaltar la introducción de nuevos productos y la flexibilidad para adaptar los productos a las cambiantes necesidades de mercado. Otras estrategias de negocios conducirían a otras misiones de operaciones, tales como costos bajos o entregas rápidas, como se ilustrará después. Así, la misión de operaciones se deriva de la estrategia de negocios en particular seleccionada por la unidad de negocios. La manera en la que las compañías impulsadas por una misión pueden crear valor para los accionistas ha sido explicada por William George, líder de operaciones en Medtronic (vea el cuadro de Liderazgo operativo de Medtronic).

Objetivos de las operaciones

Los objetivos de las operaciones son el segundo elemento de la estrategia de operaciones.[1] Los cuatro objetivos comunes de las operaciones son el costo, la calidad, la entrega y la flexibilidad. En ciertas situaciones, pueden añadirse otros objetivos, como la innovación, la seguridad y la sustentabilidad ambiental. Los objetivos deben derivarse de la mi-

[1] Los objetivos de las operaciones también se denominan prioridades competitivas.

Liderazgo operativo

Manera en la que las compañías impulsadas por una misión crean valor a largo plazo para los accionistas: Bill George, ex director ejecutivo de Medtronic

...Estoy convencido de que la filosofía ampliamente aceptada que considera que la misión fundamental de una corporación lucrativa es maximizar el valor de los accionistas tiene un defecto en la médula. Aunque esa filosofía puede dar como resultado incrementos a corto plazo en el valor de los accionistas, simplemente no es sostenible en el largo plazo. Con el paso del tiempo, el valor de los accionistas se estancará y, finalmente, disminuirá en el caso de las compañías que impulsen su estrategia sólo a partir de consideraciones financieras...

El mejor camino para el crecimiento a largo plazo del valor de los accionistas proviene del hecho de tener una misión bien articulada con la cual los empleados estén dispuestos a comprometerse, un conjunto de valores practicados en forma consistente y una clara estrategia de negocios que sea adaptable a las cambiantes condiciones del negocio. Las compañías que persigan su misión de un modo consistente e incesante, al final crearán un valor para los accionistas muy superior a lo que cualquiera pueda considerar como posible...

El verdadero defecto en la misión aislada de maximizar el valor de los accionistas es su incapacidad para motivar a un grupo grande de empleados hacia un desempeño excepcional. El hecho de vincular los incentivos financieros del equipo administrativo —ya sea que se trate de bonos, compensaciones e incentivos, concesiones de acciones u opciones sobre acciones— con resultados inmediatos que incrementen el valor de los accionistas ciertamente motivará a las personas del alto mando de la organización, por lo menos en el corto plazo. Esto es un hecho que está bien establecido y documentado. Por desgracia, las personas del alto mando representan únicamente una pequeña fracción de los individuos que hacen el trabajo de la empresa...

Existe una mejor manera de incrementar el valor de los accionistas a largo plazo, pero esto no puede ser el objetivo fundamental. Es mi convicción que las corporaciones se crean para un propósito que va más allá de ganar dinero. Un crecimiento sostenido en el valor de los accionistas puede ser el resultado final, pero no puede ser el único propósito.

La finalidad de una compañía se reduce a una cosa: atender a los clientes. Ello es verdad para todas las industrias y todos los tipos de negocios: corredores de acciones, bancos, compañías aeroespaciales, bienes de consumo, comercio al menudeo, etcétera. Si una empresa resulta ser superior, en términos de la atención a sus clientes, a todas las demás en su campo y si puede sostener esa ventaja en el largo plazo, esa corporación, en última instancia, creará valor para los accionistas...

Al final de cuentas, la motivación de los empleados con una misión y un claro sentido de propósito es la única forma que conozco para entregar productos innovadores, un servicio superior y una calidad insuperable a los clientes durante un largo periodo. Con el tiempo, una idea innovadora para un producto o un servicio será copiada por los competidores. La creación de una organización de personas altamente motivadas es extraordinariamente difícil de duplicar.

Fuente: William George, "Address Given to the Academy of Management", *Academy of Management Executive* 15, núm. 4 (noviembre 2001), pp. 39-47.

sión y constituir un replanteamiento de la misión en términos cuantitativos y mensurables. Para que sean de naturaleza estratégica, los objetivos deben orientarse a largo plazo (5 a 10 años).

La tabla 2.2 muestra algunas medidas comunes de objetivos que pueden usarse para cuantificar el desempeño de las operaciones a largo plazo. Los objetivos para cinco años hacia el futuro se comparan con el año actual y también con un competidor actual de clase mundial. Esto último es para propósitos de **puntos de comparación** (***benchmarking***) y puede indicar que las operaciones están por detrás o por delante de la competencia; sin embargo, los objetivos deben adaptarse al negocio en específico, el cual no necesariamente superará a la competencia en todas las categorías.

Decisiones estratégicas

Las **decisiones estratégicas** constituyen el tercer elemento de la estrategia de operaciones; deben indicar la manera en la que se lograrán los objetivos de las operaciones. Es indispensable contar con un patrón consistente de decisiones estratégicas para cada una de las principales categorías de decisión (proceso, calidad, capacidad e inventario) y, desde luego, éstas deben estar bien integradas con otras decisiones funcionales. Éste es uno de los aspectos más difíciles de lograr en los negocios y es una de las razones por las que se

TABLA 2.2
Objetivos comunes de las operaciones

	Año actual	Objetivo: cinco años hacia el futuro	Actual: competidor de clase mundial
Costo			
Costo de manufactura como un porcentaje de las ventas	55%	52%	50%
Rotación de inventario	4.1	5.2	5.0
Calidad			
Satisfacción del cliente (porcentaje satisfecho con los productos)	85%	99%	95%
Porcentaje de desperdicios y reprocesamiento	3%	1%	1%
Costo de las garantías como un porcentaje de las ventas	1%	0.5%	1%
Entrega			
Porcentaje de órdenes abastecidas a partir del inventario	90%	95%	95%
Tiempo de espera para surtir el inventario	3 semanas	1 semana	3 semanas
Flexibilidad			
Número de meses para la introducción de nuevos productos	10 meses	6 meses	8 meses
Número de meses para cambiar la capacidad en ± 20%	3 meses	3 meses	3 meses

requiere una estrategia de operaciones verdaderamente integrada y consistente a lo largo del tiempo.

En la tabla 2.3 se indican algunas de las principales decisiones estratégicas en las operaciones. Observe que tales decisiones pueden demandar intercompensaciones o elecciones múltiples en cada caso; por ejemplo: en el área de la capacidad, existe una alternativa entre una instalación más grande y varias más pequeñas. Aunque las instalaciones más grandes pueden necesitar una menor inversión total debido a economías de escala, las más pequeñas pueden localizarse en sus mercados y brindar un mejor servicio al cliente; por lo tanto, la decisión estratégica depende de cuáles sean los objetivos que se están persiguiendo en las operaciones, de la disponibilidad de capital, de los objetivos de comercialización y así sucesivamente.

Ventaja competitiva

Todas las operaciones deben tener una **ventaja competitiva** (o capacidad de operaciones) que las diferencie de sus competidores. La ventaja competitiva es algo que las operaciones hacen mejor que nadie más. Pueden basarse en recursos únicos (humanos o capital) que sean difíciles de imitar. Asimismo, la ventaja competitiva puede basarse en una tec-

TABLA 2.3
Ejemplos de decisiones estratégicas importantes en las operaciones

Decisión estratégica	Tipo de decisión	Opción estratégica
Proceso	Amplitud del proceso	Hacer o comprar
	Automatización	Hecho a mano o hecho a máquina; automatización flexible o rigurosa
	Flujo del proceso	Proyecto, lote, en línea o continuo
	Especialización del puesto	Especialización alta o baja
	Supervisión	Altamente centralizada o descentralizada
Calidad (sistema)	Enfoque	Prevención o inspección
	Capacitación	Capacitación técnica o administrativa
	Proveedores	Seleccionados sobre la base de la calidad o el costo
Capacidad	Tamaño de las instalaciones	Una instalación grande o varias instalaciones pequeñas
	Ubicación	Cerca de los mercados, costos bajos o en el extranjero
	Inversión	Permanente o temporal
Inventario	Monto	Altos niveles o bajos niveles de inventarios
	Distribución	Almacén centralizado o descentralizado
	Sistemas de control	Control con mayor detalle o con menor detalle

nología patentada o en cualquier innovación en las operaciones que no puede copiarse con facilidad.

La ventaja competitiva debe acoplarse con la misión de las operaciones; por ejemplo: no sirve de nada tener una ventaja competitiva de sistemas superiores de administración de inventarios cuando la misión de operaciones es conseguir un nivel de excelencia en la introducción de nuevos productos. Del mismo modo, la ventaja competitiva debe ser algo que esté coordinado con la mercadotecnia, las finanzas y las demás funciones de tal forma que quede apoyada a través del negocio como una base para la ventaja competitiva.

La ventaja competitiva se usará para definir una estrategia específica de negocios en una compañía en marcha. La estrategia de negocios no siempre emana del mercado; más bien, puede edificarse acoplando la ventaja competitiva basada en las operaciones (actual o proyectada) con un mercado nuevo actual o potencial. Para que la organización sea competitiva, deberá tener tanto un segmento de mercado viable como una capacidad única para integrar el producto o servicio ofrecido. En un artículo muy ilustrativo, Clark (1996) argumenta que la ventaja competitiva es un componente esencial para el logro de una estrategia de negocios exitosa.

Walmart tiene la misión de ser un minorista de costos bajos. Para conseguirlo desarrolló una ventaja competitiva basada en las operaciones de cruce andenes, las cuales tienen como propósito reducir el costo de los embarques. Al utilizar esta clase operaciones, los bienes provenientes de los camiones de los proveedores se transfieren directamente del andén de carga a los camiones de Walmart en espera y se entregan a las tiendas sin ingresar al almacén. Además, Walmart cuenta con un sistema de control de inventarios más sofisticado y mayor poder de compra que sus competidores y, por lo tanto, puede mantener los inventarios y los costos a un nivel mínimo; estas competencias distintivas le permiten competir sobre la base de costos bajos.

Walmart tiene competencias distintivas para dar apoyo a su estrategia de costos bajos.

2.5 ÉNFASIS SOBRE LOS OBJETIVOS DE LAS OPERACIONES

Es posible emplear los cuatro objetivos de las operaciones ya expuestos para describir distintas formas de competir a través de las operaciones. Suponga que empezamos con la idea de **competir por medio de la calidad**. Podemos pensar en la calidad como una cualidad que satisface las necesidades del cliente. Esto supone que mercadotecnia identificó un tipo de cliente para el negocio o un mercado objetivo específico Si estamos compitiendo a través de la calidad como el objetivo de primera prioridad en esta misión, hay muchas cosas que haríamos en el diseño del producto, en las operaciones y en la cadena de suministro; por ejemplo: trabajaríamos con clientes selectos para definir sus necesidades específicas. También querríamos estar seguros de que el proceso que tenemos es capaz de satisfacer las necesidades de esos clientes y que está bajo control. Nos aseguraríamos de que los trabajadores estuvieran capacitados para proporcionar el producto o el servicio necesario y que los socios de la cadena de suministro pueden satisfacer nuestras especificaciones. El argumento es que un objetivo de calidad conduce a ciertas decisiones en las operaciones encaminadas a proporcionar un producto o servicio que el cliente desee.

Ahora, suponga que hemos decidido perseguir un **objetivo de costos bajos** en lugar de la calidad. En realidad, el objetivo de costos bajos es compatible con el objetivo de la calidad en la forma en la que hemos definido a la calidad: la satisfacción de un conjunto particular de clientes. Tal vez la mejor manera de lograr un costo bajo sea concentrar la atención en las necesidades del cliente (calidad), tanto en el diseño del producto como

en las operaciones, como un modo de eliminar los reprocesamientos, los desperdicios, la inspección y otras modalidades de pasos en las operaciones que no agregan valor. Se ha descubierto que es más barato siempre prevenir errores y equivocaciones que corregirlos después de que ocurren. Los ahorros en costos de este enfoque pueden ser espectaculares; pero un objetivo de costos bajos puede requerir más que sólo un énfasis sobre la calidad. Las inversiones cuantiosas en los sistemas de automatización y de información, asimismo, pueden ser necesarias para reducir los costos. En este caso, algunas de las acciones que se requieren para los costos bajos son las mismas que las que se solicitan para la calidad y algunas son únicas.

Si hubiéramos seleccionado al **tiempo de entrega** como objetivo clave, también querríamos utilizar el mejoramiento de la calidad como una forma de reducir el tiempo desperdiciado en las operaciones. Cuando los reprocesamientos, los desperdicios, la inspección y otros pasos que no agregan valor se eliminan de las operaciones, el tiempo para ordenar, producir y entregar el producto también se aminora; pero concentrarse en el tiempo es distinto que hacerlo en la calidad, aunque los dos conceptos se relacionen. Los productos comunes pasan la mayor parte de su tiempo en las operaciones esperando y haciendo cola para el siguiente paso; el tiempo de espera puede ser hasta de 80 o 90% del tiempo total de producción. La mejor manera de reducirlo, más allá de los esfuerzos de mejoramiento de la calidad, es atacar al tiempo de modo directo disminuyendo los tiempos de cambio del proceso, movilizando los procesos para que queden más cerca unos de otros, uniformando los flujos, simplificando las operaciones complejas y rediseñando el producto o el servicio con miras a una producción rápida. Estas acciones se tomarían además de aquellas que se asocian con un objetivo enfocado en el mejoramiento de la calidad.

Por último, podríamos optar por subrayar la **flexibilidad** en las operaciones. Si reducimos el tiempo, la flexibilidad mejorará automáticamente; por ejemplo: suponga que originalmente se necesitaban 16 semanas para elaborar un producto y que hemos reducido el tiempo de producción a dos semanas. Esto hará posible cambiar el programa al plazo de dos semanas en lugar de uno de 16, haciendo, con ello, las operaciones más flexibles a las modificaciones en los requerimientos del cliente. Por otra parte, la flexibilidad puede atacarse en forma directa mediante la adición de capacidad, la compra de equipos más flexibles o el rediseño del producto para el logro de una alta variedad.

Lo que se deduce a partir de los ejemplos anteriores es que los objetivos de las operaciones están conectados. Si enfatizamos el mejoramiento de la calidad, también obtenemos una reducción de costos, un mejoramiento de tiempo y más flexibilidad. Parece ser que la calidad es el lugar donde debe empezarse, junto con la reducción del tiempo. Los otros objetivos pueden ser atacados directamente tomando acciones únicas para ese objetivo, según sea necesario. Una serie de dichas acciones dará como resultado un mejoramiento continuo de los cuatro objetivos de las operaciones al mismo tiempo.

Zara, un minorista de modas gigantesco europeo, cuenta con la capacidad de conseguir un rápido reabastecimiento de los artículos de ventas rápidas en sus almacenes en unas cuantas semanas en lugar de los meses que requieren sus competidores. Al poner de relieve los procesos de la calidad, los márgenes de capacidad no utilizada y las prácticas de administración de la cadena de suministro, Zara consigue un rápido reabastecimiento de sus almacenes y costos más bajos.

Pero no todo es tan fácil. Algunas veces, los objetivos de las operaciones implican intercompensaciones, en especial al diseñar una fábrica o una serie de instalaciones para un nuevo servicio. Por lo general, el diseño de una mayor calidad en los procesos de transformación costará más dinero cuando se usa la mejor tecnología, y el diseño de la flexibilidad para los cambios futuros también costará más. Ya que los nuevos diseños emplean la mejor tecnología disponible, con frecuencia no es posible evitar todas las intercompensaciones en estos casos. A medida que una instalación de servicios o una fábrica maduran y se desarrollan mejores prácticas, cursos de capacitación y equipos, el mejoramiento simultáneo en los objetivos de las operaciones es, de nuevo, posible por medio de la adopción de las nuevas tecnologías.

2.6 FORMA DE VINCULAR ESTRATEGIAS

Los objetivos no sólo deberían estar vinculados, sino que la totalidad de la estrategia de operaciones debe estar conectada con la estrategia del negocio y con las estrategias de mercadotecnia y de finanzas. La tabla 2.4 ilustra esta conexión mostrando dos estrategias de negocios diametralmente opuestas que pueden seleccionarse y las estrategias funcionales resultantes. Como ya lo hemos expuesto en las cadenas de suministro, existe la estrategia de negocios de **producto imitador** (o de bajo costo), la cual es característica de un mercado maduro y sensible a los precios con un producto estandarizado. En este caso, el objetivo de las operaciones debe resaltar el costo como el objetivo dominante, y las operaciones deben esforzarse por reducir los costos a través de decisiones estratégicas como una tecnología superior de procesos, costos bajos de personal, niveles de inventarios bajos, un alto grado de integración vertical y un mejoramiento de la calidad encaminado al ahorro en costos. Asimismo, mercadotecnia y finanzas seguirían y apoyarían la estrategia de negocios del imitador del producto, como se presenta en la tabla 2.4.

La segunda estrategia de negocios que se muestra en la tabla es la de un **producto innovador** y la de la introducción de un nuevo producto (o liderazgo del producto). Comúnmente, esta estrategia se aplicaría en mercados en surgimiento y, posiblemente, en crecimiento donde se puede obtener una ventaja abasteciendo productos de calidad superior en un plazo corto. El precio no sería la forma dominante de competencia, y se podrían cobrar precios más altos, haciendo, con ello, un énfasis más bajo en los costos. En este caso, las operaciones y la cadena de suministro acentuarían la flexibilidad para introducir nuevos productos superiores rápida y efectivamente como su objetivo. Las decisiones estratégicas de operaciones podrían incluir el uso de equipos para la introducción de nuevos productos, una automatización flexible capaz de adaptarse a ellos, una fuerza laboral con habilidades flexibles y, tal vez, la compra de algunos servicios y materiales básicos del exterior para retener flexibilidad. Los costos no se ponderarían en el mismo grado que en

TABLA 2.4
Alternativas estratégicas

	Estrategia A	Estrategia B
Estrategia de negocios	**Producto imitador**	**Producto innovador**
Condiciones de mercado	Sensible al precio Mercado maduro Alto volumen Estandarización	Producto buscado por sus características Mercado en surgimiento Volumen bajo Productos personalizados
Misión de las operaciones	Énfasis en un costo bajo para los productos maduros	Énfasis en la flexibilidad para introducir nuevos productos
Ventaja competitiva basada en las operaciones	Costo bajo a través de una tecnología superior de proceso y una integración vertical	Introducción rápida y confiable de nuevos productos a través de equipos de productos y una automatización flexible
Decisiones estratégicas de operaciones	Procesos superiores Automatización dedicada Reacción lenta a los cambios Economías de escala Participación de la fuerza laboral	Productos superiores Automatización flexible Reacción rápida a los cambios Economías de alcance Uso de equipos de desarrollo de productos
Estrategias de mercadotecnia	Distribución en masa Ventas repetitivas Maximización de las oportunidades de ventas Fuerza nacional de ventas	Distribución selectiva Desarrollo de nuevos mercados Diseño de productos Ventas hechas a través de agentes
Estrategias financieras	Riesgo bajo Márgenes de utilidad bajos	Riesgos altos Márgenes de utilidad altos

La estrategia corporativa de 3M es la innovación de los productos.

la primera estrategia. Una vez más, finanzas y mercadotecnia también necesitan dar apoyo a la estrategia de negocios para lograr un todo integrado.

Lo que indica la tabla 2.4 es que se requieren tipos drásticamente distintos de operaciones para apoyar las diferentes estrategias de negocios. Además, refleja que la flexibilidad y los productos de calidad superior pueden ser más costosos desde el punto de vista de una estrategia de innovación de productos. No existe algo como una operación genérica que resulte ser mejor en todas las circunstancias. Entonces, cuando se nos pide que evaluemos las operaciones, debemos considerar de inmediato la estrategia de negocios así como la misión y los objetivos de las operaciones.

Por otro lado, la tabla 2.4 señala que todas las funciones deben dar apoyo a la estrategia de negocios para que sea efectiva; por ejemplo, en la estrategia del producto imitador, mercadotecnia debe concentrarse en la distribución en masa, en las ventas repetitivas, en una fuerza nacional de ventas y en la maximización de las oportunidades de ventas. En contraste, en la estrategia de innovación de productos, mercadotecnia debe enfocarse en una distribución selectiva, en el desarrollo de nuevos mercados, en el diseño del producto y, quizás, en las ventas a través de agentes. No es suficiente que las operaciones estén integradas con la estrategia del negocio; todas las funciones deben apoyar la estrategia de negocios y, asimismo, deben apoyarse mutuamente.

Hill (2000) es partidario del enfoque anterior que integra la mercadotecnia y las operaciones y que selecciona claramente una misión particular para las operaciones. Él hace una distinción entre los **ganadores de las órdenes** y los **calificadores de las órdenes**. El ganador de una orden es un objetivo que ganará órdenes de los clientes en un segmento específico que mercadotecnia haya seleccionado como mercado objetivo. En la estrategia del producto imitador, el ganador de la orden es el precio para el cliente; esto implica la necesidad de un costo bajo en las operaciones, en mercadotecnia y en finanzas. Los demás objetivos, en este caso (la flexibilidad, la calidad y la entrega), pueden considerarse como calificadores de las órdenes, puesto que la compañía debe tener niveles aceptables de estos tres objetivos para calificar en términos de la obtención de la orden. Los niveles insuficientes de desempeño en los calificadores de la orden pueden ocasionar la pérdida de dicha orden, pero un desempeño más alto sobre los calificadores no puede, por sí mismo, ganar la orden; sólo la combinación precio/costo ganará la orden en este caso.

En la estrategia de innovación de productos, el ganador de la orden es la flexibilidad para introducir productos superiores de una manera rápida y efectiva ; los calificadores de la orden son el costo, la entrega y la calidad. Observe la manera en la que el ganador de la orden depende de la estrategia particular seleccionada y que todas las funciones deben perseguir niveles de excelencia en relación con la competencia sobre el ganador de la orden logrando, a la vez, niveles aceptables para el cliente en términos de los calificadores de la orden.

¿Quién es el ganador de la orden en Walmart? Es el bajo costo, y todo se enfoca al hecho de mantener los costos a un nivel bajo. No puede decirse lo mismo acerca de Nordstrom, que compite en términos de mercancías de alta calidad y servicios superiores al cliente. Ya que en estas tiendas los ganadores de la orden son diferentes, también lo son las estrategias de operaciones. U.S. Bank compite en términos de un servicio superior como el ganador de la orden; sin embargo, debe ofrecer tasas de interés competitivas sobre los préstamos y los depósitos como un calificador de la orden.

2.7 AMBIENTE Y OPERACIONES SUSTENTABLES

La **sustentabilidad** de las operaciones se ha convertido en una parte crecientemente importante en los objetivos y en la estrategia de las operaciones y de la cadena de suministro; alude a la minimización o eliminación del impacto ambiental de las operaciones. Empieza mediante la observación de la huella ambiental. Las empresas no deben tomar un enfoque fragmentado tal como el minimizar únicamente la huella del carbono a causa del transporte. En lugar de ello, la aportación ecológica de las operaciones y de la cadena de suministro debe iniciar por el examen de las oportunidades para reducir la huella ambiental de la empresa a lo largo de todas las operaciones y las cadenas de suministro en forma global.

Para la orientación ecológica de su cadena de suministro, una organización debe analizar todas las oportunidades, incluyendo el desarrollo de los productos, el abastecimiento, la manufactura, los empaques, la distribución, el transporte, los servicios y la administración del fin de la vida útil. Éste es un esfuerzo interfuncional que involucra no sólo a las operaciones, sino a todas las funciones de la empresa. Ya que el impacto ambiental es una tarea estratégica, debe definirse como parte de la estrategia del negocio.

Una vez que se ha establecido la estrategia, de ordinario es mejor principiar con algunas iniciativas adecuadamente enfocadas a partir de la siguiente lista. Hay otras iniciativas que se tratarán más adelante.

1. Eliminar la contaminación del aire, del agua y de los rellenos sanitarios.
2. Reducir el consumo de energía.
3. Medir y minimizar el transporte y la huella total del carbono.
4. Trabajar con los proveedores para utilizar un empaque reciclable y biodegradable.
5. Incorporar la reutilización del producto, la devolución al fin de la vida y el reciclaje.

El primer paso que toman la mayoría de las compañías es medir su impacto ambiental en cualquiera de estas áreas o en todas ellas. Una vez que se conoce esto, pueden formarse equipos interfuncionales para desarrollar estrategias y planes de acción encaminados al mejoramiento de las medidas. Tales equipos también pueden incluir a los socios de la cadena de suministro para que distribuyan el esfuerzo hacia arriba y hacia abajo de la cadena de suministro, lo cual debe hacerse en concordancia con la estrategia de operaciones y de la cadena de suministro para asegurarse de que se minimicen los impactos ambientales.

En octubre de 2005, el director ejecutivo de Walmart, Lee Scott, comprometió a la organización con tres metas amplias: ser abastecido 100% a través de energía renovable, crear cero desperdicios y vender productos que sostengan los recursos de Walmart y que apoyen al ambiente. Su discurso fue transmitido a 1.6 millones de empleados en 6 000 tiendas de todo el mundo y fue compartido con los proveedores. Esta orientación ecológica de la cadena de suministro era más de lo que Walmart podía hacer por sí misma e incluía a la totalidad de sus 60 000 proveedores.

Un esfuerzo realizado por Walmart en 1989 para utilizar un empaque reciclable y biodegradable terminó en fracaso. Los críticos y los proveedores consideraban que el esfuerzo tenía como propósito generar beneficios para Walmart a expensas de sus proveedores. En 2005, el esfuerzo ambiental fue diferente. Fue lanzado mediante la formación de equipos de representantes de los proveedores, de la administración de Walmart, de los grupos ambientales, del gobierno estadounidense y de profesores universitarios. Los equipos fijaban metas, desarrollaban medidas del impacto ambiental e implantaban programas para dar una orientación ecológica a la cadena de suministro. Los resultados de los dos esfuerzos fueron los siguientes:

- La compra de camiones refrigerados diesel-eléctricos con una unidad de poder capaz de mantener frío el cargamento sin que el motor tuviera que estar operando, ahorrando casi 75 millones de dólares en costos del combustible y eliminando un estimado de 400 000 toneladas de contaminación de CO_2 en un solo año.
- La realización de un compromiso verbal a cinco años para comprar a los agricultores sólo algodón orgánicamente cultivado y para comprar las cosechas alternativas que és-

tos deben cultivar entre los cultivos de algodón. El último año, la compañía se convirtió en el comprador más grande del mundo de algodón orgánico.

La sustentabilidad del ambiente es un objetivo y una estrategia que las empresas y las operaciones pueden lograr con la ayuda de los socios de su cadena de suministro. Dicho propósito no necesita costar más ni reducir las utilidades. En muchos casos, aunque no en todos, a través del rediseño del producto o de los cambios del proceso, los costos pueden reducirse y las utilidades pueden mejorarse.

2.8 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Este capítulo puso de relieve la idea de conseguir una ventaja competitiva por medio de las operaciones con el desarrollo de una estrategia de operaciones y de la cadena de suministro que sea valorada por los clientes del negocio y por el mercado. Los aspectos clave son los siguientes:

- El alcance de la estrategia de operaciones y de la cadena de suministro se ha ampliado a una base global, sobre todo en el caso de las empresas que persiguen una estrategia global de negocios.
- En muchas situaciones, la base de la competencia no es la compañía, sino la totalidad de la cadena de suministro. La estrategia de esta última es una extensión de la de operaciones, la cual considera no sólo a la organización, sino a las estrategias y capacidades de los socios de su cadena de suministro.
- La estrategia de la función de operaciones y de la cadena de suministro asociada deben estar vinculadas con la estrategia del negocio y con otras estrategias funcionales, lo que conduce a un patrón de decisiones consistente, a una capacidad única y a una ventaja competitiva para la empresa.
- La estrategia de las operaciones consiste en la misión, los objetivos, las decisiones estratégicas y la ventaja competitiva. Estos cuatro elementos deben estar estrechamente integrados entre sí y con otras funciones.
- La misión de las operaciones debe estar relacionada con la estrategia del negocio. Las posibles misiones para las operaciones incluyen un costo bajo, una introducción rápida de productos nuevos, una entrega rápida o una mejor calidad.
- Los objetivos de las operaciones son el costo, la calidad, la entrega y la flexibilidad. Éstos pueden trabajar en concordancia si se eliminan de las operaciones las actividades que no agregan valor. Uno de los cuatro objetivos debe ser seleccionado como un ganador de la orden; los demás, son calificadores de la misma.
- Las decisiones estratégicas de operaciones indican la manera en la que se lograrán los objetivos de las operaciones. Deben plantearse decisiones estratégicas para cada una de las principales áreas de decisión (proceso, calidad [sistemas], capacidad e inventarios). Al diseñar operaciones nuevas, se requieren decisiones sobre diversas intercompensaciones en las operaciones.
- La ventaja competitiva basada en las operaciones debe dar apoyo a la misión y diferenciar a las operaciones de sus competidores. Algunas competencias distintivas posibles incluyen la tecnología patentada, la cultura organizacional enmarcada en la empresa y cualquier innovación en las operaciones que no pueda copiarse con facilidad.
- La sustentabilidad del ambiente se ha convertido en un objetivo fundamental y en una estrategia para las operaciones y para la cadena de suministro. Puede conseguirse a través de la formación de equipos interfuncionales con los proveedores y con los intereses ambientales para medir y reducir el impacto ambiental en todas las fases del diseño, manufactura y distribución.
- No existe una estrategia que sea la mejor para todas las operaciones. La misión, los objetivos, las decisiones estratégicas y la ventaja competitiva basada en las operaciones dependen de si el negocio busca las posturas de imitar productos, ser un innovador de productos o alguna otra estrategia.

Términos clave

Estrategia de operaciones
Misión de las operaciones
Objetivos de las operaciones
Ventaja competitiva
Corporación global
Estrategia de la cadena de suministro
Estrategia funcional
Estrategia corporativa
Estrategia de negocios
Fijación de puntos de comparación (Benchmarking)
Decisiones estratégicas
Competencia a través de la calidad
Objetivo de costos bajos
Tiempo de entrega
Flexibilidad
Producto imitador
Producto innovador
Ganadores de la orden
Calificadores de la orden
Sustentabilidad

Usted **decida**

¿Pueden las organizaciones hacer mejoramientos simultáneos en el costo, la calidad, la flexibilidad y la entrega y evitar con ello ciertas intercompensaciones entre estos factores? Por ejemplo, ¿puede una calidad más alta realmente costar menos? En caso de ser así, ¿cómo y cuándo pueden evitarse dichas intercompensaciones?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. Medtronic
   http://www.medtronic.com

Verifique el sitio web de Medtronic en lo referente a la evidencia de una declaración de misión o de visión. ¿Cómo puede la misión relacionarse con la estrategia de las operaciones y las decisiones de operaciones?

2. Walmart Company
   http://www.walmartstores.com

En el sitio web de Walmart, lea acerca de la cultura y de las operaciones internacionales. Vaya a clase, esté preparado para discutir qué es lo que distingue a Walmart de la competencia y cómo enfoca esta organización las operaciones globales.

3. Accenture Consulting
   http://www.accenture.com

¿Cómo ayuda Accenture a las compañías a dominar las operaciones globales que les permitan un alto desempeño?

Preguntas de análisis

1. ¿Cuáles son las razones para formular e implantar una estrategia de operaciones y de la cadena de suministro?
2. Describa una posible misión para las operaciones y para su cadena de suministro junto con algunas estrategias asociadas que se ajusten a las siguientes situaciones de negocios:
   a) Servicio de ambulancias.
   b) Producción de baterías para automóviles híbridos.
   c) Elaboración de productos electrónicos que tengan un ciclo de vida corto.
3. Se escuchó que un administrador de operaciones se quejaba de lo siguiente: *El jefe nunca me escucha, todo lo que espera de mí es que no haga "olas". Rara vez se me proporciona algún capital para el mejoramiento de las operaciones*.
   a) ¿Tiene este negocio una estrategia de operaciones?
   b) ¿Qué debería hacerse acerca de esta situación?
4. Defina los siguientes términos con sus propias palabras: misión de operaciones, ganador de la orden, calificadores de la orden y ventaja competitiva.
5. ¿Cómo determinaría usted si una compañía tiene una estrategia para las operaciones y para la cadena de suministro? ¿Qué preguntas específicas formularía y qué información recopilaría?
6. Evalúe su hospital local y a su cadena de suministro en términos del énfasis que dan a los cuatro objetivos de las operaciones: costo, calidad, entrega y flexibilidad. ¿Están todos los departamentos enfocados hacia los mismos objetivos? ¿Cuáles son los ganadores de la orden y cuáles los calificadores de la orden?

7. Defina algunas de las decisiones estratégicas que podrían requerirse en la operación de una tienda de abarrotes y en su cadena de suministro dependiendo de si la estrategia estuviera encaminada a resaltar la imitación o la innovación.
8. ¿Qué tipos de factores externos podrían afectar a los siguientes tipos de operaciones?
   a) Aerolíneas.
   b) Bancos.
   c) Manufactura de semiconductores.
9. Con ayuda de periódicos, revistas o internet, encuentre ejemplos de estrategias de operaciones y de cadenas de suministro. Escriba algunos párrafos en donde se describa la situación y las estrategias que se siguen.
10. Halle un ejemplo de una operación en su comunidad local que haya tenido éxito simultáneamente en el mejoramiento de la calidad, la reducción del tiempo de producción, el mejoramiento de las entregas puntuales y la reducción de los costos. ¿Cómo fue esta operación capaz de lograr tales resultados aparentemente en conflicto?
11. Piense en una operación en que una calidad más alta costará más dinero. ¿Cuál es su definición de la calidad en este caso? ¿Por qué cuesta más una calidad más alta? Si usted usa una definición distinta de calidad, ¿costará menos una calidad más alta?
12. ¿Cuál es la ventaja competitiva de las siguientes compañías? Si no conoce alguna, vea si puede determinarla a partir del sitio de internet de la empresa o de artículos escritos sobre ella.
    a) Starbucks Coffee Company.
    b) Hewlett Packard.
    c) Burger King.
13. Explique la manera en la que una ventaja competitiva basada en las operaciones puede ser la base para la competencia en la compañía.
14. Proporcione dos ejemplos de una ventaja competitiva que pueda sostenerse y que no pueda duplicarse con facilidad. Explique por qué es difícil copiar esas competencias distintivas.
15. Aporte ejemplos de un negocio global con el cual usted esté familiarizado. ¿Cómo afectó la globalización de esta organización a las operaciones y a su cadena de suministro?
16. ¿Cuáles son las consecuencias prácticas de una falta de conexión estratégica entre el negocio y la función de operaciones?
17. Mencione tres ejemplos de cadenas de suministro que compitan entre sí. En cada caso, determine la base de la competencia entre las cadenas de suministro (por ejemplo: producto imitativo o producto innovador).
18. Defina la ventaja competitiva para dos diferentes cadenas de suministro de su elección. Explique por qué la ventaja competitiva es valiosa, por qué es difícil de imitar y por qué resulta complicado que los competidores encuentren un sustituto.

Bibliografía

Ahmad, Sohel y Roger G. Schroeder. "Dimensions of Competitive Priorities: Are They Clear, Communicated and Consistent?" *Journal of Applied Business Research* 18, núm. 1 (2002), pp. 77-86.

Bitran, Gabriel y Donald Rosenfield. "Developing a Leading Edge Operations Strategy". *Sloan Management Review*, 48 (primavera de 2007), pp. 16-17.

Clark, Kim B. "Competing through Manufacturing and the New Manufacturing Paradigm: Is Manufacturing Strategy Passé?" *Production and Operations Management* 5, núm. 1 (primavera de 1996), pp. 42-58.

Cohen, S. y J. Roussel. *Strategic Supply Chain Management*. Nueva York: McGraw-Hill, 2005.

Dyer, Davis y Daniel Gross. *The Generations of Corning: The Life and Times of a Global Corporation*. Oxford: Oxford University Press, 2001.

Edwards, Tim, Giuliana Battisti y Andy Neely. "Value Creation and the UK Economy: A Review of Strategic Options". *International Journal of Management Reviews* 5/6, núms. 3/4 (septiembre de 2004), pp. 191-214.

Ferdows, K. y A. DeMeyer. "Lasting Improvement in Manufacturing Performance: In Search of a New Theory". *Journal of Operations Management* 9, núm. 2 (1990), pp. 168-184.

Fisher, M., "What Is the Right Supply Chain for Your Product?" *Harvard Business Review* (marzo-abril de 1997), pp. 105-116.

Hayes, Robert H., Gary P. Pisano, David Upton y Steven C. Wheelwright. *Operations, Strategy, and Technology: Pursuing the Competitive Edge*. Nueva York: Wiley, 2005.

Hill, Terry. *Manufacturing Strategy: Text and Cases*, 3a. ed. Nueva York: McGraw Hill, 2000.

Ketokivi, Mikko y Roger G. Schroeder. "Manufacturing Practices, Strategic Fit and Performance: A Routine-Based View". *International Journal of Operations & Production Management* 24, núm. 2 (2004), pp. 171-190.

Lee, Hau. "Aligning Supply Chain Practices with Product Uncertainties". *California Management Review* 44, núm. 3 (primavera de 2002), pp. 105-119.

McDougall, Paul y Darrell Dunn. "Fixing HP with Strong Operations Strategy". *Information Week* 1026 (14 de febrero de 2005), pp. 24-26.

Pagell, Mark. "Do Trade-Offs Exist in Operations Strategy? Insights from the Stamping Die Industry". *Business Horizons* 43, núm. 3 (mayo-junio de 2000), p. 59.

Porter, Michael E. *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. Nueva York: Free Press, 1980.

Pressman, Aaron. "The Busiest Broker on Earth". *BusinessWeek*, 18 de abril de 2005, pp. 84-86.

Schroeder, Roger G. y Barbara Flynn (eds.). *High Performance Manufacturing: A Global Perspective*. Nueva York: Wiley, 2001.

Schroeder, Roger G., Kimberly A. Bates y Mikko A. Junttila. "A Resource-Based View of Manufacturing Strategy and the Relationship to Manufacturing Performance". *Strategic Management Journal* 23, núm. 2 (2002), pp. 105-117.

Skinner, Wickham. "Manufacturing-Missing Link in Corporate Strategy". *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1969, pp. 136-45.

Slone, Reuben, John Mentzer y Paul Dittmann. "Are You the Weakest Link in Your Company's Supply Chain?" *Harvard Business Review* 85, núm. 9 (septiembre de 2007), pp. 116-127.

Ulrich, Dave y Norm Smallwood. "Capitalizing on Capabilities". *Harvard Business Review*, junio de 2004, pp. 119-127.

Capítulo **3**

Diseño del producto

Presentación del capítulo

3.1 Estrategias para la introducción de nuevos productos

3.2 Proceso de desarrollo de nuevos productos

3.3 Diseño interfuncional de productos

3.4 Colaboración de la cadena de suministro

3.5 Implantación de la función de calidad

3.6 Análisis del valor

3.7 Diseño modular

3.8 Aspectos y términos clave

Usted decida

Ejercicios por internet

Preguntas de análisis

Bibliografía

El desarrollo de nuevos productos constituye una parte esencial para los negocios, ya que éstos proporcionan oportunidades de crecimiento y una ventaja competitiva para una empresa. De manera creciente, existe un desafío para introducir nuevos productos con más rapidez sin sacrificar la calidad; por ejemplo, los productores mundiales de automóviles pueden introducir ahora el diseño de un nuevo vehículo en dos años, en tanto que eso solía requerir cuatro. Las computadoras personales tienen un ciclo de vida muy corto, algunas veces menor a un año.

El diseño de nuevos productos afecta mucho las operaciones, puesto que especifica los productos que se elaborarán; es un prerrequisito para que ocurra la producción; al mismo tiempo, los procesos y artículos existentes pueden restringir la tecnología disponible para la nueva mercancía. Así, los nuevos productos se deben definir no sólo teniendo en mente al mercado, sino al proceso de producción que se usará para elaborarlos.

El diseño del producto se refiere a un producto físico manufacturado o a un servicio. En este capítulo, subrayaremos el desarrollo del producto en términos de productos manufacturados; en el capítulo 5 ampliamos la exposición a productos que son servicios.

Las decisiones de productos afectan cada una de las cuatro áreas de toma de decisiones operativas; por lo tanto, las decisiones de productos deben estar estrechamente coordinadas con las operaciones para asegurar que éstas se integren con el desarrollo del producto. A través de una cooperación cercana entre operaciones, mercadotecnia y otras funciones, puede integrarse el diseño del producto con las decisiones relacionadas con el proceso, la calidad, la capacidad y el inventario. Dejar de coordinar el diseño del producto y las operaciones puede tener resultados desastrosos; por ejemplo, un análisis realizado por Nissan Motor Company indicó que se usaban 6 000 cinturones de seguridad distintos en la producción de sus automóviles. Nissan se ha fijado como meta reducir esa cantidad a la mitad y, posteriormente, otro 50% hasta alcanzar un punto económico.

Liderazgo operativo El proceso de desarrollo del producto de Ford

El proceso de desarrollo del producto es la manera en la que la visión de Ford se vuelve realidad, y la forma en la que las necesidades sociales se alinean y se adecuan a través de un diseño y una ingeniería innovadoras.

Un automóvil es el producto más complejo que la mayoría de las personas llegan a poseer. Un auto común, para una familia mediana, está integrado por más de 20 000 partes individuales que incluyen 600 subsistemas o componentes principales. En un vehículo común, se usan por lo menos 73 materiales diferentes, incluyendo 24 distintos tipos de plásticos.

El proceso para el diseño y la producción de un vehículo moderno es, asimismo, complejo. Empieza con insumos de información de tres fuentes principales:

- La estrategia y las metas de Ford en cuanto al desempeño y al liderazgo.
- La investigación de mercado.
- Los enfoques técnicos de investigación y desarrollo para una variedad de retos ambientales, de seguridad y de desempeño.

Para el logro de sus metas, Ford invierte casi 7 000 millones de dólares anuales en investigación y desarrollo. El proceso de desarrollo del producto, en sí mismo, está cambiando de modo significativo. El comercio electrónico revolucionará el ordenamiento, el abastecimiento y los procesos de manufactura. A principios del año 2000, Ford anunció una asociación con General Motors y DaimlerChrysler la cual creó un solo ámbito de mercado electrónico para las tres compañías —un intercambio integrado de proveedores de negocio a negocio a través de un solo portal de tipo global—. Dicho proyecto creó el ámbito de mercado virtual más grande del mundo.

Fuente: Página web de Ford: www.ford.com, 2002.

El diseño del producto se desprende del desarrollo de una estrategia de negocios que incluirá una proposición de valor que defina el mercado meta, la diferenciación del producto y la razón por la cual el cliente debería comprar dicho producto. Éste es el punto de partida para el diseño de un nuevo producto. Tales diseños de nuevos productos reflejan la estrategia del negocio que debe ajustarse para adaptarse a los diseños de nuevos productos. Vea el cuadro de Liderazgo operativo acerca de Ford Motor Company donde se expone la relación entre la estrategia y el desarrollo de nuevos productos.

3.1 ESTRATEGIAS PARA LA INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS

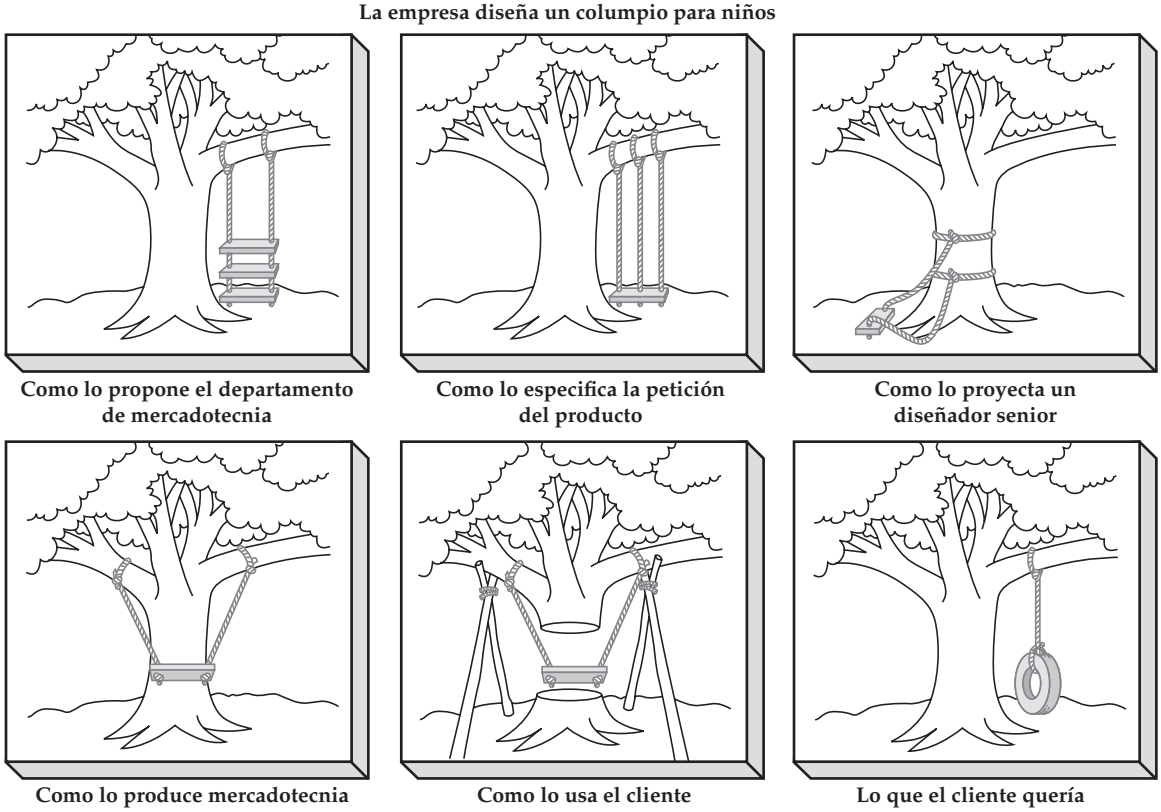
Existen tres formas muy distintas de introducir nuevos productos; estos enfoques se denominan: basado en el mercado, impulso de la tecnología e interfuncional.

Basado en el mercado. De acuerdo con esta perspectiva, el mercado es la base principal para determinar los productos que debería elaborar una empresa, con poca consideración de la tecnología existente. Una organización debe producir lo que puede vender. Se establecen las necesidades de los clientes y, posteriormente, la compañía organiza los recursos y los procesos que se requieren para abastecer al cliente. El mercado "jala" los productos que habrán de elaborarse.

Impulso de la tecnología. En esta perspectiva, la tecnología es el componente fundamental de los productos que la empresa debería elaborar, con poca consideración del mercado. La organización debe perseguir una ventaja basada en la tecnología por medio del desarrollo de tecnologías y productos superiores. De este modo, los productos son "impulsados" hacia el mercado, y el trabajo de mercadotecnia es crear una demanda para esos productos superiores. Ya que los productos poseen una tecnología superior, tendrán una ventaja natural en el mercado y los clientes querrán comprarlos.

Perspectiva interfuncional. Esta perspectiva sostiene que el producto no sólo debe ajustarse a las necesidades del mercado, sino que, además, debe tener una ventaja técnica. Para lograrlo, todas las funciones (por ejemplo, mercadotecnia, ingeniería, operaciones y finanzas) deben cooperar en el diseño de los nuevos productos que requiere la

FIGURA 3.1 Falta de cooperación en el diseño de un columpio.



empresa. Con frecuencia, ello se hace a través de la formación de equipos interfuncionales que sean responsables del desarrollo de un nuevo producto; ésta es la más atractiva de las tres perspectivas, pero también la más difícil de implantar. A menudo, la rivalidad y las fricciones a un nivel interfuncional deben superarse para conseguir el grado de cooperación indispensable para que un desarrollo interfuncional de productos tenga éxito. Si verdaderamente puede implantarse, generalmente, el enfoque interfuncional producirá los mejores resultados lo cual es un aspecto que enfatizamos en la parte restante de este capítulo. La falta de cooperación interfuncional se ilustra en la figura 3.1.

3.2 PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

La mayoría de las empresas tienen un proceso organizado de desarrollo de nuevos productos (NPD, *new-product development*) que sigue fases específicas o pasos prescritos. Estas fases pueden definirse formalmente en los documentos de la compañía y requieren de firmas de aprobación por parte de la alta dirección entre las fases. El propósito de tal proceso es obtener el control del desarrollo de productos y asegurar que el equipo NPD trate todos los aspectos de importancia. La certificación ISO 9000 demanda que se establezca un proceso NPD definido por escrito y que sea seguido por la compañía en el desarrollo de sus productos.[1]

[1] ISO significa "International Organization for Standarization", la Organización Internacional de Estándares. ISO 9000 es a su vez un estándar que se aplica al desarrollo de nuevos productos y a la producción para asegurarse de que se diseñen y se manufacturen productos de calidad. El estándar ISO 9000 requiere que la compañía defina y use un manual de procedimientos para el desarrollo de nuevos productos. Para mayores informes acerca del ISO 9000, consulte el capítulo 8.

Las fases características que siguen las organizaciones en el desarrollo de nuevos productos son el desarrollo del concepto, el diseño del producto y la producción/prueba piloto. Los nombres de estas fases y el número de las mismas pueden variar de una compañía a otra, pero existe una gran cantidad de similitudes entre los distintos enfoques que se utilizan.

Desarrollo del concepto

Esta fase se relaciona con la generación de la idea y la evaluación de opciones alternativas para un nuevo artículo. Durante esta fase, de ordinario, se generan y se evalúan varios conceptos de productos. El producto físico aún no se diseña; en lugar de ello, se consideran diferentes enfoques para definir y para satisfacer la necesidad de mercado y la compañía selecciona el mejor. Cuando General Mills diseña un nuevo cereal, debe iniciar con el desarrollo del concepto. ¿Utilizará el nuevo cereal trigo, avena, maíz, salvado, o una combinación de éstos? ¿Cuál presentación será atractiva para el mercado (hojuelas, panecillos, aros)?, ¿se le añadirá azúcar y vitaminas al nuevo cereal?

Entre los varios diseños conceptuales que se hayan considerado y evaluado, uno de ellos se seleccionará para la siguiente fase de desarrollo de productos. Por lo general, la decisión de proceder a la fase de diseño del producto requiere de la aprobación de la alta dirección. En ese momento, se establece un equipo interfuncional, si no es que ya exista uno, para diseñar los nuevos productos.

Diseño del producto

Esta fase se relaciona con el diseño físico del nuevo producto. Al inicio, la empresa tiene una idea general de cuál será el nuevo producto, aunque no los detalles específicos. Al final de la fase de diseño del producto, la compañía posee un conjunto de especificaciones del producto y de los planos de ingeniería (o imágenes de computadora) explicados con suficiente detalle, lo cual hace posible que puedan construirse y probarse prototipos de producción.

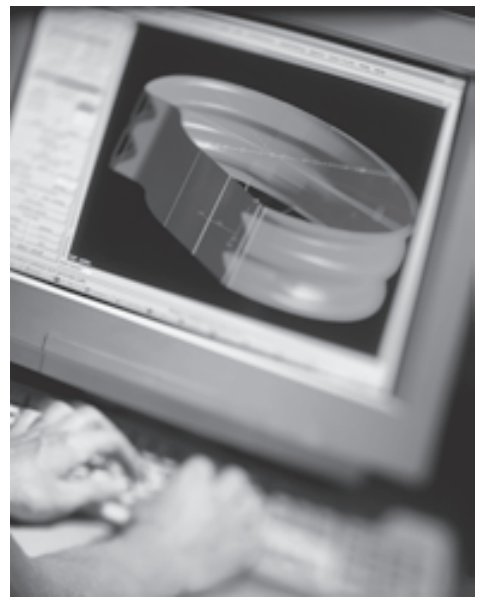
El diseño del producto requiere la consideración de un gran número de negociaciones y evaluaciones entre el costo del producto, la calidad (características) y el programa. Los ingenieros serán asignados a trabajar sobre las diversas partes del proyecto y, a medida que lo hagan, tomarán decisiones que, en última instancia, afectarán el costo del producto, su calidad (características) y su programa para la introducción. Es fácil entender por qué las áreas de mercadotecnia, de operaciones y de finanzas/contabilidad también deben estar involucradas con la ingeniería durante esta fase, de tal modo que puedan hacerse las concesiones apropiadas entre ventajas y desventajas para el mayor beneficio de toda la empresa.

Es probable que el área de ingeniería emplee un programa de cómputo para diseñar el producto y para simular su operación antes de que se elabore. Ello ayudará a asegurarse de que el producto funcione cuando se haya producido. Por lo regular, se utilizan prototipos virtuales, los cuales se diseñan y se prueban dentro de una computadora con el fin de acelerar y simplificar las tareas del diseño de ingeniería. Asimismo, se aplican sistemas de diseño asistido por computadora (CAD)(*Computer-aided design*) para visualizar el producto en una pantalla de computadora y, en algunos casos, para eliminar la necesidad de planos, borradores o bocetos. Al final de esta fase, las imágenes y las bases de datos computarizadas se transmiten a producción como una base para la producción piloto. En el ejemplo anterior de cereales, la fase del diseño del producto especificará la receta exacta para elaborar el cereal, incluyendo las cantidades de todos los ingredientes y los métodos para la elaboración del mismo (métodos de mezclado, temperatura para el horneado, etcétera).

El **diseño del proceso** debe ocurrir de manera simultánea al del diseño del producto. Manufactura no debe esperar hasta que se concrete el diseño final antes de que empiece el diseño del proceso. Como regla, es mejor si el diseño del proceso se efectúa en paralelo con el del producto, de tal forma que puedan hacerse cambios en éste que faciliten el proceso de producción antes de aprobar el diseño del producto. También, es recomendable que los diseñadores del producto cuenten con alguna experiencia de manufactura para que estén enterados de las alternativas de proceso disponibles y de las dificultades de los diseños que pueden conducir a procesos de producción deficientes. La figura 3.2 muestra la mane-

ra en la que el diseño del proceso debe proceder en paralelo con el diseño del producto.

Asimismo, los servicios requieren de un diseño del producto y del proceso; sin embargo, en el contexto de los servicios, el producto puede ser, de hecho, el proceso. Por ejemplo, se lanzó al mercado una nueva tarjeta de débito que proporciona una cierta cantidad de minutos de larga distancia gratuitos por cada uso de la tarjeta que incluya compras de 10 o más dólares. Esta tarjeta, la cual se lanzó por TCF Financial Corporation, requirió un cambio de proceso para darle seguimiento a los créditos telefónicos para el cliente y asignarle esos créditos a su cuenta telefónica. En este caso, el producto fue relativamente fácil de diseñar, pero el cambio del proceso fue más complejo.



Éste es un sistema CAD que se emplea para el diseño de un producto.

Experimentación/producción piloto

Los proyectos complejos requieren una experimentación de los **prototipos de producción** antes de que se elaboren; por ejemplo: en el diseño de una nueva computadora portátil, varias unidades se construyen como prototipos y se prueba su capacidad para satisfacer las especificaciones del producto. Esto puede incluir pruebas de los componentes físicos de la computadora así como del *software* y pruebas de confiabilidad del tiempo de vida de la computadora. Se realizan ensayos de producción y de experimentación similares en el caso de los aviones, automóviles, cereales y muchos otros productos nuevos. En algunos casos, el producto preliminar se fabrica en un volumen suficiente para ser comercializado en calidad de prueba. La elaboración de pruebas piloto del diseño del cereal que se describió anteriormente requiere de la producción de muestras y empaques del cereal con propósito de pruebas para el consumidor (prototipos). Se integrará un panel de consumidores para probar el cereal y decidir si les gusta o no. Además, puede usarse un mercado de prueba en una ciudad para probar el cereal en una escala más grande antes de que se lance la producción a escala total.

Durante esta fase, se finaliza el proceso de producción. Ya que el diseño del producto se aproxima a su conclusión, el proceso puede diseñarse con grandes detalles y puede probarse su capacidad para elaborar el artículo diseñado. Deben tomarse en cuenta las modificaciones del proceso y del producto para que el primero se optimice antes de iniciar la producción a escala total y el lanzamiento al mercado. Para facilitar la producción a escala total, debe integrarse un **paquete de información** que no sólo contenga las especificaciones del producto, sino las del diseño del proceso, los procedimientos de capacitación para los operadores y los resultados de las pruebas; ello facilitará la transición desde el diseño hasta la producción.

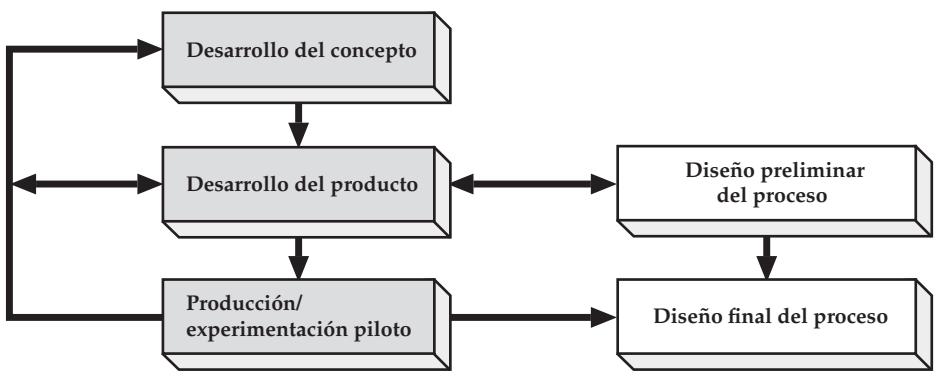


FIGURA 3.2
Proceso del diseño de nuevos productos.

3.3 DISEÑO INTERFUNCIONAL DE PRODUCTOS

Con frecuencia, el proceso de desarrollo de nuevos productos adolece de **problemas de alineación**. Independientemente de qué tan excelente sea la planeación anticipada o la tecnología, la falta de alineación entre el diseño del producto y las operaciones puede presentarse. La falta de alineación puede ocurrir en la tecnología, la infraestructura y los sistemas de remuneración (Leonard-Barton, 1998).

La falta de alineación de la tecnología se presenta cuando un producto diseñado por ingeniería no puede ser hecho por el área de operaciones. Ello sucede cuando las tecnologías son nuevas o cuando no han sido probadas o no han sido bien entendidas. El área de operaciones puede tener una estructura que esté mal alineada con el nuevo producto en términos de habilidades de la mano de obra, sistemas de control, aseguramiento de la calidad y organización. Finalmente, los sistemas de remuneración pueden reforzar el uso de la tecnología actual en lugar de los nuevos procesos necesarios.

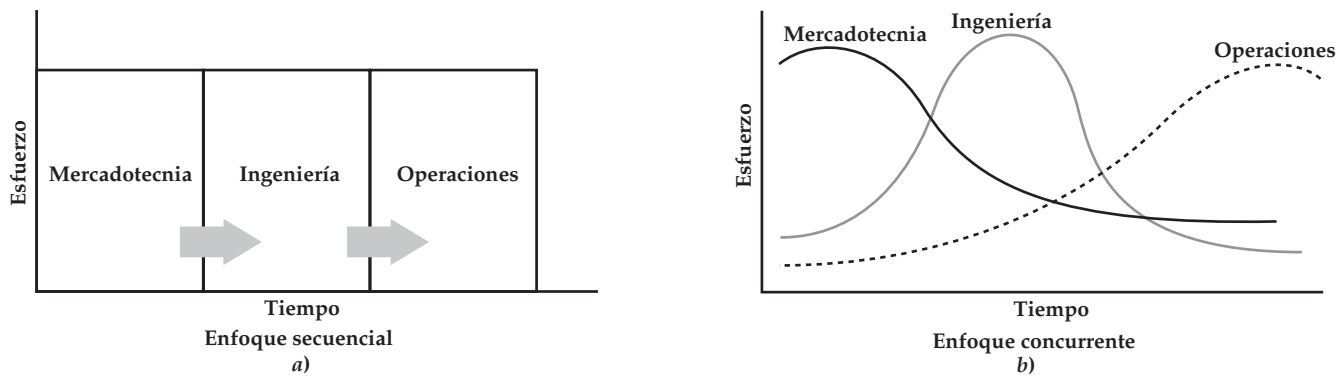
Trabajo en equipo. Los equipos de diseño de producto abarcan todas las funciones en el proceso simultáneo de diseño de productos.

Para superar tales problemas en el desarrollo de la tecnología, se ha sugerido un enfoque concurrente de mercadotecnia, ingeniería y producción. El enfoque tradicional procede en etapas o pasos, como se muestra en el inciso *a*) de la figura 3.3. Se ha supuesto que la tecnología será transferida en etapas, como una transferencia, entre mercadotecnia, ingeniería y operaciones. Éste es un **proceso secuencial,** en donde cada función completa su trabajo antes de que comience el siguiente.

La figura 3.3*b*) ilustra un proceso de desarrollo simultáneo, denominado también **ingeniería concurrente**. Todas las funciones están involucradas desde el principio, frecuentemente mediante la formación de un equipo de desarrollo de nuevos productos, tan pronto como se inicie el desarrollo del concepto. En la primera etapa, mercadotecnia tiene el esfuerzo mayor, pero otras funciones también desempeñan un papel. Durante la fase de diseño del producto, mercadotecnia reduce su esfuerzo, pero no por completo, mientras que ingeniería posee el papel principal. Por último, el área de operaciones toma la delantera a medida que el nuevo producto es probado y lanzado al mercado.

El enfoque tradicional es más parecido a una carrera de relevos, pero el enfoque concurrente es como un juego de *rugby*. En una carrera de relevos, cada corredor recoge la estafeta de relevo para una porción de la carrera. En el futbol, todo el equipo corre conjuntamente por el campo, empujando y arremetiendo en grupo, para adelantar la pelota hacia la meta.

FIGURA 3.3 Enfoque secuencial y enfoque concurrente.



En el National Center for Disease Control Institute for Occupational Safety and Health, se utilizaron técnicas concurrentes de ingeniería. El equipo concurrente de desarrollo de productos revolucionó el proceso de certificación nacional para los inhaladores industriales que se usaban para proteger a los trabajadores en ambientes peligrosos. El equipo interfuncional aseguró que las transferencias entre las funciones ocurrían en forma rápida y fluida. Como resultado, el equipo mejoró los procedimientos para acelerar la certificación y para asegurar inhaladores de mejor calidad, incrementando, con ello, la seguridad de los trabajadores.

La ingeniería concurrente tiene varios beneficios. De acuerdo con un estudio reciente, el tiempo del proyecto de diseño ha disminuido 30% y el rediseño del producto se ha reducido a la mitad. Un administrador de ingeniería del producto de una compañía de tamaño mediano de equipos de distribución de aire ha dicho: "La ingeniería concurrente nos ha capacitado para hacer más en menos tiempo con recursos limitados".[2]

3.4 COLABORACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Del mismo modo que la colaboración interna es importante, también lo es la colaboración externa con los proveedores y los clientes de la cadena de suministro. Aunque, por lo regular, en el desarrollo de nuevos productos se establecen relaciones con clientes y proveedores, la colaboración es algo distinto, ya que requiere de una participación real en el proceso de diseño.

La **colaboración** con los clientes se refiere a la utilización de sus conocimientos y de su pericia para diseñar productos que ellos estén dispuestos a comprar; ésta puede asumir muchas formas distintas, incluyendo las siguientes:

- Plantear a los clientes las preguntas correctas. ¿Qué podemos hacer para ayudarlo a hacer su vida más fácil o más productiva?
- La alineación de incentivos para que los clientes compartan sus conocimientos con el equipo de diseño. Los incentivos podrían incluir mercancías, gratificaciones monetarias y un primer acceso a nuevos diseños.
- La creación de una plataforma tecnológica participativa para compartir información. Esto puede asumir muchas modalidades, incluyendo redes de computadoras o programas de cómputo que hagan posible la colaboración; por ejemplo, National Semiconductor creó un *software* que le permite a los clientes diseñar circuitos mediante el uso de los productos de National Semiconductor.
- La inclusión de clientes como consejeros del equipo de diseño.

Para colaborar con los clientes, P&G (*Procter & Gamble*) generó el programa denominado P&G Advisor; éste permite a los consumidores contribuir al desarrollo del producto probando nuevos artículos y aportando una rápida realimentación sobre los diseños.

Aunque la colaboración con los clientes proporciona beneficios, implica un cambio de actitud que va desde el control del diseño hasta el trabajo en asociación con ellos, lo cual requiere una disposición mental distinta; por ejemplo, los diseñadores no les pueden simplemente preguntar a los clientes qué es lo que quieren o necesitan, ya que éstos no siempre lo saben. Un enfoque más sofisticado estriba en observar a los consumidores que utilizan los productos actuales para detectar limitaciones o preguntarles qué es lo que hacen para alcanzar los resultados que buscan. Por otro lado, los miembros del equipo de diseño deben preguntarse a sí mismos qué hacen los clientes que ellos pueden hacer mejor; cuando ellos trabajan con los consumidores de un modo participativo, los diseños de nuevos productos mejoran.

El segundo aspecto de la colaboración de la cadena de suministro radica en trabajar con los proveedores. Ya que, con frecuencia, los materiales comprados implican más de 50% del costo de los bienes vendidos, los proveedores deben colaborar para diseñar el pro-

[2] Página web www.scpdnet.org.

Liderazgo operativo Los proveedores diseñan baterías para automóviles híbridos

Se consideraron 27 productores de baterías antes de que General Motors concediera el desarrollo a dos proveedores de baterías: Continental Automotive de Alemania, la cual obtiene sus baterías A123 de Watertown, Massachusetts, y Compact Power, una unidad de Michigan de un productor de baterías coreano. Estos dos proveedores están desarrollando las baterías en colaboración con General Motors, que a su vez prueban los prototipos. Los ingenieros de General Motors simulan las condiciones de la vida real obteniendo de ellas, de manera repetitiva, energía y haciendo pruebas de resistencia de las baterías con vibraciones, cambios de temperatura y condiciones extremas.

Sólo el tiempo dirá si las nuevas baterías satisfarán las especificaciones de diseño para el Chevy Volt, un automóvil híbrido que ha sido diseñado para recorrer 40 millas (64 kilómetros) con una sola carga.

Toyota y sus proveedores están desarrollando tecnologías alternativas de baterías. Toyota, el líder de automóviles híbridos, está asumiendo un enfoque más conservador y está usando un tipo distinto de baterías de iones de litio. Qué tecnología sea la mejor es un aspecto que será definido no sólo por los productores de vehículos, sino por sus proveedores y, en última instancia, por el cliente.

Fuente: Adaptado de Joann Muller y Andy Stone, "Jump Start", *Forbes*, 7 de abril de 2008, pp. 68-70.

ducto. Esto es fundamental cuando el producto involucra nuevas tecnologías en las que la compañía es inexperta.

Puede solicitarse a los proveedores que se unan al equipo de desarrollo de nuevos productos o que proporcionen insumos en puntos fundamentales del proceso del diseño. Su papel es ofrecer mejoramientos en el diseño o enfoques alternativos que potencien su habilidad. Cuando se considera que un proveedor es un colaborador potencial, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- *Conocimientos técnicos*: ¿el proveedor tiene conocimientos técnicos que la compañía no posee?
- *Potencial*: ¿el proveedor puede alcanzar metas en cuanto a costo, calidad y desempeño del producto?
- *Capacidad*: ¿el proveedor puede cumplir con el programa de desarrollo de productos y el comienzo de la producción?
- *Riesgo bajo*: ¿cuál es el riesgo de que el proveedor no tenga un desempeño como el que se esperaba?

Ciertos estudios han demostrado que, a través de la colaboración del proveedor, el desempeño general mejora de 10 a 20% en costos, tiempo, calidad y desempeño del producto. Pero, ¿debería tomarse en cuenta a todos los proveedores para propósitos de colaboración? No, es mejor incluir sólo a aquellos que sean críticos para el diseño y que tengan algo que ofrecerle al proceso. Un ejemplo de un apoyo de un proveedor destacado es el diseño de la batería para los nuevos automóviles híbridos, como se expone en el cuadro de Liderazgo operativo. Cuando existe colaboración con los proveedores y clientes importantes de la cadena de suministro, el proceso del diseño mejora mucho.

3.5 IMPLANTACIÓN DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD

El proceso de desarrollo de nuevos productos se ve apoyado por muchas herramientas y técnicas distintas, algunas de las cuales se cubren en la parte restante de este capítulo.

La **implantación de la función de calidad** (QFD, *quality function deployment*) es una herramienta para vincular los requisitos del cliente como éstos son definidos por él mismo con las especificaciones técnicas. La implantación de la función de la calidad es de gran utilidad para traducir el lenguaje ordinario que se obtiene de los consumidores en requisitos técnicos que entiendan los ingenieros. Asimismo, facilita la cooperación interfuncional entre mercadotecnia, ingeniería y manufactura.

La implantación de la función de la calidad se utilizó por primera vez en 1972 en el astillero Mitsubishi en Japón. De ahí se esparció a Toyota y a ciertas compañías estadounidenses. En la actualidad, muchas compañías en el mundo están usando la implantación de la función de la calidad en industrias como automóviles, electrónica, aparatos para el hogar y servicios. Se ha descubierto que la implantación de la función de la calidad es de mucha utilidad como una herramienta para comunicaciones y ayuda a garantizar que todos los requisitos de los clientes se estén considerando y que no se haya olvidado nada.

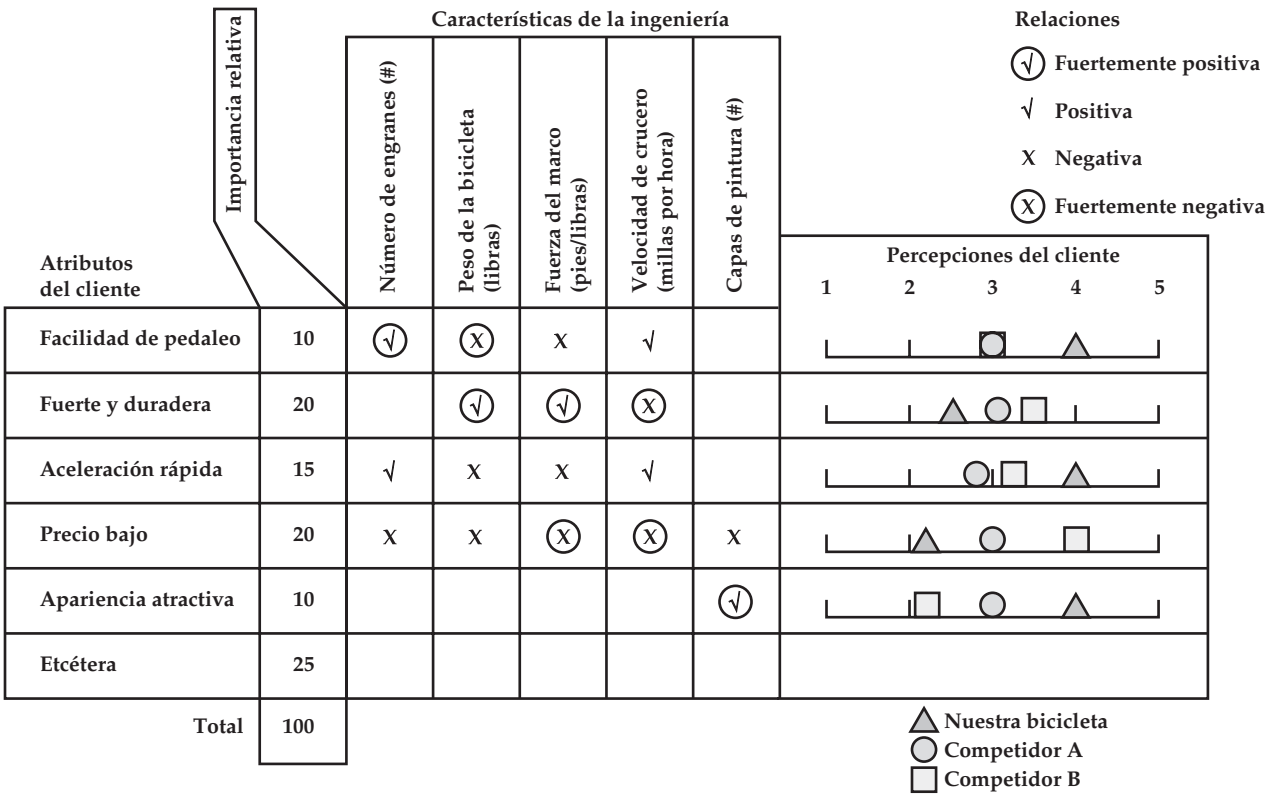
Cuando la implantación de la función de la calidad se emplea, la empresa identifica diversos atributos de los clientes. Cada uno de dichos atributos puede satisfacerse por medio de una o más características de ingeniería del producto. Mediante la utilización de la matriz que se muestra en la figura 3.4, los atributos del cliente en el lado izquierdo pueden relacionarse con las características de ingeniería de la parte superior. Cuando esta matriz, primeramente popularizada por Hauser and Clausing (1988), se completa, se le denomina la **casa de la calidad**.

La casa de la calidad que se ilustra en la figura 3.4 será explicada con cierto detalle usando como ejemplo una bicicleta. Lo resolveremos procediendo un paso a la vez y empezando con los atributos del cliente.

Atributos del cliente

Los atributos del cliente (CAs, *customer atributes*) que aparecen en el lado izquierdo de la matriz de la figura 3.4 representan la voz del cliente. Dichos atributos se determinan a través de una investigación de mercado en conjunción con los clientes potenciales de

FIGURA 3.4 Matriz de relación.



Su bicicleta puede diseñarse usando la QFD.

la bicicleta para definir los atributos principales del producto. Por consiguiente, debe establecerse un mercado meta de modo que puedan contactarse los tipos de clientes apropiados. Suponga, en este caso, que la bicicleta se diseña para un mercado muy específico: los estudiantes universitarios la utilizan en un campus. Éstos deberán ser entrevistados o interrogados para determinar lo que consideran como características o peculiaridades importantes de una bicicleta. Asumamos que a los estudiantes les gustaría una bicicleta que sea fácil de pedalear, fuerte y duradera, que tenga una rápida aceleración, con un precio bajo y que posea una apariencia atractiva. Observe que tales atributos del cliente no son muy específicos en este momento y necesitan una mayor definición por parte del proceso de la implantación de la función de la calidad.

En este momento, añadiremos algunas cosas más a la casa de la calidad. Después de que se han enlistado los atributos del cliente en el lado izquierdo de la matriz, son evaluados por ellos mismos en cuanto a su importancia relativa hasta sumar 100 puntos. Esto se presenta en la columna de la chimenea de la casa de la calidad en la figura 3.4. En el lado derecho de la matriz, se exhibe una comparación de la bicicleta actual de la compañía con las ofertas de la competencia en términos de cada uno de los atributos del cliente.

Características de ingeniería

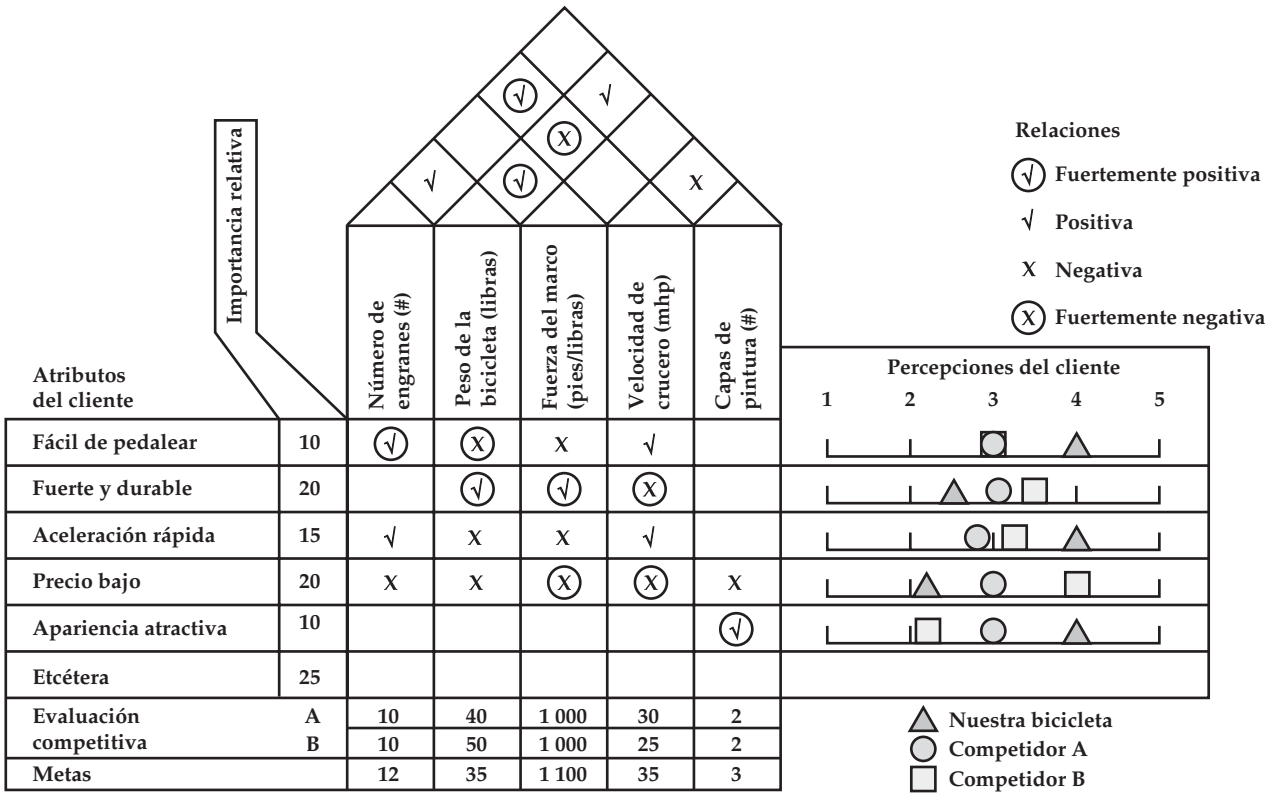
El siguiente paso en la implantación de la función de la calidad consiste en traducir los atributos del cliente en características de ingeniería (ECs, *engineering characteristics*). Esto se hace pensando cómo puede satisfacerse cada uno de los atributos del consumidor a través del diseño de la nueva bicicleta. Las características de ingeniería deben ser mensurables y específicas y están íntimamente ligadas a las especificaciones del diseño final del producto.

Para el diseño de la bicicleta, algunas de las características de ingeniería podrían ser el número de engranes, el peso de la bicicleta en libras, la resistencia o fuerza del marco, la velocidad de crucero y el número de capas de pintura sobre el marco. Estas características se han colocado en la parte superior de la matriz de la figura 3.4 y, posteriormente, se asocian con cada uno de los atributos del cliente; por ejemplo, el atributo del cliente fácil de pedalear se relaciona fuertemente con el número de engranes de la bicicleta. En general, entre más engranes haya, más fácil será pedalear la bicicleta en diferentes condiciones y situaciones. También, la característica fácil de pedalear está inversamente vinculada con el peso de la bicicleta. Se han puesto varios símbolos en la matriz (consulte la figura 3.4 para ver las claves) para indicar la naturaleza de la relación entre cada atributo del cliente en particular y las características de ingeniería. Ello puede realizarse por medio de la conducción de pruebas de ingeniería o con el uso de relaciones entendidas en términos generales.

A continuación, vamos a la figura 3.5, la cual añade un techo a la casa de la calidad. El techo muestra cómo se relacionan entre sí las características de ingeniería. Esto hace posible estudiar a cualquiera de las **concesiones** que pueden requerirse entre una característica de ingeniería y otra; por ejemplo, observamos que el peso de la bicicleta afectará de una manera negativa a su velocidad de crucero. Además, el número de capas de pintura tendrá un efecto positivo moderado sobre el peso de la bicicleta.

Por último, en la parte inferior de la matriz de la figura 3.5, hemos indicado el valor de cada una de las características de ingeniería logradas por las bicicletas de los competidores. También mostramos un **valor fijado como meta**, el cual hemos establecido para el diseño de nuestra nueva bicicleta; dicho valor está determinado por la importancia de diversos atributos del cliente, las conexiones con las características de ingeniería y el desempeño deseado para la nueva bicicleta en relación con las de los competidores. El resultado final de la casa de la calidad es una traducción de los atributos del cliente en valores fijados como meta para las características de ingeniería que aparecen en la parte superior de la matriz.

FIGURA 3.5 Casa de la calidad.



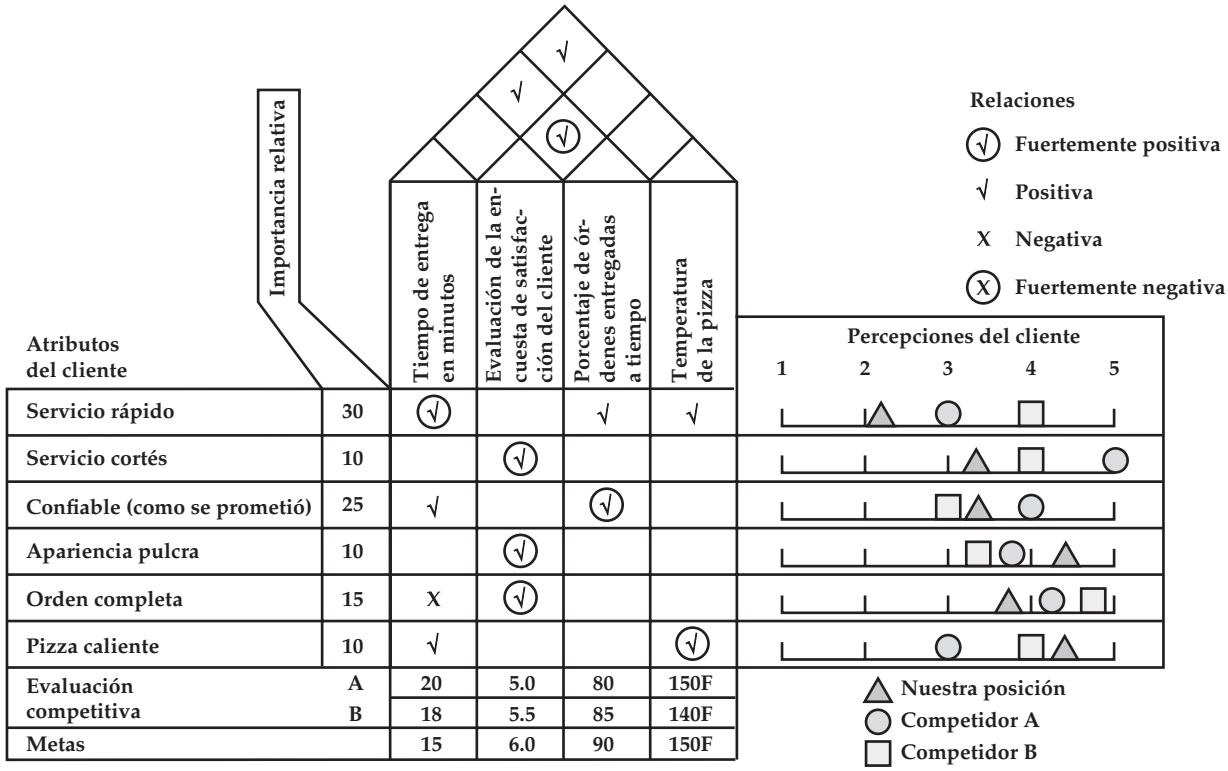
Se ha encontrado que la casa de la calidad es de gran utilidad para incrementar las comunicaciones interfuncionales porque conecta de una forma nítida los requisitos del mercado, los cuales valora el cliente, con las características de diseño que deben considerar los ingenieros; por lo tanto, puede desarrollarse un diseño que satisfaga las necesidades del mercado y que, a la vez, considere todas las concesiones requeridas para el diseño. La casa de la calidad puede extenderse a la producción vinculando el producto con diversas partes y con los parámetros del diseño del proceso. En este caso, los valores fijados como meta para el diseño del producto se convierten en los atributos del cliente para el diseño de las partes y para el diseño del proceso. Además, la casa de la calidad puede vincularse con los proveedores al considerar como atributos del cliente los objetivos del diseño que se les haya entregado. Así, puede desarrollarse un diseño conveniente para todas las partes de la cadena de suministro involucradas en el diseño y en la elaboración del producto.

La implantación de la función de calidad también puede aplicarse a las industrias de servicios de una manera muy similar a como se emplea en la manufactura. Para ilustrar, considere el ejemplo de Pizza U.S.A., la cual se describió por primera vez en el capítulo 1. Pizza U.S.A. está evaluando la implantación de un servicio de entrega para sus pizzas y productos relacionados.

Para este nuevo servicio, los atributos del cliente se han determinado precisamente a partir de los consumidores y son: rapidez, cortesía y servicio confiable. Asimismo, el agente de la entrega debe tener una apariencia muy pulcra y la orden debe entregarse completa (sin que nada falte) y con una pizza caliente. Los atributos del cliente se enlistan en el lado izquierdo de la matriz de implantación de la función de la calidad de la figura 3.6.

En cuanto a los servicios, puede resultar complicado identificar las características de ingeniería, las cuales, algunas veces son difíciles de definir y de medir; en este caso, dichas características son el tiempo de entrega (minutos), la satisfacción del cliente (se determina a partir de una encuesta periódica al cliente), el tiempo real de la entrega comparado con el tiempo prometido y la temperatura de la pizza al entregarse. Observe que la encuesta

FIGURA 3.6 Implantación de la función de calidad en las entregas de Pizza U.S.A.



medirá los atributos intangibles como una apariencia pulcra, la cortesía, que la orden esté completa y la satisfacción general con el servicio.

Así, ahora los atributos del cliente se relacionan con cada una de las características de ingeniería de la misma forma que en el ejemplo de la bicicleta. Además, el techo de la casa de la calidad, las percepciones del cliente, las evaluaciones de la competencia y las metas se añaden para completar el análisis, como se muestra en la figura 3.6. Aunque la implantación de la función de calidad para los servicios puede medirse de un modo un tanto distinto que en la manufactura, se aplican los mismos principios generales.

3.6 ANÁLISIS DEL VALOR

Existe la necesidad no sólo de satisfacer los requerimientos del cliente, sino de asegurar que el producto sea factible de manufacturarse. El **diseño para la manufactura** (DFM, *design for manufacturing*) es un enfoque que consiste en dos cosas: 1) la simplificación de los productos y 2) la manufactura de productos múltiples mediante el uso de partes, procesos y módulos comunes. En esta sección, explicaremos la simplificación de los productos con base en el análisis del valor (o ingeniería del valor), la cual debe realizarse preferentemente antes de la elaboración del producto.

El **análisis del valor** es un método para mejorar la utilidad de un producto sin aumentar su costo o para disminuir el costo sin reducir la utilidad del producto; puede dar como resultado grandes ahorros, un mejor producto para el consumidor o ambas cosas. En este análisis del valor, se usa un enfoque lógico de paso por paso.

El valor se define como la razón de utilidad por costo; éste es un término absoluto que mide la cantidad de recursos empleados para elaborar un producto. En contraste, la utilidad es un concepto relativo que describe la funcionalidad que el cliente adscribe a un producto y puede describirse por medio de términos tales como características del producto, desempeño y confiabilidad del producto.

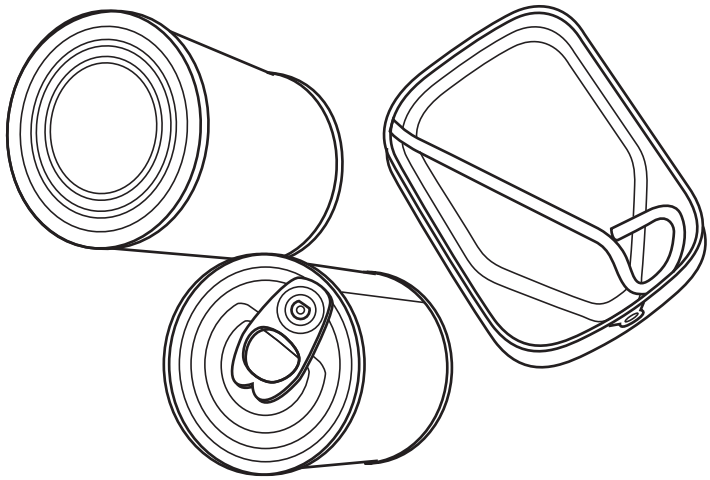


FIGURA 3.7
El análisis del valor puede emplearse para determinar la mejor forma de abrir una lata.

En el análisis del valor se manejan los siguientes términos:

- *Objetivo*: el propósito fundamental del producto.
- *Función básica*: si se elimina una función básica, el producto se volverá inservible en términos de su objetivo declarado.
- *Función secundaria*: una función que es el resultado de la manera en la que se diseña el producto y permite el logro de la función básica.

Por ejemplo, para tener acceso al contenido de una lata podríamos tener lo siguiente:

- *Objetivo*: extraer el contenido de la lata.
- *Función básica*: abrir la lata.
- *Función secundaria*: cortar la tapa.

Se requiere abrir la lata para conseguir el objetivo, que consiste en extraer el contenido. Así, la apertura de la lata es una función básica, pero no es necesario ejecutar la función secundaria de cortar la tapa. Podrían usarse otros métodos para abrir la lata, como jalar la lengüeta, abatir la tapa o desatornillar la tapa, como en la figura 3.7.

El análisis del valor es el proceso de examinar las funciones secundarias para investigar si se puede identificar una alternativa que mejore la razón de valor. Esto se hace identificando primero el costo de la función secundaria actual. Posteriormente, se calculan los costos de las funciones secundarias alternativas; si éstas tienen un costo menor sin sacrificar la utilidad de abrir la lata para el cliente, entonces el valor se mejora. Además, la utilidad puede mejorarse (facilidad para la remoción de la tapa, poder volver a tapar la lata, etc.) al mismo costo, lo cual también aumentaría el valor para el cliente.

El análisis del valor es una forma de mejorar un producto ante los ojos del cliente. Después de todo, es él quien está interesado en el valor y compra productos con base en el valor que recibe. Con frecuencia, el análisis del valor se relaciona con la manufacturabilidad, ya que un producto diseñado para manufacturarse posee el costo más bajo y el valor más alto. El diseño para la manufactura elimina las partes innecesarias y hace que el producto sea más fácil de elaborar. Este enfoque reducirá el costo, mejorará la utilidad del producto o ambas cosas. Vea la figura 3.8 donde se presenta un ejemplo espectacular de simplificación de un producto que mejoró su manufacturabilidad y su valor.

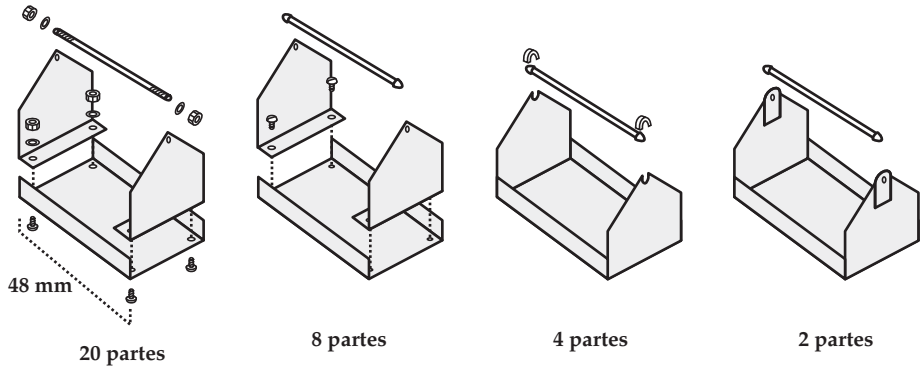
3.7 DISEÑO MODULAR

Otro aspecto del diseño de la manufactura es simplificar el diseño de productos múltiples. De ordinario, los productos se diseñan uno a la vez sin mucha consideración de los aspectos comunes de las partes o de las propiedades modulares que pueden ayudar a la producción y aun satisfacer las necesidades del cliente.

FIGURA 3.8 Diseño para la manufactura de una caja de herramientas

Este ejemplo ilustra la progresión del ensamblado de una caja de herramientas desde el inicio del diseño y con inclusión de la evolución de un estudio de diseño para la manufactura, lo que dio como resultado una reducción en el conteo de las partes del diseño de 20 a 2 partes, mejorando la confiabilidad y disminuyendo el costo del producto.

Fuente: John Ingalls, "How Design Teams Use DFM/A to Lower Costs and Speed Products to Market", *Target* 12, núm. 1 (1996), pp. 13-19.



El **diseño modular** hace posible tener una variedad de productos relativamente alta y una baja variedad de componentes al mismo tiempo. La idea principal es desarrollar una serie de componentes básicos de un producto, o módulos, que puedan ensamblarse dentro de un alto número de productos diferentes. Para el cliente, parece ser que hay un gran número de productos distintos. Para las operaciones, existe sólo un número limitado de componentes y procesos básicos. El diseño modular es un prerrequisito para la personalización en masa, lo que se describe en el siguiente capítulo.

El control del número de diversos componentes que van dentro de los productos es un aspecto de gran importancia para las operaciones, ya que hace posible producir, de una manera más eficiente, volúmenes más grandes y, a la vez, permite la estandarización de los procesos y de los equipos. Un alto número de variaciones de productos aumentará en forma considerable la complejidad y el costo de las operaciones.

Una variedad de colchones puede controlarse mediante el diseño modular.

El diseño modular ofrece una forma fundamental de cambiar la manera de pensar en relación con el diseño del producto. En lugar de diseñar cada producto por separado, la compañía los diseña en torno a módulos de componentes estándar y procesos estándar. Si esto se hace, la línea de productos debe analizarse cuidadosamente y dividirse en módulos básicos. Además deben desarrollarse módulos comunes que puedan servir para más de una línea de productos y deben eliminarse los adornos innecesarios del producto. Este enfoque todavía permitirá una gran variedad de productos, pero se reducirá el número de variaciones innecesarias del producto.

El enfoque del diseño modular puede ilustrarse mejor con un ejemplo. Un grupo de estudiantes de la Universidad de Minnesota estudió las operaciones de un productor grande de camas, una compañía que producía más de 2 000 combinaciones distintas de colchones. El equipo descubrió que 50% de esas combinaciones facturaba sólo 3% de las ventas. Los sondeos del mercado señalaron que esta alta variedad de productos no era ventajosa para la comercialización y que, al mismo tiempo, había aumentado los costos.

Con el uso de ideas de diseño modular, se diseñó una línea de productos de colchones con cuatro tamaños básicos: regular, doble, queen y king. La construcción interna de los colchones se limitaba sólo a algunos arreglos diferentes de resortes y espesuras del relleno de espuma. Se usó una moderada variedad de cubiertas de colchones para satisfacer las preferencias de los consumidores en cuanto al color y al tipo de diseño. Este enfoque redujo enormemente el número de componentes del colchón y, a la vez, brindó una variedad sustancial para el cliente; por ejemplo, con cuatro tamaños de camas, tres tipos de construcción de resortes, tres tipos de relleno de espuma y ocho distintas cubiertas, era posible elaborar un total de 288 diseños de colchones.

$$4 \times 3 \times 3 \times 8 = 288 \text{ combinaciones}$$

No se producían todas estas combinaciones, ya que algunas podrían ser inaceptables para el cliente, por ejemplo: la combinación de resortes costosos con un relleno delgado de espuma. Aunque todavía existen muchas combinaciones de productos en este ejemplo, el número de componentes fue reducido.

El equipo sugirió que las áreas de mercadotecnia, operaciones e ingeniería se reunieran para definir los componentes básicos que se elaborarían y las combinaciones deseadas de productos. Asimismo, recomendó que la empresa se sujete de manera rigurosa a esos componentes una vez que se haya tomado la decisión, con una revisión periódica, quizás una vez al año. El equipo no sólo trató con el problema de la proliferación de productos sino que, por medio del uso del concepto de un diseño modular, retuvo las ventajas de mercado de la variedad de productos.

Dell Computer Corporation utiliza un diseño modular para sus computadoras; por ejemplo, las computadoras portátiles Dell tienen muchas alternativas opcionales: 12 procesadores, cuatro memorias, seis discos duros, seis dispositivos de medios, cinco tarjetas inalámbricas, cinco opciones de baterías, cinco pantallas, nueve tarjetas gráficas y seis *software* a elegir. Esto aporta un total de 58 módulos (o componentes) que se instalan en las computadoras portátiles Dell. El número teórico de computadoras portátiles distintas que pueden producirse es el siguiente:

$$12 \times 4 \times 6 \times 6 \times 5 \times 5 \times 5 \times 9 \times 6 = 11\,664\,000$$

Desde luego, no todos los módulos se combinan con el resto, lo cual reduce el número total de alternativas. El diseño modular otorga una oportunidad para optimizar la producción en Dell, ofreciendo abundantes alternativas para el consumidor.

3.8 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

El diseño de nuevos productos posee un gran impacto sobre las operaciones, pues determina las especificaciones para el producto. Del mismo modo, las operaciones pueden restringir la capacidad de una empresa para desarrollar nuevos productos y hacer su producción

más costosa. Como resultado, las operaciones deben estar profundamente involucradas en el desarrollo de nuevos productos.

- Existen tres formas de desarrollar nuevos productos: basado en el mercado, impulso de la tecnología y enfoque interfuncional. El enfoque interfuncional es, de ordinario, el mejor, ya que incluye consideraciones tanto de mercado como tecnológicas en el diseño de nuevos productos.
- En las compañías, el proceso de desarrollo de nuevos productos se especifica con frecuencia con la inclusión de tres fases: desarrollo del concepto, diseño del producto y producción/experimentación piloto.
- Desde el principio, los productos deben diseñarse con miras a su manufacturabilidad. Esto se hace considerando el diseño del proceso de producción como parte del diseño del producto y usando un enfoque concurrente de ingeniería.
- Una ingeniería concurrente emplea fases que se traslapan en el diseño del producto en lugar de utilizar un enfoque secuencial. Por lo común, se forma un equipo de desarrollo de nuevos productos con representación de todas las funciones gerenciales (mercadotecnia, ingeniería, operaciones y finanzas/contabilidad) para asegurar una integración interfuncional.
- En el desarrollo de nuevos productos, la colaboración de la cadena de suministro es esencial. Esto debería lograrse con la colaboración tanto de los clientes como de los proveedores en el proceso de desarrollo de nuevos productos.
- La implantación de la función de calidad se usa para conectar los atributos del cliente con las características de ingeniería, lo que, por lo regular, se hace a través de una técnica denominada casa de la calidad, la cual puede aplicarse tanto para la manufactura como para los servicios.
- El diseño de la manufactura puede lograrse con la simplificación del producto o de la producción modular.
- La simplificación del producto se alcanza a través del análisis del valor, lo cual proporciona la utilidad máxima para los clientes al costo más bajo.
- El diseño modular es útil para minimizar el número de partes distintas necesarias para la elaboración de una línea de productos de artículos relacionados y puede hacerse mediante el diseño de módulos estándar y considerando sólo las combinaciones de opciones que tengan una demanda de mercado significativa.

Términos clave

Basado en el mercado
Impulso de la tecnología
Perspectiva interfuncional
Desarrollo del concepto
Diseño del producto
Diseño del proceso
Experimentación/producción piloto
Prototipos de producción
Paquete de información
Falta de alineación
Proceso secuencial
Ingeniería concurrente
Colaboración de la cadena de suministro
Implantación de la función de calidad
Casa de la calidad
Atributos del cliente
Características de ingeniería
Concesiones
Valor fijado como meta
Objetivos
Análisis del valor
Diseño para la manufactura
Diseño modular

Usted **decida**

¿Cuál es la mejor forma de hacer que los equipos interfuncionales participen en un diseño concurrente de un producto?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. Japan Business Consultants
   http://www.mazur.net/works/jurassic_qfd.pdf

Entérese cómo se usó la implantación de la función de calidad para diseñar dinosaurios animatrónicos.

2. Society of Concurrent Product Development
   http://www.scpdnet.org/paper.htm

Lea uno de los documentos de este sitio y discuta en clase sus descubrimientos.

3. 3M Company
   http://www.3m.com

Describa un producto único introducido por 3M. ¿Cómo ha podido 3M seguir siendo una compañía innovadora?

Preguntas de análisis

1. ¿Por qué es importante la cooperación interfuncional para el diseño de nuevos productos? ¿Cuáles son los síntomas de una posible falta de cooperación interfuncional?
2. ¿En qué circunstancias podría un enfoque de basado en el mercado o un enfoque de impulso de la tecnología ser el mejor para el diseño de un nuevo producto?
3. Describa los pasos que podrían requerirse al escribir y al producir una obra. Compárelos con los tres pasos para el desarrollo de un nuevo producto que se describió en la sección 3.2, ¿existe alguna correspondencia?
4. ¿Por qué ha habido un incremento en la variedad de productos en nuestra economía?
5. ¿Cómo puede el concepto de diseño modular controlar la variedad de la producción y, al mismo tiempo, permitir una variedad de productos?
6. ¿Cuál es el papel adecuado de la función de operaciones en el diseño del producto?
7. ¿Qué forma toma la especificación del producto para las siguientes empresas: una agencia de viajes, una compañía de cervezas y una firma de consultoría?
8. Ejecute un análisis del valor sobre los siguientes artículos:
   a) Una engrapadora.
   b) Un *mouse* para la operación de una computadora.
   c) Un escritorio a ser usado por los estudiantes con propósitos de estudio.
9. Encuentre algunos ejemplos del diseño modular de productos en la vida cotidiana.
10. Trabaje con uno de sus compañeros de clase como si fuera su cliente y suponga que usted es el proveedor. Haga que el consumidor seleccione un producto y especifique los atributos deseables. Posteriormente, especifique las características de ingeniería requeridas para satisfacer las necesidades del cliente. Complete la matriz de la casa de la calidad estableciendo las relaciones de la matriz. Pregunte al usuario si las características de ingeniería resultantes serán las deseables para satisfacer sus necesidades.
11. ¿Cuáles son los beneficios esenciales de usar el enfoque de implantación de la función de calidad para el diseño de los productos? También, identifique cualquier efecto negativo que pudiera aplicarse al uso de la implantación de la función de calidad.
12. Piense en algunos ejemplos acerca de cómo puede utilizar la implantación de la función de la calidad para atender problemas de diseño.
13. A un estudiante le gustaría diseñar una mochila para libros y artículos escolares. Los atributos del cliente son 1) una mochila cómoda que sea 2) duradera con 3) suficiente espacio y 4) no muy pesada de llevar. Piense en algunas características de ingeniería que se puedan usar para medir estos atributos del cliente. Después, construya una matriz de implantación de la función de calidad que muestre las relaciones positivas y negativas que usted espera ver en este caso.
14. Un empresario está planeando una tienda de emparedados que se localizaría en el campus universitario. Defina los atributos del cliente que a usted le gustaría ver para el servicio (y no para el producto) que se proporcionaría en esta localidad. Luego, especifique algunas características de ingeniería que puedan aplicarse para la medición del servicio.
15. Asuma que un automóvil que usted quiere comprar tiene cinco opciones para el color de los interiores, tres tipos de radios, tres opciones para el motor, dos tipos de baterías (regular y de alto rendimiento), diez colores de exteriores, dos opciones de transmisión y cuatro tipos de fundas para las llantas. ¿Cuántas combinaciones del automóvil puede realizar el productor? ¿Qué puede hacerse para reducir el número de combinaciones sin restringir las elecciones del cliente?

Bibliografía

Bagla, Gunjan y Atul Goel. "Innovation from India: The Next Big Wave". *Business Week Online*, 12 de febrero de 2009, p. 23.

Barry, David. "Perfecting the DFM Process". *Printed Circuit Design* 18, núm. 7 (julio de 2001), pp. 14-17.

Ciferri, Luca. "Bangle Shares Some BMW Design Secrets". *Automotive News Europe* 11, núm. 13 (junio de 2006), p. 18.

Clark, Kim B. y Takahiro Fujimoto. *Product Development Performance*. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

Eldin, Neil. "A Promising Planning Tool: Quality Function Deployment". *Cost Engineering* 44, núm. 3 (marzo de 2002), pp. 28-39.

Flynn, Barbara, E. James Flynn, Susan Amundson y Roger G. Schroeder. "Team Characteristics as Enablers of Fast Product Development Speed". *Advances in Interdisciplinary Studies of Work Teams*, Greenwich, Conn.: JAI Press, 6 (2000).

Gottfredson, Mark y Keith Aspinall. "Innovation *vs*. Complexity". *Harvard Business Review* 83, núm. 11 (noviembre de 2005), pp. 62-71.

Hauser, John R. y Don Clausing. "The House of Quality". *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1988, pp. 63-73.

Lane Davis, Kristin. "Finding Value in the Value Engineering Process". *Cost Engineering* 46, núm. 12 (diciembre de 2004), pp. 24-28.

Leonard-Barton, Dorothy. *Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation*. Boston: Harvard Business School Press, 1998.

Lerner, Ivan y Joseph Chang. "New Products to Drive GE Plastics". *ICIS Chemical Business Americas* 270, núm. 12 (octubre de 2006), p. 10.

Mallick, Debashis y Roger G. Schroeder. "An Integrated Framework for Measuring Product Development Performance in High Technology". *Production and Operations Management* 14, núm. 2 (2005), pp. 142-158.

Muller, Joann y Andy Stone. "Jump Start". *Forbes*, 181 (7 de abril de 2008), pp. 68-70.

Ogawa, Susumu y Frank Piller. "Reducing the Risks of New Product Development". *Sloan Management Review* 47, núm. 2 (invierno de 2006), pp. 65-71.

Olson, Eric M., Orville C. Walker Jr., Robert W. Ruekert y Joseph M. Bonner. "Patterns of Cooperation during New Product Development among Marketing, Operations and R&D". *Journal of Product Innovation Management* 18, núm. 4 (julio de 2001), pp. 258-271.

Ragatz, Gary L., Robert B. Handfield y Kenneth J. Petersen. "Benefits Associated with Supplier Integration into New Product Development under Conditions of Technology Uncertainty". *Journal of Business Research* 55, núm. 5 (mayo de 2002), pp. 389-400.

Sawhney, Mohanbir. "Don't Just Relate—Collaborate". *Sloan Management Review*. 43, núm. 3 (primavera de 2002), p. 96.

Sturgeon, Timothy J. "Modular Production Networks: A New American Model of Industrial Organization". *Industrial & Corporate Change* 11, núm. 3 (junio de 2002), pp. 451-496.

Parte **dos**

Diseño del proceso

4. Selección del proceso
5. Diseño del proceso del servicio
6. Análisis del flujo del proceso
7. Filosofía de la producción esbelta y sistemas esbeltos

Entre las decisiones más importantes que los administradores de operaciones toman están aquellas que se relacionan con el diseño y el mejoramiento de los procesos para la producción de bienes y servicios. Tales decisiones incluyen la elección del proceso y de la tecnología, el análisis de los flujos a través de las operaciones y el valor asociado que se añade en las operaciones. Estos temas dan fundamento y unifican la parte dos: primero, la idea de diseñar y mejorar un proceso para optimizar los flujos de materiales, los clientes y la información; segundo: la idea de eliminar el desperdicio en el diseño del proceso. Estos principios pueden emplearse para diseñar y administrar un proceso que no sólo sea eficiente sino que proporcione valor para los clientes.

Capítulo **4**

Selección del proceso

Presentación del capítulo

4.1 Características del flujo del producto

4.2 Enfoques para el cumplimiento de la orden

4.3 Decisiones de selección de procesos

4.4 Estrategia del producto-proceso

4.5 Operaciones enfocadas

4.6 Personalización en masa

4.7 Responsabilidades ambientales

4.8 Toma de decisiones interfuncional

4.9 Aspectos y términos clave

Usted decida

Ejercicios por internet

Preguntas de análisis

Bibliografía

Las decisiones de selección de procesos determinan el tipo de proceso utilizado para la elaboración de un producto o servicio; por ejemplo, los automóviles se fabrican con un tipo de proceso de líneas de ensamble, la elaboración del vino consiste en un tipo de proceso por lotes y el taller de un sastre es un tipo de proceso de taller de órdenes. Las consideraciones que se requieren para la selección de un proceso incluyen el volumen del producto y si éste es estandarizado o personalizado. Por lo general, los productos estandarizados sujetos a un alto volumen se fabricarán en una línea de ensamble y los personalizados sujetos a un bajo volumen se elaborarán con un proceso de lotes o de talleres de trabajos.

Las decisiones de selección de un proceso son de carácter estratégico; requieren una perspectiva a largo plazo y una gran cantidad de coordinación interfuncional, ya que los aspectos de mercadotecnia, finanzas, recursos humanos y operaciones son afectados por estas decisiones. Las decisiones de selección de procesos tienden a hacer un uso intensivo del capital y no pueden cambiarse con facilidad; por lo tanto, la empresa está comprometida con la selección de un proceso y quedará vinculada a esas decisiones durante muchos años.

Este capítulo describe los diversos tipos de procesos que pueden seleccionarse y las situaciones correspondientes cuando se prefiere un proceso u otro. Se proporcionan dos tipos principales de clasificaciones. Una es en función del flujo del producto, incluyendo un flujo continuo, una línea de ensamble, un lote, un taller de trabajos y un proyecto. La segunda es en función del tipo de cumplimiento de la orden: el hecho de si el producto se elabora de conformidad con una orden, si se ensambla de conformidad con una orden o si se elabora para almacenarlo.

Después de estudiar los tipos de procesos y el cumplimiento de la orden, expondremos las operaciones enfocadas y la personalización en masa como alternativas de un proceso;

asimismo, explicaremos las responsabilidades ambientales y el papel prominente que la selección del proceso desempeña al determinar el impacto de una organización sobre su medio natural. Al final de este capítulo, consideramos la naturaleza interfuncional de la selección de procesos. En esencia, este capítulo se concentra en los procesos de manufactura; el siguiente abordará con detalle los procesos de los servicios.

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO DEL PRODUCTO

Existen cinco tipos de flujos de productos: proceso continuo, línea de ensamble, lote, taller de trabajo y proyectos. En la manufactura, el flujo del producto es el mismo que el de materiales, pues ambos están procesando el producto. En los servicios, puede no haber un flujo de producto, pero sí un flujo de clientes, materiales o información.

Procesos continuos

La **producción continua** se refiere a las industrias de procesos como el azúcar, el papel, el petróleo y la electricidad; aquí, la producción se realiza de manera continua y tiende a estar altamente estandarizada con volúmenes de producción muy grandes. Con frecuencia, los productos que resultan de flujos continuos son líquidos o semisólidos que pueden bombearse o que fluyen de una operación a otra; por ejemplo, una refinería consta de kilómetros de tuberías, tanques y columnas de destilación a través de las cuales pasa el petróleo crudo y se refina hasta convertirse en gasolina, diesel, aceite, lubricantes y muchos otros productos.

La producción continua tiende a elaborar productos que son no diferenciados o insumos industriales, como materias primas; ya que es difícil diferenciar el producto, el costo bajo se convierte en el factor decisivo de la decisión de compra, de modo que manufactura pueda competir en mercados que son muy sensibles al precio. Así, la producción continua suele estar altamente automatizada, operar a toda su capacidad y minimizar los inventarios y los costos de distribución para reducir el costo total de manufactura. Aunque el costo por unidad de producción es bajo, en los procesos continuos la flexibilidad para cambiar la mezcla de productos o el tipo de productos es muy limitada.

Líneas de ensamble

Un flujo que se basa en una **línea de ensamble** se caracteriza por una secuencia lineal de las operaciones. El producto se desplaza de un paso al siguiente en forma secuencial desde el principio hasta el final. A diferencia de los procesos continuos, en los cuales los productos son líquidos o semisólidos, las líneas de ensamble elaboran productos discretos como automóviles, refrigeradores, computadoras, impresoras y una variedad muy extensa de productos de consumo que se fabrican en masa. Los productos se desplazan de una operación a la siguiente, casi siempre a través de un sistema de bandas transportadoras.

La figura 4.1 ilustra la manera en la que se usa un proceso de una línea de ensamble para elaborar un soporte de metal. El primer paso en la producción consiste en cortar una pieza rectangular de metal con la forma requerida para el soporte. En la segunda estación de trabajo, se perforan dos orificios en la pieza de metal. Después, el soporte se dobla con un ángulo de 90 grados y, por último, se pinta. Observe el modo en el que las estaciones de trabajo se colocan en la secuencia necesaria adecuada con el fin de que el producto se desplace de un extremo de la línea de ensamble al otro.

Al igual que los procesos de producción continuos, las operaciones tradicionales de las líneas de ensamble son muy eficientes, pero también son muy inflexibles. La operación de la línea de ensamble requiere de productos de alto volumen y que sean estandarizados. Al mismo tiempo, esto hace difícil efectuar cambios en el producto mismo o en el volumen del flujo, dando como resultado una inflexibilidad en las operaciones; por ejemplo, se requieren varias semanas para modificar una línea de ensamble de automóviles para un nuevo modelo. Además, la línea funciona a una velocidad constante y, por lo tanto, el volumen sólo puede alterarse variando el número de horas que la planta trabaja.

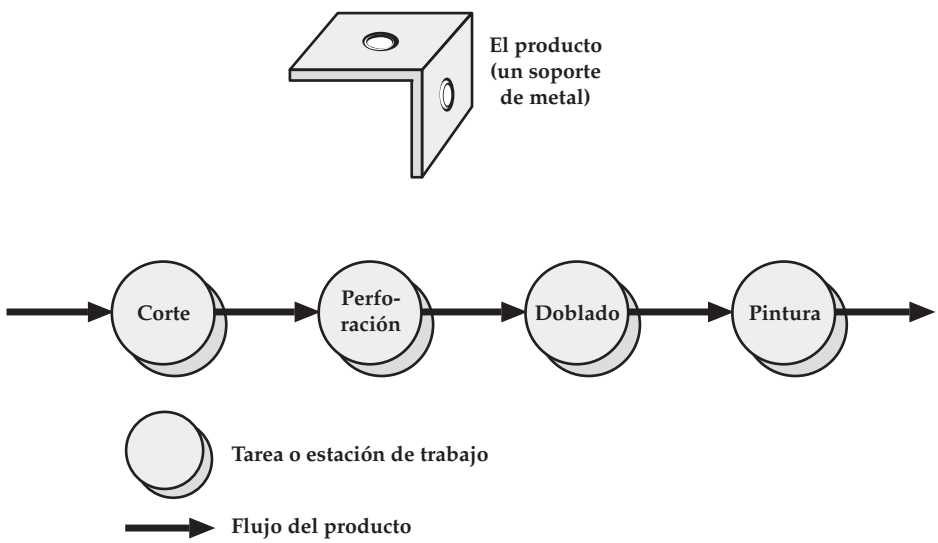
La mayoría de los procesos de manufactura de automóviles son líneas de ensamble.

Las operaciones de las líneas de ensamble pueden justificarse sólo en ciertas situaciones. Por lo general, requieren una fuerte inversión de capital y deben tener un alto volumen para justificarla; por ejemplo, una planta moderna que fabrica obleas semiconductoras tiene un costo de más de 2 000 millones de dólares como inversión inicial, y una planta de ensamble de automóviles posee un costo de cerca de 1 000 millones de dólares. Una planta de ensamble de vehículos completa la producción de un auto cada minuto; esto es, cerca de 350 000 automóviles al año si se opera a dos turnos. Debido al significativo monto de capital que necesita, el área de finanzas se ocupa de la elección de un proceso en línea y trabaja estrechamente con la de operaciones para hacer esas inversiones. Además, mercadotecnia debe interesarse en el atractivo de la producción en masa y en el alto volumen de productos resultante.

Flujo en lotes

El flujo en **lotes** se caracteriza por la elaboración del producto en lotes o paquetes; cada lote del producto viaja en forma conjunta de una operación o centro de trabajo a otro. Un centro de trabajo es un grupo de máquinas o procesos similares que se usan para elaborar el producto.

FIGURA 4.1
Flujo de la línea de ensamble.



La figura 4.2 muestra diversos soportes de bajo volumen que se elaboran con un proceso en lotes. En este sencillo ejemplo, tres soportes con formas distintas —A, B y C— fluyen a través de los cuatro centros de trabajo. Observe la manera en la que el soporte A requiere de un trabajo en los cuatro centros; el soporte B sólo necesita el corte, el doblado y la pintura y, el soporte C, el corte, la perforación y la pintura. Una característica de una operación en lotes es que puede emplearse para elaborar muchos tipos distintos de productos y, por lo tanto, es común que haya una mayor variedad que en una línea de ensamble. Cada uno de estos productos puede tener una ruta diferente de flujo y algunos incluso se saltan ciertos centros de trabajo. Como resultado, el flujo es discontinuo e intermitente.

A menudo, las operaciones en lote usan un **equipo de propósitos generales** no especializado para la elaboración de un producto en particular, lo cual aporta flexibilidad. La mano de obra es más calificada y dócil en cuanto a su capacidad para fabricar diversos artículos. Así, una operación en lotes se configura con mano de obra y equipo más flexible que un proceso de una línea de ensamble. Los tamaños de los lotes pueden ser muy variables en lo referente a magnitud: desde cientos hasta una sola unidad; por ende, los procesos en lotes pueden configurarse para el manejo de órdenes sujetas a un bajo volumen.

El **flujo discontinuo** de una operación en lote trae como consecuencia una programación considerable de la producción y desafíos de inventarios. Por lo regular, cuando se carga casi a toda su capacidad, la operación en lotes tendrá altos inventarios a medida que los trabajos esperan en línea para ser procesados. La utilización de un alto nivel de capacidad provoca interferencias en los trabajos entre las distintas tareas a medida que esperan la mano de obra o un equipo que está asignado a otro trabajo en ese momento, con la consecuente pérdida de eficiencia en la operación de un lote.

Una operación en lote emplea lo que se conoce como **distribución física del proceso** porque las máquinas y la mano de obra se organizan por tipos de procesos en centros de trabajo; en contraste, el proceso de la línea de ensamble utiliza una **distribución física del producto** ya que las máquinas y la mano de obra se disponen de acuerdo con el flujo mismo del producto. Un ejemplo de la distribución física de un proceso es una escuela de educación media superior en donde los salones de clases se distribuyen con base en las

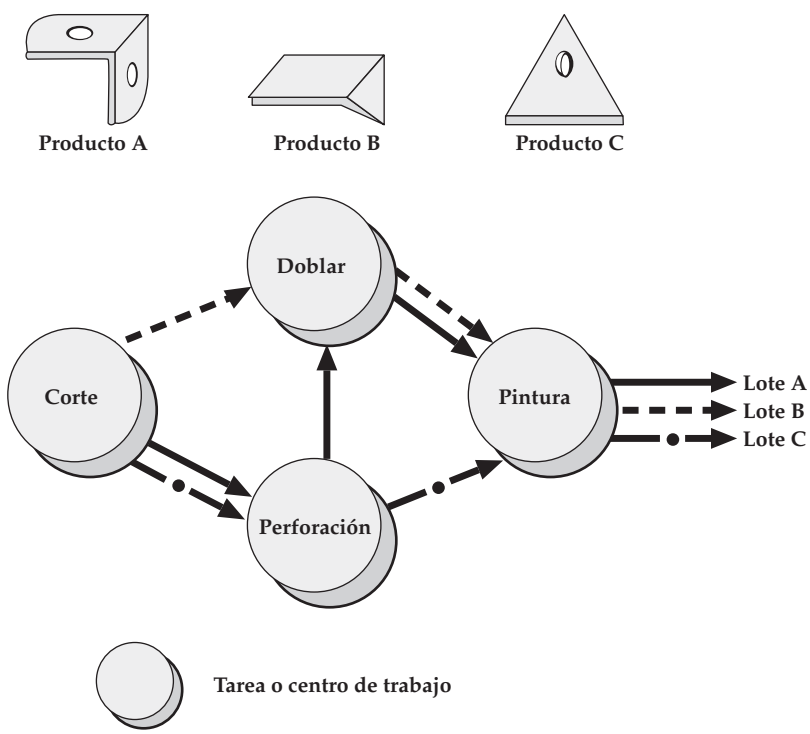


FIGURA 4.2
Flujo en lotes (soportes de metal).

materias (o procesos) como inglés, matemáticas y química. Los estudiantes fluyen a través de las instalaciones físicas en lotes (grupos), pasando de un proceso al siguiente.

Las operaciones en lotes se usan cuando el volumen no es alto o cuando existen muchos productos diferentes; en este caso, la operación en lote es la más económica e incurre en el riesgo más bajo. Algunos ejemplos de productos fabricados en operaciones en lotes son los muebles, los barcos, las vajillas y otros artículos con una alta variedad y con volúmenes de bajos a moderados; por ejemplo, la elaboración de muebles implica muchos estilos y opciones. Los sofás son ordenados por los clientes y también se ordenan con fines de almacenarse en un inventario; cada sofá puede tener una tela diferente y poseer distintas características en los brazos o respaldos o diversas longitudes. En consecuencia, existe un extraordinario número de variaciones que se hacen a lo largo del proceso de un lote pequeño o que se realizan, incluso, una a la vez.

Talleres de trabajo

Los **talleres de trabajo** elaboran productos de acuerdo con las órdenes de los clientes mediante el uso de una distribución física del proceso. Por lo tanto, consideramos que los talleres de trabajo son un caso especial de los procesos en lote. En un taller de trabajo, el producto se fabrica en lotes, casi siempre en pequeñas cantidades, pero debe hacerse de acuerdo con las especificaciones del cliente.

Al igual que en el proceso en lotes, un taller de trabajo usa un equipo para propósitos generales y tiene un flujo discontinuo; cuenta con alta flexibilidad en la mezcla de productos y el volumen de producción, pero los costos son, de ordinario, más altos debido a que el volumen y la estandarización son bajos. Los productos que se elaboran en un taller de trabajo incluyen partes de plástico, componentes de máquinas, partes electrónicas y partes de hojas de metal que se fabrican de acuerdo con especificaciones.

Proyectos

En el contexto de las operaciones, la forma de **proyectos** se aplica para productos únicos o creativos. Algunos ejemplos de proyectos son los conciertos, la construcción de edificios y la producción de aviones grandes. Técnicamente, el producto no fluye en un proyecto ya que los materiales y la mano de obra se trasladan a él, siendo éste estacionario. Los proyectos se caracterizan por una planeación difícil y por problemas de programación, pues el producto puede no haber sido elaborado antes. Además, resulta complicado automatizarlos, aunque puede emplearse un equipo para propósitos generales. La mano de obra debe ser altamente calificada ya que la naturaleza del producto o servicio que se elabora es única.

En la forma de proyectos de las operaciones, cada unidad se produce de modo individual y es diferente de las demás unidades. Los proyectos se utilizan cuando el cliente desea personalización y cualidades únicas. Por lo regular, el costo de producción es alto y, algunas veces, es problemático controlarlo. Éste es el caso porque el proyecto puede ser difícil de definir en todos sus detalles y, durante el curso de la producción, puede requerirse una innovación.

Boeing fabrica aviones grandes con un proceso por proyectos. Cada avión se ensambla en un sitio fijo dentro de la fábrica con materiales y mano de obra que son trasladados a ese lugar. Se realiza un programa complejo que debe equilibrar el trabajo a través de todos los aviones distintos que se están produciendo. Las tareas y recursos deben secuenciarse y programarse con miras a satisfacer las fechas de entrega solicitadas de los aviones individuales. La industria de la construcción emplea proyectos para levantar edificios, carreteras y presas y la de servicios maneja los proyectos para eventos de obtención de fondos, campañas políticas, conciertos y ferias artísticas.

Exposición de los tipos de procesos

Las características de los cinco procesos que hemos explicado —continuos, líneas de ensamble, lotes, talleres de trabajos y proyectos— se resumen en la tabla 4.1 en la cual se hacen comparaciones directas entre ellos. Observe que las operaciones continuas y de líneas

TABLA 4.1
Características del proceso

Características	Continuo y líneas de ensamble	Lote y talleres de trabajo	Proyecto
Producto			
Tipo de orden	Continuo o lote grande	Lote	Una sola unidad
Flujo del producto	Secuenciado	Discontinuo	Ninguno
Variedad del producto	Baja	Alta	Muy alta
Tipo de mercado	En masa	Personalizado	Único
Volumen	Alto	Mediano a bajo	Una sola unidad
Mano de obra			
Habilidades	Bajo	Alto	Alto
Tipo de tarea	Repetitivo	No rutinario	No rutinario
Remuneración	Mediana	Alta	Alta
Capital			
Inversión	Alta	Mediana	Mediana
Inventario	Bajo	Alto	Pequeño
Equipo	Para propósitos especiales	Para propósitos generales	Para propósitos generales
Objetivos			
Flexibilidad	Baja	Mediana	Alta
Costo	Bajo	Medio	Alto
Calidad	Conformidad	Conformidad	Conformidad
Entrega	Puntual	Puntual	Puntual

de ensamble poseen una mano de obra relativamente poco calificada y una alta automatización, mientras que las operaciones de lotes, de talleres de trabajo y de proyectos son lo opuesto; asimismo, los objetivos y las características del producto se ubican en extremos opuestos.

Una forma de medir la eficiencia de un proceso es la **razón de ingreso** (TR, *throughput ratio*):

$$TR = \frac{\text{Tiempo total de procesamiento para el trabajo}}{\text{Tiempo total en las operaciones}} \times 100\%$$

En el numerador de la razón de ingreso, está el tiempo total de procesamiento para el trabajo el cual sólo incluye el periodo que ese trabajo pasa realmente siendo procesado por las máquinas o la mano de obra, con exclusión de cualquier tiempo de espera entre las operaciones. El denominador incluye el tiempo total que el trabajo pasa en las operaciones, abarcando tanto el de procesamiento como el de espera. La mayoría de las operaciones por lotes y por talleres de trabajo tienen razones de ingreso de 10 o 20% y rara vez más altas de 40%. Ello significa que un trabajo común transcurre la mayor parte de su tiempo esperando ser procesado en relación con el tiempo real de procesamiento. En contraste, los procesos continuos y de líneas de ensamble cuentan con razones de rendimiento específico de 90 a 100%. La razón de ingreso representa la proporción de tiempo en las operaciones durante la cual realmente se añade valor al trabajo.

En este momento, algunos ejemplos provenientes de la industria de la construcción para fines habitacionales pueden ayudar a consolidar algunas de las alternativas de los procesos. En un extremo de la línea continua se encuentra el proyecto: la casa construida con base en especificaciones personales. Un arquitecto puede trazar un solo plano para dicha casa o pueden modificarse planos existentes para cada casa que se construya. Ya que la construcción de la casa es personalizada, por lo regular, la planeación, la secuenciación y el control de diversas actividades de construcción se vuelven los principales desafíos. El cliente está altamente involucrado en todas las etapas de la construcción y, en algunas ocasiones, los planos se modifican mientras la casa se está construyendo. El proceso hace un uso intensivo de la mano de obra, requiere de mucho tiempo y es costoso, pero es

muy flexible. Se emplea un equipo para propósitos generales con el fin de completar el trabajo.

El proceso en lotes de casas similares se caracteriza por la producción en grupos. En este caso, el cliente puede seleccionar una de varias casas estándar con algunas opciones menores para aspectos como colores, enseres y alfombras. La compañía puede comprar materiales en lotes grandes y utilizar un equipo especializado o guías mecánicas para acelerar la construcción. Al sitio de la construcción, se lleva una cuadrilla que esté muy familiarizada con el tipo de casa que se está construyendo y la totalidad de la estructura —excepto los toques finales— pueden terminarse en sólo algunos meses. Casi siempre, la casa que resulta es menos costosa por metro cuadrado que una que implique un proyecto construido en función de especificaciones personales, pero existe menos flexibilidad en las operaciones.

La construcción de una casa puede completarse utilizando varios tipos de procesos.

El método de líneas de ensamble para la producción de casas se identifica por operaciones modulares o de fábrica. Las casas estándar se producen en secciones, en una fábrica, con una mano de obra relativamente barata. Se procura evitar el uso de plomeros, carpinteros y electricistas costosos mediante la instalación de sistemas completos de electricidad y de plomería en la fábrica; en esta última, se emplea un equipo para propósitos especiales para reducir aún más los costos. Después de construirse en la línea de ensamble, las secciones de la casa se llevan al sitio de construcción y se erigen en unos días, con el uso de una grúa. Dichas casas modulares son, de ordinario, las menos costosas de todas y proporcionan la menor flexibilidad en cuanto a elecciones del cliente.

Como es obvio, una compañía se enfrenta a una decisión estratégica mayor al elegir el tipo de proceso que deberá aplicar para la construcción de casas. Pueden usarse estos tres enfoques, pero debe tenerse cuidado de separar los procesos debido a sus distintas necesidades de mano de obra, administración y capital. Si se pretende ofrecer los tres tipos de casas, la empresa puede formar una división separada para cada tipo de proceso porque cada uno posee diferentes requerimientos de mano de obra, equipo y administración.

4.2 ENFOQUES PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA ORDEN

Otra decisión fundamental para las operaciones es la manera en la que las órdenes de los clientes se abastecen: ya sea que el producto deba elaborarse de acuerdo con las especificaciones de una orden, ensamblarse de conformidad con las especificaciones de una orden o que se produzca para almacenarse en un inventario. Existen ventajas y desventajas para cada una de estas situaciones. Un proceso de **producción para almacenamiento** (MTS, *make-to-stock*) puede brindar un servicio más rápido a los clientes por medio de la entrega de órdenes que estén disponibles en el inventario y a costos más bajos que un proceso de **producción a la orden** (MTO, *make-to-order*). Pero el proceso de producción a la orden entraña una flexibilidad más alta para la personalización del producto. Un proceso de ensamblado a la orden (ATO, *assemble-to-order*) es como un híbrido de éstos y hace posible un servicio relativamente rápido para los consumidores porque existe un trabajo limitado que debe completarse una vez que se reciba la orden del cliente; también es flexible, ya que el cliente puede especificar algunos tipos de personalización.

En el proceso de producción a la orden, pueden identificarse durante la producción las órdenes individuales: como todas las órdenes se hacen de acuerdo con las especificaciones de los clientes, todos los trabajos del proceso están asociados con un cliente en particular. En contraste, el proceso de producción para almacenamiento estriba en la formación de productos para un inventario y los trabajos del proceso no están vinculados con algún cliente en concreto; por lo tanto, siempre es posible identificar un proceso de producción a

la orden o un proceso de producción para almacenamiento con sólo contemplar los trabajos de producción.

En el proceso de producción a la orden, el ciclo de producción y el cumplimiento de la orden empiezan con la orden del cliente. Después de que se ha recibido la orden, debe completarse el diseño, si no se ha hecho ya, y deben solicitarse los materiales que no están disponibles u ordenados. Una vez que los materiales comienzan a llegar, la orden puede procesarse a medida que se añaden materiales y mano de obra hasta que se complete. Posteriormente, la orden se entrega al cliente. El ciclo se completa en cuanto éste paga su pedido.

Las medidas clave de desempeño de un proceso de producción a la orden son los plazos que se necesitan para diseñar, elaborar y entregar el producto; a menudo, ello se denomina **plazo de entrega**. Otra medida del desempeño en un ambiente de producción a la orden es el porcentaje de pedidos que se terminan a tiempo, el cual puede basarse en la fecha de entrega que el cliente haya solicitado originalmente o la que se le haya prometido. Desde luego, la fecha solicitada por el consumidor aporta un criterio más estricto.

En contraste, el proceso de producción para almacenamiento cuenta con una línea estándar de productos especificada por el fabricante y no por el cliente (vea figura 4.3). Los

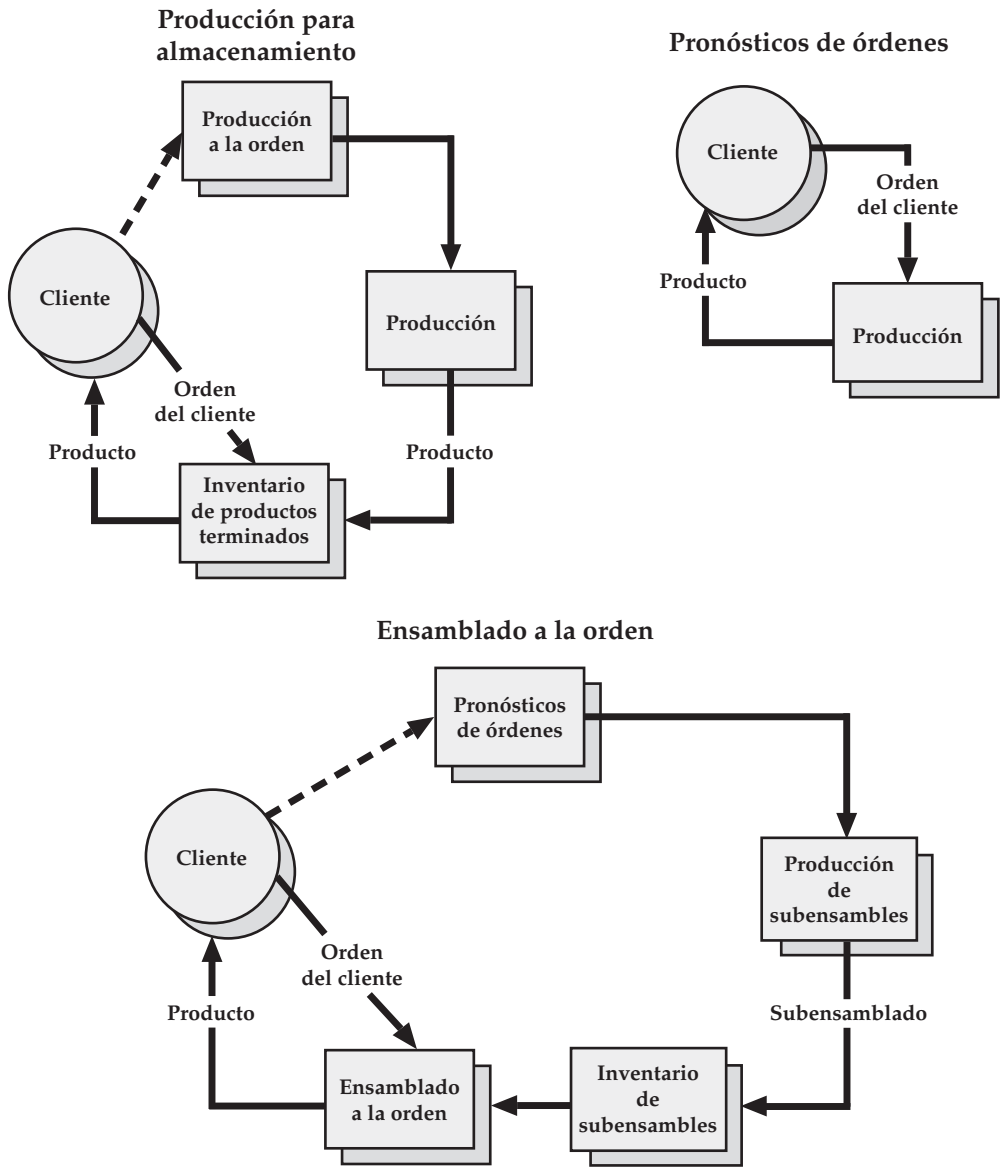


FIGURA 4.3
Comparación de la producción para almacenamiento, producción a la orden y ensamblado a la orden.

productos se llevan al inventario para satisfacer de inmediato la demanda de los clientes. Todos los aspectos de las operaciones se relacionan con la producción de inventarios en forma anticipada a la demanda real para tener los productos adecuados en el inventario cuando el cliente lo demande. Las tareas críticas de la administración son la preparación de pronósticos, la administración de los inventarios y la planeación de la producción.

El proceso de producción para almacenamiento inicia cuando el productor especifica y elabora el producto. Entonces, el cliente solicita un producto del inventario; si éste está disponible, se le entrega. Si no lo está, se coloca una **orden en espera** o la orden puede resultar como un pedido perdido para la empresa. Una orden en espera le permite a la compañía abastecer el pedido en una fecha futura, pero requiere que el cliente espere la orden. En última instancia, una vez que se recibe la orden, el consumidor paga el producto y el ciclo se completa.

Como se hizo notar, en un proceso de producción para almacenamiento, las órdenes no pueden identificarse durante la producción. El ciclo de producción se opera para reabastecer el inventario. Las órdenes de los clientes obedecen un ciclo de retiro del inventario completamente separado. Lo que se está produciendo en cualquier punto en el tiempo puede guardar poca similitud con lo que se está ordenando. Producción está ajustada a órdenes futuras y al reabastecimiento del inventario.

Las medidas de desempeño para un proceso de producción para almacenamiento incluyen el porcentaje de órdenes abastecidas a partir del inventario; esto se llama **tasa de nivel de servicio** o de abastecimiento y, por lo general, se fija como una meta en el ámbito de 90 a 99%. Otras medidas son el plazo de tiempo que se necesita para reabastecer el inventario, la rotación del inventario, la utilización de la capacidad y el tiempo que se requiere para satisfacer una orden en espera. El objetivo de un proceso de producción para almacenamiento es cubrir el nivel de servicio deseado a un costo mínimo.

El proceso de producción para almacenamiento se centra en el reabastecimiento del inventario con el cumplimiento de los pedidos a partir del inventario, mientras que el proceso de producción a la orden lo hace en las órdenes de los clientes. Un proceso de producción a la orden puede otorgar niveles más altos de variedad de productos y mayor flexibilidad. Las medidas de desempeño de ambos procesos son completamente distintas. El proceso de producción para almacenamiento se mide por el nivel de servicio y la eficiencia en el reabastecimiento del inventario; el proceso de producción a la orden se evalúa a través del tiempo de respuesta para los clientes y la eficiencia en el cumplimiento de sus órdenes (vea tabla 4.2).

Los procesos de **ensamblado a la orden** representan un punto intermedio entre la producción a la orden y la producción para almacenamiento. Los subensambles se elaboran para su almacenamiento, pero el ensamble final se fabrica a la orden. El proceso de ensamblado a la orden construye subensambles en forma anticipada a la demanda. Cuando se recibe la orden del cliente, los subensambles se toman del inventario y, luego, se ensamblan para satisfacer la orden del cliente. La figura 4.3 muestra cómo se construyen los subensambles en función de un pronóstico y cómo se colocan en el inventario. El producto debe diseñarse de una manera modular para que se use el ensamblado a la orden. El cuadro de

TABLA 4.2
Producción para almacenamiento *versus* producción a la orden

Características	Producción para almacenamiento	Producción a la orden
Producto	Especificado por el productor Baja variedad Barato	Especificado por el cliente Alta variedad Caro
Objetivos	Equilibrio del inventario, la capacidad y el servicio	Administración de los plazos para la entrega y la capacidad
Principales problemas de las operaciones	Preparación de pronósticos Planeación de la producción Control del inventario	Promesas de entrega Tiempo para la entrega

Liderazgo operativo describe el modo en el que Subway emplea una combinación de los procesos de producción para almacenamiento y ensamblado a la orden.

Muchas operaciones se están desplazando hacia los procesos de ensamblado a la orden y producción a la orden para productos estandarizados, siempre que es posible, a través de la reducción de los plazos de entrega. Si un producto estándar puede elaborarse rápidamente, no requiere colocarse en un inventario de productos terminados; en lugar de ello, puede fabricarse o ensamblarse de forma rápida cuando el cliente lo ordena; por ejemplo, Allen Bradley puede construir y embarcar una unidad de arranque de motor en más de 300 configuraciones distintas en un día a partir de la fecha en la que se ordena. Este producto, el cual anteriormente se fabricaba como una producción para almacenamiento, ahora puede ensamblarse a la orden con importantes ahorros en inventarios y un mejoramiento del servicio al cliente. Allen Bradley ensambla el producto con una línea de ensamble rápida y flexible.

Un ejemplo de los tres tipos de procesos se relaciona con la producción de anillos de diamantes en la industria de la joyería. Se utiliza un proceso de producción para almacenamiento para los anillos que se llevan en un inventario de productos terminados en la joyería; en este caso, el cliente compra uno de los anillos en el inventario. Se maneja un proceso de ensamblado a la orden cuando el consumidor elige la piedra y, posteriormente, hace una selección separada del arreglo del anillo en el inventario. Entonces, el joyero ensambla los componentes del anillo en un proceso de ensamblado a la orden. Este último puede ejemplificarse con los joyeros que hacen arreglos personalizados de acuerdo con el diseño de los clientes; el arreglo y la piedra se acoplan para hacer un anillo único.

El tipo de orden del cliente, sea ésta de producción para almacenamiento, producción a la orden o ensamblado a la orden, determina el **punto de penetración de la orden** en la cadena de suministro donde el producto está vinculado con una orden específica del cliente.[1] Existen cuatro posibilidades para la ubicación del punto de penetración de la orden,

[1] En ocasiones, también se le denomina punto de desacoplamiento de la orden del cliente.

Liderazgo operativo Subway utiliza un proceso de ensamblado a la orden

Existen más de 30 000 restaurantes Subway en 88 países alrededor del mundo. La manera en la que producen y sirven alimentos es un ejemplo de la forma en la que una empresa usa un proceso de ensamblado a la orden.

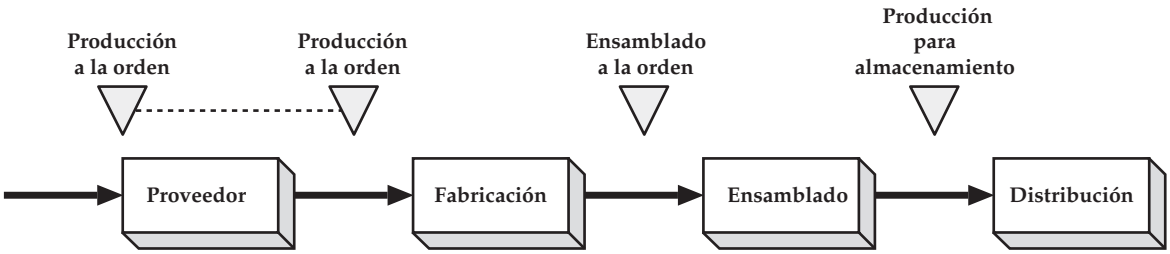
Algunos ingredientes de los sándwiches, como el pan, las albóndigas y los aderezos se producen para su almacenamiento. Éstos se elaboran ya sea en los restaurantes Subway individuales o a través de proveedores y, después, se mantienen en el inventario en los restaurantes. Se emplean procesos de lotes para fabricar estos productos del modo más eficiente posible asegurando, al mismo tiempo, que se cumplan las normas de calidad.

Cuando un cliente va a un restaurante para ordenar un sándwich, se aplica un proceso de ensamblado a la orden. El consumidor especifica el tipo de pan que deberá usarse, así como cada uno de los ingredientes del sándwich, cada uno puede personalizarse para satisfacer con exactitud las preferencias del cliente. Ésta es la ventaja de un proceso de ensamblado a la orden.

El empleo de procesos, tanto de producción para almacenamiento como de ensamblado a la orden, garantiza que Subway opere de una manera tan eficiente como eficaz. Algunos alimentos se producen en lotes, pero el producto final, el sándwich que el cliente recibe, se produce uno a la vez.

Fuente: Consultado en www.subway.com, 2009.

FIGURA 4.4 Punto de penetración de la orden.



como se muestra en la figura 4.4. En las operaciones de producción para almacenamiento, el punto se ubica después de que se completa el ensamble final; por lo tanto, el cliente sólo puede seleccionar el producto a partir de lo que está disponible en el inventario. En el ensamblado a la orden, el punto de penetración de la orden ocurre tras la fabricación y antes del ensamble final. Ya que el producto se ensambla luego de que se coloca la orden, el cliente puede especificar alguna personalización en términos de los módulos que seleccione. En las operaciones de producción a la orden, el punto de penetración de la orden ocurre antes de la fabricación o antes de ordenar materiales al proveedor en aquellos casos en los que se necesitan materiales o componentes únicos. En la producción a la orden, son posibles muchos tipos de personalización, pero el plazo de entrega para el cliente puede ser más prolongado y el producto es, casi siempre, más costoso.

4.3 DECISIONES DE SELECCIÓN DE PROCESOS

Hemos estado exponiendo dos dimensiones que pueden utilizarse para la clasificación del proceso: el flujo del producto y los enfoques para el cumplimiento de la orden. Estas dimensiones se emplean para construir la matriz de seis celdas que se presenta en la tabla 4.3, la cual contiene las seis combinaciones que se usan en la práctica. Una sola empresa puede aplicar combinaciones múltiples, dependiendo de los productos y de los volúmenes requeridos por el mercado; no obstante, si se utiliza más de un proceso en una sola localidad, puede manejarse el concepto de una planta dentro de una planta para mantener el enfoque, como se describe posteriormente en este capítulo.

Las seis combinaciones se hallan en la industria. Aunque es común que una operación por línea de ensamble use una producción para almacenamiento, también puede emplear un ensamblado a la orden; por ejemplo, se utiliza una línea de ensamble de automóviles para producir una gran variedad de opciones de vehículos para clientes particulares, así como vehículos que se fabriquen para los inventarios de los distribuidores. De igual modo, con frecuencia se recurre a una forma de proceso que se basa en proyectos para la producción a la orden; sin embargo, una compañía constructora puede construir algunas casas con propósitos especulativos, a manera de reserva, para venderlas después.

Asimismo, observe que las seis combinaciones se aplican a las operaciones de servicios. Las operaciones puras de servicios se producen sólo por una orden del cliente, pero puede proporcionarse un servicio facilitando bienes fabricados para su almacenamiento; por ejemplo, en McDonald's, algunos alimentos se elaboran para almacenarse, como las papas a la francesa, mientras que el cumplimiento de la orden del cliente se basa en una producción a la orden y en un ensamblado a la orden.

Para explicar la decisión de la selección del proceso, empezaremos con un ejemplo y haremos inferencias a partir de ahí. Consideremos a la compañía contratista que se mencionó en la sección 4.1, la cual puede optar por construir casas con un proceso basado en proyectos, en lotes o en líneas de ensamble. Con cualquiera de éstos, la empresa también puede optar por hacer las casas para almacenarlas o a la orden del cliente. ¿Cuáles son, entonces, los factores que deben tomarse en cuenta al hacer esta elección?

TABLA 4.3
Matriz de las características del proceso

	Producción para almacenamiento	**Producción a la orden/ ensamblado a la orden**
Continuo y línea de ensamble	Ensamble de automóviles Refinamiento de petróleo Enlatados Cafetería	Ensamble de automóviles Computadoras Dell Localizadores Motorola Comida rápida
Lotes y talleres de trabajo	Taller de maquinados Vinos Fábrica de cristalería Joyería personalizada	Taller de maquinados Restaurante Hospital Joyería personalizada
Proyecto	Construcción de unidades habitacionales Pintura comercial Arte no comisionado	Edificios Películas Barcos

Primero, la compañía debe considerar las condiciones del mercado. El enfoque de línea de ensamble requiere un mercado en masa interesado en casas económicas; el proceso en lotes demanda un mercado de menor volumen para casas de precio mediano y el proceso por proyectos posee un mercado interesado en casas costosas. La decisión acerca de cuál de éstos se escogerá requiere discusiones entre mercadotecnia y operaciones, las cuales serán de carácter interfuncional. Debe evaluarse la competencia en el mercado, ¿puede la compañía ingresar al mercado en el momento correcto y obtener una posición ventajosa? Ello dependerá de los planes de la competencia y de su reacción ante la elección del proceso de la empresa. Al final, el acoplamiento del proceso con el mercado será una decisión estratégica clave, como se expuso a detalle en el capítulo 2.

Segundo, la organización debe pensar en las necesidades de capital. El proceso de línea de ensamble requerirá de una gran cantidad de capital adicional en comparación con el proyecto de flujo de lotes. La línea de ensamble demanda capital para equipar la fábrica y para financiar las instalaciones parcialmente terminadas. Si éstas se construyen con fines de almacenamiento para cubrir las órdenes de los clientes en el momento en que se realicen, se necesitará más capital para financiar los inventarios de productos terminados; en contraste, la construcción de instalaciones para proyectos personalizados implica mucho menos capital, pues sólo se construirán una o algunas pocas en cualquier momento dado y no se precisa una fábrica. La función de finanzas estará íntimamente involucrada con las operaciones al tomar dichas decisiones de capital.

El tercer factor que debe evaluarse es la disponibilidad y el costo de la mano de obra. Los procesos de proyectos y de lotes implican mano de obra calificada de alto costo como plomeros, electricistas y carpinteros. El enfoque de la línea de fábrica utiliza una mano de obra relativamente barata y con poca capacitación. La sindicalización puede afectar tanto la oferta como el costo de la mano de obra. El área funcional de recursos humanos estará implicada en estas decisiones con operaciones debido a la selección del empleado, su capacitación y los aspectos de compensación involucrados.

Por último, la compañía debe pensar en el estado de la tecnología tanto para los procesos como para los productos. ¿Es posible que surjan innovaciones que hagan un proceso obsoleto antes de que se recuperen los costos? La estimación de estas condiciones es parte de la evaluación de riesgo para el proceso. Por lo común, el riesgo, en orden descendente, está dado por la línea de ensamble, los lotes y los proyectos.

En resumen, entre los procesos que se ilustran en la tabla 4.3, cuatro factores parecen influir en la selección del proceso:

1. Condiciones de mercado.
2. Necesidades de capital.
3. Mano de obra.
4. Tecnología.

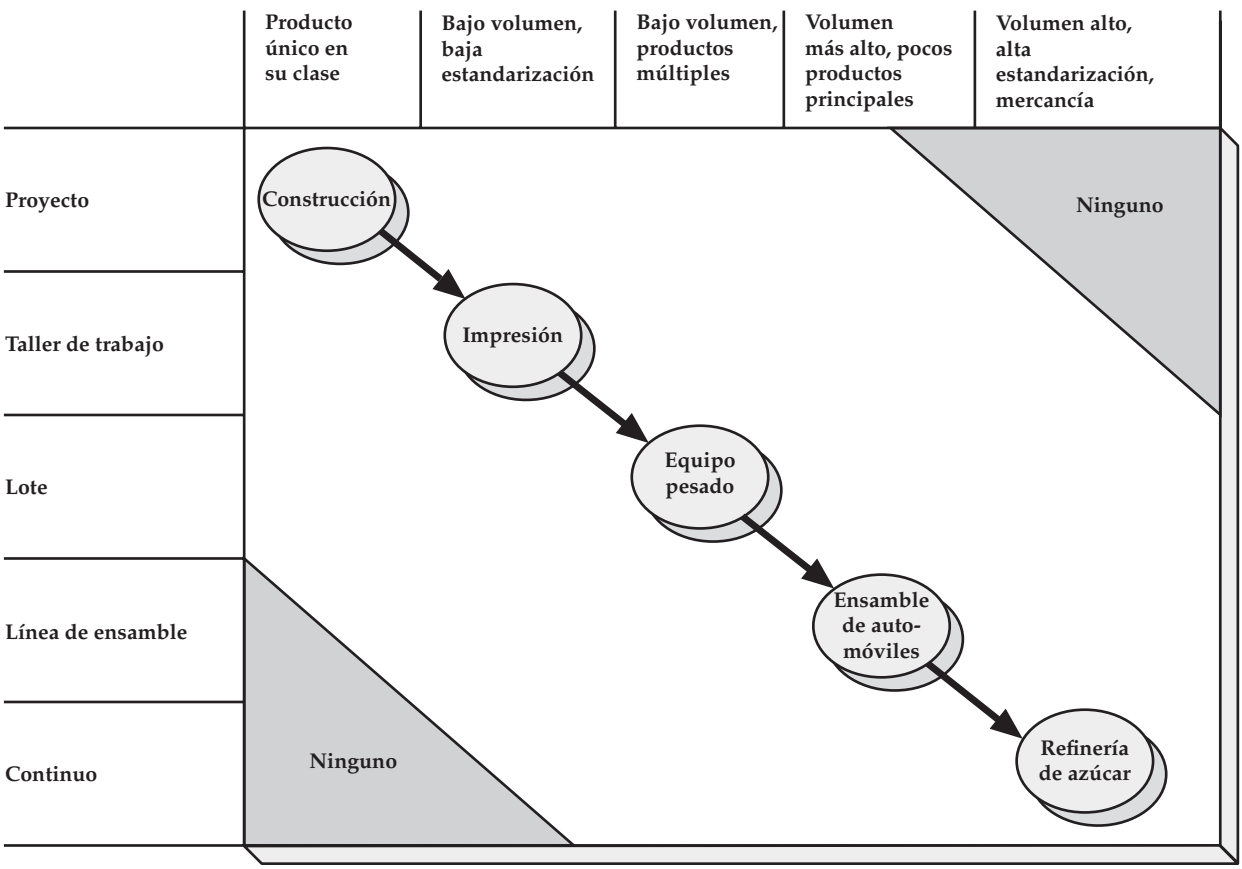
4.4 ESTRATEGIA DEL PRODUCTO-PROCESO

Hasta este momento, hemos estudiado las decisiones del proceso como estáticas, como si la organización tomara la decisión una vez y posteriormente aplicara los procesos seleccionados para siempre. En realidad, las decisiones del proceso son dinámicas, ya que los procesos evolucionan a través del tiempo. Además, las decisiones del proceso están íntimamente relacionadas con las del producto.

Hayes y Wheelwright (1979) propusieron una matriz producto-proceso que describe la naturaleza dinámica de las elecciones de productos y procesos (vea figura 4.5). En la dimensión del producto (horizontal) de la matriz aparece el ciclo de vida de un producto común que va de un producto único en su clase hasta uno estandarizado de alto volumen. Habitualmente, un producto evoluciona del lado izquierdo al lado derecho de la matriz.

En la dimensión del proceso (vertical) de la matriz se representan los diversos procesos, que van de un proceso por proyectos a uno continuo. El proceso tiene un ciclo de vida similar al ciclo de vida del producto y evoluciona desde un tipo de producción con un proyecto único en la parte superior de la matriz hasta un proceso continuo en la parte inferior. Muchos productos han seguido el ciclo de vida del producto y del proceso. A principios del siglo xx, los automóviles se construían en un ambiente de talleres de trabajo antes de que Henry Ford inventara una línea de ensamble móvil. Con frecuencia, los productos electrónicos se fabrican en lotes hasta que tiene el volumen suficiente para soportar un proceso de una línea de ensamble. La mayoría de los ciclos de vida de los productos no requerirán que los procesos evolucionen desde procesos por proyectos hasta continuos, sino que, por lo regular, deberán cambiar una categoría o más entre las que se mencionan en la figura 4.5.

FIGURA 4.5 Matriz producto-proceso.
Fuente: Adaptado de Hayes y Wheelwright (1979).



La mayoría de las organizaciones deben posicionarse a sí mismas en la diagonal de la matriz. Ello significa que un producto de bajo volumen con una alta variedad sería elaborado como un proyecto o a través de un taller de trabajo, pero un producto altamente estandarizado con un alto volumen se produciría por medio de una línea de ensamble o de un proceso continuo. La diagonal de la matriz representa un acoplamiento lógico entre el producto y el proceso.

La **matriz proceso-producto** señala las opciones estratégicas disponibles para las empresas en las dimensiones tanto de productos como de procesos. Con regularidad, la estrategia se representa como aquella que consiste sólo en una elección de productos, pero el proceso puede brindar una capacidad única que ayude a la empresa a competir en el mercado. Así, una posición en la matriz implica una combinación estratégica tanto del producto como del proceso. Tal tipo de posición estratégica necesita una cooperación interfuncional entre mercadotecnia y operaciones para garantizar que se hayan considerado las opciones del producto y del proceso; por ejemplo, si una compañía produce bebidas estándar con un alto volumen, desplazarse hacia un nuevo mercado que demande lotes pequeños de una alta variedad de sabores puede estar en conflicto con sus capacidades actuales de producción. La organización necesitará invertir en nuevos equipos, alterar los equipos actuales o reconsiderar si es capaz de competir en este nuevo mercado.

Muchos especialistas han estudiado la naturaleza de las opciones entre productos y procesos y han concluido que los cambios rara vez ocurren de manera simultánea. Los desplazamientos alternativos verticales y horizontales sobre la matriz son comunes; por ejemplo, la empresa puede optar por aumentar el volumen y la estandarización del producto, desplazándose horizontalmente a la derecha, y posiblemente fuera de la diagonal de la matriz; si el desplazamiento de este artículo a la derecha no va acompañado por una modificación correspondiente en el proceso, el costo unitario del producto puede ser demasiado alto y los competidores pueden explotar esto para obligar a la empresa a volverse a desplazar a su posición original en la diagonal o cambiar el proceso y a desplazarse hacia abajo de la diagonal.

Si llevamos este ejemplo un paso más, una empresa podría verse tentada a desplazarse hacia abajo de la diagonal y adelante de sus competidores y ganar, de este modo, una ventaja competitiva. Eso puede funcionar si el consumidor está listo para aceptar un producto más estandarizado y con un volumen más alto. Si el cliente prefiere una mayor personalización, la compañía puede verse forzada a volverse a desplazar hacia arriba de la diagonal para seguir siendo competitiva.

Sin embargo, todas las organizaciones de la industria no ocupan el mismo sitio en la diagonal de la matriz producto-proceso. Algunas pueden elegir permanecer en la esquina superior izquierda de la matriz; otras pueden desplazarse hacia abajo de la diagonal. Un ejemplo de este comportamiento es la industria de calculadoras. Hewlett-Packard optó por conservar un bajo volumen, una alta variedad y calculadoras de alto precio mientras que el resto de la industria se desplazaba abajo de la diagonal hacia calculadoras estandarizadas, de alto volumen y de bajo precio. Las calculadoras Hewlett-Packard, aptas para diversos nichos especializados del mercado como contabilidad, encuestas e ingeniería eléctrica, pueden exigir altos precios a volúmenes relativamente bajos.

4.5 OPERACIONES ENFOCADAS

Con frecuencia, una compañía tendrá productos que se elaboran en una variedad de volúmenes y con diversos niveles de estandarización. Cuando una empresa mezcla todos estos productos en la misma fábrica, ello puede devenir en desastre. Skinner (1974), quien originó la idea de una **fábrica enfocada**, nos cuenta la historia de una organización de instrumentos electrónicos que fabricaba instrumentos personalizados para piloto automático de bajo volumen y válvulas estandarizadas de combustible de alto volumen en la misma planta. Después de años de perder dinero con las válvulas de combustible, la administración decidió, como último recurso, separar la producción de válvulas de combustible de la

producción de pilotos automáticos mediante la construcción de una pared en el centro de la planta. Además, asignaron un control de calidad separado y un personal de administración de materiales a cada producto, al igual que mano de obra directa, supervisión y equipo separados. Como resultado de estos cambios, las válvulas de combustible se volvieron rentables en cuatro meses y los pilotos automáticos mejoraron su rentabilidad.

En esencia, el problema era el resultado de que se mezclaran dos misiones diferentes en las operaciones: una de bajo costo para los medidores de combustible y una con un desempeño superior del producto y una gran innovación para el piloto automático. Anteriormente, la producción del piloto automático requería cualidades más exigentes en cuanto a calidad, materiales y habilidades que las válvulas de combustible. Como resultado, los costos de las válvulas de combustible se elevaron y los esfuerzos no pudieron dirigirse a cada producto por separado. Cuando sus procesos de producción se apartaron y, por lo tanto, las necesidades específicas de producción de cada producto se individualizaron, cada proceso de producción pudo responder a sus necesidades específicas en cuanto a clientes y mercado.

Asimismo, los servicios pueden perder su objetivo al tratar de hacer *todas las cosas para todas las personas*. Una operación de servicios debe tener una misión bien definida como un costo bajo o una innovación y no ambas cosas; por ejemplo, Walmart está claramente centrada en el costo bajo de su cadena de suministro para apoyar su estrategia de mercadotecnia cuyo eslogan es *ahorre dinero, viva mejor*. En Walmart, el costo bajo se consigue a través de economías de escala en las compras, una cadena de suministro eficiente y bien administrada y operaciones económicas en la tienda. Durante un tiempo, Kmart trató de atacar a Walmart mediante una oferta de precios más bajos, pero sus costos continuaron siendo demasiado altos, lo cual llevó a Kmart a la quiebra. Kmart es un ejemplo de una pérdida de enfoque en la cual la estrategia de operaciones y la capacidad no empataron con su estrategia de mercadotecnia.

La falta de enfoque en las plantas de manufactura y en las operaciones de servicios ha sido el resultado de tratar de lograr demasiadas metas con las mismas instalaciones u operaciones. En algunos casos, la proliferación de productos en los mercados atendidos por la compañía ha conducido a que se elaboren conjuntamente productos incompatibles en las mismas instalaciones. La solución puede ser arreglar a cada producto como una **planta dentro de una planta** (PWP, *plant-within-a-plant*), lo cual implica el establecimiento de un proceso para un producto o línea de productos en forma separada de los demás procesos dentro de las mismas instalaciones. La empresa puede sacrificar algunas economías de escala haciendo, a la vez, un mejor trabajo en términos de la satisfacción de las necesidades de mercado y del mejoramiento de la rentabilidad.

Pueden tomarse en consideración varios tipos de enfoque, como los siguientes:

1. Enfoque del producto.
2. Tipo de proceso.
3. Tecnología.
4. Volumen de ventas.
5. Producción para almacenamiento y producción a la orden.
6. Nuevos productos y productos maduros.

Honeywell recurre a fábricas enfocadas para competir.

Cuando la meta es enfocar las operaciones, pueden combinarse varias de estas dimensiones; por ejemplo, una compañía de refrigeración utilizó el concepto de operaciones enfocadas por medio de la construcción de dos plantas dentro de una planta. Separó la producción de compresores estandarizados de alto volumen y los productos maduros de la producción de compresores de bajo volumen y los productos personalizados. En este caso, una fábrica se dividió en dos fábricas separadas y enfocadas, con los subsecuentes mejoramientos en todas las medidas del desempeño de las operaciones.

Las operaciones de servicios también pueden enfocarse a través de la asignación de diferentes tipos de productos de servicios a dis-

tintas instalaciones; por ejemplo, en un negocio de seguros que vende tanto pólizas de alto precio con servicios intensivos como pólizas de bajo precio sin diferenciación, la utilización del mismo conjunto de trabajadores para atender a ambas pólizas podría causar problemas. Las pólizas de alto precio podrían obtener un nivel muy bajo de servicio mientras que las de bajo precio recibirían un alto nivel de servicios. La solución de este problema consiste en segmentar estas pólizas en dos instalaciones diferentes o dos distintas plantas dentro de una fábrica con fuerzas de trabajo separadas y niveles apropiados de servicio para cada póliza.

4.6 PERSONALIZACIÓN EN MASA

Hasta aquí, hemos expuesto formas tradicionales de procesos de producción; no obstante, con el advenimiento de una manufactura flexible, la personalización en masa es ahora posible. La **personalización en masa** es una estrategia para proporcionar productos con alta personalización en alto volumen. A primera vista, la personalización en masa parece ser un oxímoron, dos palabras que son incompatibles, como un camarón gigante o un silencio ensordecedor, pero esta dicotomía entre la producción en masa y la personalización puede ser superada con el uso de tecnologías modernas, incluyendo computación, robótica, diseño modular e internet.

La producción tradicional en masa se realiza con base en **economías de escala** por medio de un producto estandarizado de alto volumen con pocas opciones. En contraste, la personalización en masa depende de las **economías de alcance;** es decir, una alta variedad de productos a partir de un *solo proceso*. En consecuencia, la personalización en masa proviene de una base económica distinta, un proceso común en lugar de un producto común.

La personalización en masa se refiere a la elaboración de un producto distinto para cada cliente con aproximadamente el mismo costo que los de la producción en masa. Éste es un requisito exigente e implica que algunos productos no pueden personalizarse en masa porque el costo sería más alto.

Uno de los primeros ejemplos de una personalización en masa es el localizador de Motorola. Enfrentándose una intensa competencia del exterior, la compañía decidió personalizar en masa sus localizadores de personas elaborándolos en tamaños de lotes de uno; es decir, cada localizador de personas se elaboraría de acuerdo con las necesidades específicas del cliente. Para lograrlo, Motorola integró un equipo interfuncional que diseñó una línea de ensamble completamente integrada por computadora. Redujeron el número de partes del localizador de personas y utilizaron robots que podían cambiarse rápidamente de un localizador al siguiente, lo que permitió 29 millones de variaciones posibles y un tiempo total de manufactura que se redujo a sólo dos horas desde la recepción de la orden del consumidor hasta el embarque.

Además, el proceso de ingreso de la orden se modernizó para la personalización en masa; los representantes de ventas de campo ingresaban las órdenes de los clientes directamente a computadoras portátiles que enviaban la orden de inmediato a la fábrica. En sólo unas horas, el localizador del cliente había sido ordenado, manufacturado y embarcado por correo nocturno. Este ejemplo ilustra el potencial de la personalización en masa.

Existen tres formas de personalización en masa:

1. La producción modular y el ensamblado a la orden.
2. El cambio (o conversión) rápido (tiempo de preparación de cero entre órdenes).
3. La posposición de opciones.

La **producción modular** puede aportar una variedad de opciones mediante el uso de un proceso de ensamblado a la orden; por ejemplo, Dell recibe una orden de una computadora por teléfono o a través de internet, y la compañía ensambla los módulos o componentes estándar correspondientes rápidamente para satisfacer la orden del cliente. Entonces, la orden es embarcada por correo nocturno de modo que el cliente reciba su pedido en cinco días o menos, aunque eso requiere de un diseño modular, el cual se expuso en el capítulo 3.

Las computadoras Dell están personalizadas en masa para satisfacer la orden de cada cliente.

La **conversión rápida** es la forma de personalización en masa que emplea Motorola para su localizador de personas. En este caso, es fundamental que la producción esté controlada por computadora y que cada orden se identifique en forma única por un código de barras que especifica las selecciones del cliente. Asimismo, es primordial tener un tiempo de conversión casi de cero en el equipo para que un lote con un tamaño de uno pueda fabricarse de manera económica.

La **posposición** se usa para diferir una porción de la producción hasta el punto de entrega; por ejemplo, los talleres de playeras personalizadas pueden estampar un diseño único sobre las playeras de un cliente al momento de la compra. Las impresoras de Hewlett-Packard reciben una configuración final para varios voltajes y fuentes de poder en sus almacenes de Estados Unidos o de otras partes del mundo antes de la entrega. La posposición posibilita la embarcación de unidades estándar a cualquier parte del mundo y la personalización de las mismas en el último minuto.

Desde el punto de vista de la manufactura, la personalización en masa ha transformado la dinámica de la matriz producto-proceso. La automatización flexible hace posible hacer tamaños pequeños de lotes junto con tamaños grandes de lotes sin un gran castigo en los costos; por lo tanto, con una personalización en masa, una empresa puede operar a lo largo de un amplio rango de alternativas de productos sin hacer mayores modificaciones en su proceso. Ello equivale a una posición operativa horizontal más amplia en la matriz; a pesar de eso, la personalización en masa no hace posible fabricar en forma competitiva todos los volúmenes con todas las cantidades posibles de personalización. Existen límites para la personalización en masa, pero no tantos como en las maneras tradicionales de producción. El cuadro de Liderazgo operativo describe el modo en el que Lands' End está aplicando la personalización en masa para ofrecer pantalones vaqueros para hombre y mujer diseñados por el propio cliente.

Ya que algunas de las primeras empresas que manejaron la personalización en masa descontinuaron sus productos personalizados, hay un desacuerdo sobre si la personalización en masa es una estrategia viable para la mayoría de las empresas; por ejemplo, Levi Strauss fue una compañía ampliamente citada que hacía personalizaciones en masa en 1994 cuando introdujo sus pantalones personalizados, los cuales podían ser ordenados desde sus propias tiendas de menudeo. En 2003 ya había descontinuado esta línea de productos.

Liderazgo operativo La personalización en masa y Lands' End

Lands' End Custom produce pantalones vaqueros para hombre y mujer diseñados a la medida para clientes individuales. En un proceso sencillo que implica unos minutos, el consumidor alimenta en el sitio web de Lands' End las características fundamentales y la información en cuanto al tamaño. Las selecciones de estilo de los pantalones son numerosas, incluyendo lo siguiente:

- Corto, regular o largo.
- Dos distintos tamaños de bolsillos.
- Cuatro colores de tela.
- Piernas rectas o terminadas en filo.
- Ajuste relajado o tradicional.

Las medidas del cuerpo, tales como el tamaño de la cintura, cosido interno, forma ajustada, forma del asiento y proporción del cuerpo, se seleccionan también.

La orden se corta y se cose de acuerdo con las especificaciones del cuerpo y se embarca dentro de un periodo de tres a cuatro semanas. El precio es comparable con el de los pantalones disponibles en tamaño estándar. Una ventaja de ordenar los pantalones de Lands' End Custom es que la empresa almacena las preferencias del cliente y éstos pueden reordenar fácilmente a partir del sitio web en el futuro.

Fuente: Adaptado del sitio web de Lands' End 2009: www.landsend.com.

Los productores de automóviles también han luchado por hacer realidad la personalización en masa. Aunque han modularizado exitosamente el diseño de sus automóviles y han reducido los tiempos de conversión, han sido menos exitosos al vincular las preferencias de los consumidores con los procesos de producción; por ejemplo, en la mayoría de los estados de Estados Unidos, los productores no pueden venderle directamente a los clientes y, entonces, la fábrica debe comunicarse con éstos a través de la red de distribuidores. Aparte, a los clientes les gusta elegir el color del automóvil, pero el pintado ocurre al principio del proceso de producción en lotes y ambas características están en conflicto con una personalización en masa.

4.7 RESPONSABILIDADES AMBIENTALES

Más que cualquier otra área de la empresa, las operaciones afectan el medio natural. Desde la selección de insumos al proceso de transformación y hasta el procesamiento de productos y subproductos, las decisiones acerca del proceso de producción pueden tener un gran impacto ambiental. Con regulaciones crecientes y un mayor escrutinio del consumidor, las compañías están considerando continuamente cómo satisfacer las demandas de tales grupos de interés.

Cuando las empresas toman decisiones de selección de procesos, deben considerar el impacto ambiental. Podemos pensar en tres áreas de decisiones que afectan al impacto ambiental.

Primero, hay tecnologías para la **prevención de la contaminación**. Estas inversiones estructurales reducen o eliminan los contaminantes del proceso de producción; por ejemplo, las decisiones de selección de procesos que emplean energía solar en lugar de energía basada en carbón determinan los tipos de contaminación que generará un proceso. Las inversiones para la prevención de la contaminación podrían incluir el diseño de procesos para desperdiciar una menor cantidad de materia prima o la inversión en equipos de procesos modernos que requieran menos insumos de energía. Ambos son ejemplos que ilustran la manera de evitar la contaminación.

Segundo, las tecnologías para el **control de la contaminación** también son inversiones estructurales, difieren de las tecnologías para la prevención de la contaminación en que se usan para tratar o para disponer los contaminantes y de los subproductos perjudiciales que resulten de los productos finales de un proceso. Casi siempre, estas tecnologías se añaden a los procesos actuales que fueron diseñados y comprados en el pasado, tal vez cuando las regulaciones ambientales eran menos rigurosas. El control de la contaminación amplía un proceso existente añadiendo otro paso para lidiar con los subproductos de desperdicio que resultan del proceso.

La tercera categoría de decisiones de procesos relacionada con el impacto ambiental son los sistemas y prácticas de infraestructura que afectan la manera en la que se aplican los procesos. Tales sistemas y prácticas incluyen una nueva capacitación de los trabajadores para emplear los procesos existentes de una nueva manera y para aumentar la coordinación interfuncional en busca de mejoramientos creativos e innovadores en el impacto sobre el ambiente. Además, incluyen sistemas de supervisión y de información asociados con la forma en la que operan los procesos. Los mejoramientos de la infraestructura pueden involucrar cambios en la cadena de suministros; por ejemplo: seleccionar nuevos proveedores que certifiquen que sus materiales se obtienen con métodos sustentables.

A lo largo de los años, se han mejorado de modo notable muchos procesos para aminorar su impacto sobre el ambiente. Desde los cambios en los insumos del proceso, por ejemplo: utilizar papel reciclado en lugar de árboles para manufacturar papel nuevo, hasta un empleo innovador de materiales usados: la fabricación de bancas para parques a partir de botellas de plástico recicladas, operaciones desempeña un papel fundamental en la administración de los aspectos ambientales.

Los ejemplos de las empresas que manejan estas decisiones de procesos son abundantes. En 2008, la U.S. Environmental Protection Agency condecoró a Toyota y a Ford con los

reconocimientos ENERGY STAR por sus progresos obtenidos en la reducción del consumo de energía en sus plantas de producción. Desde 2002, Toyota ha reducido el consumo de energía por vehículo producido en más de 24%. Tales ahorros en energía aportan un ahorro de 26 millones de dólares para Toyota que también realizó *cacerías de tesoros* en donde 60 de sus proveedores buscan mayores ahorros de energía. Por otra parte, Ford ha disminuido el consumo de energía de su proceso de producción en 30% desde 2000; además, en una asociación con Hewlett-Packard, redujeron el impacto de los centros de datos globales. Ford espera reducir el uso de la energía en esta área en 90 por ciento.

Otras responsabilidades ambientales vinculadas con la elección de un proceso incluyen lo siguiente:

1. Reciclado de productos finales, descubrir aplicaciones para los subproductos de los procesos. Ejemplo: las escuelas públicas envían los desperdicios de alimentos a granjas de cerdos.
2. Reciclado de insumos, la utilización de materiales provenientes de otros procesos como insumos de un proceso. Ejemplo: Andersen Windows emplea el aserrín de madera que es un subproducto de un proceso como insumo para un polímero termostático en otra línea de productos.
3. Remanufactura, la restauración y la reutilización de algunos componentes de un producto en la producción de nuevos productos. Ejemplo: Caterpillar recupera y reutiliza muchas partes en su equipo industrial.

4.8 TOMA DE DECISIONES INTERFUNCIONAL

Existen muchas interacciones interfuncionales en las decisiones de selección de procesos. En esta sección, ampliamos esas nociones exponiendo una toma de decisiones interfuncional, iniciando con las interacciones entre mercadotecnia y operaciones.

Mercadotecnia tiene una enorme participación en las decisiones de selección de procesos las cuales requieren de fuertes inversiones de capital y, por lo tanto, hacen difícil cambiar rápidamente los procesos. En muchos casos, los mercados a los que se enfrenta una empresa pueden estarse modificando más rápido de lo que la empresa puede recuperar la inversión de capital proveniente de alternativas de procesos; entonces, mercadotecnia debe trabajar estrechamente con operaciones en estas decisiones para asegurar que puedan satisfacerse las demandas actuales y futuras del mercado, junto con los impactos ambientales.

El papel fundamental de mercadotecnia en la estimación y en la administración de la demanda futura es aparente. Aunque la preparación de pronósticos es una ciencia inexacta, debe realizarse alguna planeación de escenarios para estimar la respuesta apropiada de productos y procesos para diferentes escenarios de demanda; ello hará posible administrar el riesgo inherente en las elecciones de procesos y la inversión de capital asociada. Por otra parte, mercadotecnia debe estar consciente de las implicaciones de las alternativas de procesos relacionadas con la administración de la demanda para dar apoyo a las decisiones de procesos que se tomen.

Otro papel que debe desempeñar el área de mercadotecnia es la estimulación de la demanda en segmentos de mercado que mercadotecnia y operaciones ya han elegido. Deben cultivarse los segmentos seleccionados a través de promociones, publicidad y ventas a efecto de crear un volumen suficiente de trabajo para garantizar la rentabilidad de la estructura de costos del proceso que ya se ha instalado. Eso requiere una cuidadosa selección, desarrollo y mantenimiento de un mercado meta para ajustarse a la elección del proceso.

Finanzas desempeña un papel trascendente en las decisiones de selección de procesos debido a la inversión de capital involucrada. Las opciones de proceso deben sujetarse a un análisis estándar de flujos de efectivo y de valor presente para asegurar que cualesquiera elecciones de procesos que se consideren proporcionen los rendimientos requeridos sobre el capital a un riesgo aceptable. También, finanzas deberá obtener el capital una vez que se

seleccionaron los procesos y deberá proveer el capital para inversiones futuras a medida que los productos, los procesos y los desafíos ambientales evolucionen con el tiempo.

La función de recursos humanos es indispensable en cuanto al suministro de un capital humano consistente con las selecciones de procesos. Como hemos mencionado, el nivel de habilidades de la fuerza de trabajo para los procesos de talleres de trabajo y de lotes es comúnmente más elevado que en los procesos continuos y de líneas de ensamble;[2] además, las líneas de ensamble requieren de trabajadores que puedan aceptar trabajos altamente repetitivos y rutinarios. Recursos humanos debe contratar, capacitar y guiar la administración de la fuerza de trabajo de modo que se coordine con las selecciones de procesos hechas por el área de operaciones.

Los profesionales de sistemas de información y contabilidad deben estar enterados de que distintos procesos poseen diferentes medidas de desempeño y diversas necesidades de datos. El sistema de información y contabilidad diseñado para un proceso de producción a la orden no funciona en una operación de producción para almacenamiento; un sistema de información de talleres de trabajo no funcionará en un ambiente de líneas de ensamble, ya que los métodos utilizados para la programación y el control de inventarios dependen del tipo de proceso seleccionado. El sistema de información y contabilidad debe evolucionar con el proceso seleccionado, ya que implica fuertes inversiones en equipos y programas de cómputo, los sistemas de información y las decisiones de contabilidad deben estar estrechamente coordinados con la elección de procesos.

Hemos mostrado que las opciones de selección de procesos afectan a todas las partes de la empresa, son decisiones estratégicas que determinan las capacidades futuras de la compañía y que, por lo tanto, involucran a todas las áreas funcionales junto con la administración en general. Con una coordinación interfuncional adecuada, los procesos seleccionados pueden ofrecer una ventaja competitiva a la organización y serán apoyados por todas las áreas funcionales.

4.9 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Este capítulo ha subrayado dos dimensiones clave para la clasificación de un proceso: el flujo del producto y el tipo de cumplimiento de la orden. La matriz producto-proceso brinda una base para acoplar las decisiones de producto tomadas por mercadotecnia con las decisiones de procesos adoptadas por las operaciones. En el capítulo se han establecido estos aspectos clave:

- Existen cinco tipo de procesos: continuos, línea de ensamble, lotes, talleres de trabajo y proyectos. Los procesos continuos y de líneas de ensamble son convenientes para los productos estandarizados de un alto volumen que se producen a un costo bajo con una flexibilidad limitada. Los procesos de lotes y los procesos de trabajos de taller son convenientes para los productos con un volumen de bajo a moderado que se personalizan o se fabrican con una alta variedad. La desventaja de dichos procesos es un flujo discontinuo, lo que reduce los ingresos y la eficiencia. Un proceso por proyectos es mejor para los productos únicos o creativos que se elaboran uno a la vez. Requieren de una planeación y una programación intensivas y, por lo general, dan como resultado productos o servicios costosos.
- La segunda dimensión del proceso es el tipo de cumplimiento de la orden: producción para almacenamiento, producción a la orden, o la opción híbrida que es ensamblado a la orden. En la producción para almacenamiento, el ciclo de reabastecimiento de inventarios está separado del de la orden del cliente. En contraste, el proceso de producción a la orden se pone en movimiento a través de las órdenes de los clientes y está engranado con el desempeño de la entrega. El proceso de producción para almacenamiento proporciona productos estándar, mientras que el proceso de producción a la orden es

[2] Con excepción de los trabajadores de mantenimiento altamente capacitados en el área de operaciones.

conveniente para satisfacer las órdenes de los clientes. El proceso de ensamblado a la orden hace en forma anticipada subensambles para el inventario y los integra en un producto final cuando son ordenados por el cliente.

- El punto de penetración de la orden determina el momento en el que la orden del cliente entra al proceso de producción. Esto se relaciona con el modo en que se diseñó la producción: si es para almacenamiento, ensamblado a la orden o producción a la orden.
- La combinación del flujo del producto y del tipo de cumplimiento de la orden da seis tipos de procesos. La selección entre éstos entraña la consideración de las condiciones de mercado, de las necesidades de capital, de la mano de obra y de la tecnología. Tomando en cuenta tales factores, la decisión de selección del proceso siempre es de naturaleza estratégica e interfuncional.
- La matriz producto-proceso aporta una perspectiva dinámica de la decisión de selección del proceso por medio de la consideración del ciclo de vida tanto de los productos como de los procesos. La estrategia se define por medio de una posición en la matriz para el producto y el proceso de la empresa. La matriz ayuda a proporcionar coordinación entre las decisiones de mercadotecnia relacionadas con el producto y las decisiones del área de operaciones asociadas con el proceso.
- Las operaciones enfocadas se utilizan para separar los productos y los procesos que poseen distintas necesidades en términos del proceso de producción o de los mercados atendidos. Cada tipo de familia de proceso o producto debe asignarse a una instalación o debe configurarse una planta dentro de una planta.
- La personalización en masa es la capacidad para fabricar un producto personalizado a aproximadamente el mismo costo que uno en masa. Esto puede hacerse para algunos productos a través del uso de una automatización flexible, robótica, diseño modular y sistemas de información. Hay tres tipos de personalización en masa: producción modular/ensamblado a la orden, conversión rápida y posposición.
- Las responsabilidades ambientales son un desafío importante relacionado con el diseño del proceso. Cuando se toman decisiones acerca de procesos, las empresas deben considerar si desarrollarán procesos estructurales para prevenir o controlar la contaminación o sistemas de infraestructura para el manejo de esos aspectos. Las decisiones de proceso deben considerar los planes para reciclar y remanufacturar los productos.
- Las decisiones de selección de procesos son de carácter altamente interfuncional porque afectan los recursos humanos, el capital, los sistemas de información y la capacidad de la organización para entregar productos al mercado. Así, todas las funciones deben estar enteradas de las decisiones de procesos y del impacto de la selección de un proceso sobre su área funcional en particular y el ambiente.

Términos clave

Proceso continuo
Líneas de ensamble
Lote
Equipo para propósitos generales
Flujo discontinuo
Distribución física del proceso
Distribución física del producto
Taller de trabajo
Proyecto
Razón de ingresos
Producción para almacenamiento
Producción a la orden
Plazo de entrega
Orden en espera
Nivel de servicio
Ensamblado a la orden
Punto de penetración de la orden
Matriz producto-proceso
Fábrica enfocada
Planta dentro de una planta
Personalización en masa
Economías de escala
Economías de alcance
Producción modular
Conversión rápida
Posposición
Prevención de la contaminación
Control de la contaminación

Usted decida

En el futuro, ¿serán todos los productos personalizados en masa y la producción en masa se volverá un vestigio del pasado?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. Jelly Belly Tour
   http://www.jellybelly.com/Virtual_Tour/virtual_tour.aspx

Tome el paseo por la planta de Jelly Belly y describa el proceso utilizado. ¿Es una forma de proceso continuo, en línea, en lotes, en talleres de trabajo o por proyectos?, ¿qué cantidad de automatización se usa?

2. Beachbeat Surfboards
   http://www.beachbeatsurfboards.co.uk/factory/index.html

Visite la manufactura de tablas de surf Beachbeat. Describa el proceso empleado y el método de cumplimiento de la orden.

3. Golden Cheese Company of California
   http://ourworld.compuserve.com/homepages/gccc/plantinf.htm

Realice el paseo virtual por esta compañía de quesos. Observe el tipo de procesos y el cumplimiento de la orden que se utilizan.

Preguntas de análisis

1. Clasifique los siguientes tipos de procesos como continuos, líneas de ensamble, lotes, talleres de trabajo o proyectos:
   a) El consultorio de un doctor
   b) El lavado automático de automóviles
   c) Un programa de estudios universitario
   d) Estudiar para un examen
   e) Inscribirse a clases
   f) Una compañía de servicios públicos de electricidad
2. ¿Por qué los procesos de líneas de ensamble son generalmente mucho más eficientes, pero menos flexibles que los procesos de lotes?
   Menciona tres razones.
3. La tasa de mejoramientos en la productividad en las industrias de servicios ha sido mucho más baja que en la manufactura. ¿Esto puede atribuirse a las decisiones de selección de procesos? ¿Qué problemas estarían involucrados en el uso de procesos más eficientes en las industrias de servicios?
4. Por lo común, en la construcción de rascacielos se usa un proceso por proyectos. ¿Eso conduce a costos más altos? ¿Podrían emplearse procesos más eficientes? En caso de ser así, ¿cómo?
5. Varias industrias, incluyendo las que producen muebles, casas, barcos de vela y ropas de moda, nunca han progresado hacia abajo de la diagonal de la matriz producto-proceso para convertirse en altamente estandarizadas y eficientes. ¿Por qué piensa que esto sea así? ¿Es éste un problema serio?
6. Compare el restaurante costoso con el de comida rápida y la cafetería en términos de las características del proceso como capital, tipo de producto, mano de obra, planeación y sistemas de control.
7. Un empresario planea entrar al negocio de alimentos. ¿Cómo podría decidir abrir una cafetería, un restaurante de comida rápida o uno de lujo? ¿Qué factores deberían considerarse en su decisión?
8. Una compañía se dedica a la fabricación de cucharas de recuerdo a la orden de los clientes. Éstos seleccionan el tamaño de cucharas y pueden especificar el diseño que será grabado sobre ellas, pueden ordenar una o más piezas. La empresa evalúa su incursión al negocio de cucharas de uso diario y vajilla en general para almacenamiento, elaborando así tanto cucharas de recuerdo como vajillas de uso diario. ¿Qué tendría que hacer diferente? ¿De qué manera es probable que cambiaría la organización?
9. ¿Cuáles son las posibles consecuencias de definir una estrategia de mercadotecnia en forma independiente de la estrategia del proceso?
10. ¿Cuáles son las estrategias de las siguientes compañías? ¿Se define la estrategia en términos del producto o del proceso o de ambas cosas?
    a) McDonald's
    b) AT&T Telephone Co.
    c) General Motors
    d) Harvard Business School
11. Suponga que una empresa considera la posibilidad de desplazarse de un proceso en lotes a uno de línea de ensamble para satisfacer mejor las necesidades cambiantes del mercado. ¿Qué preocupaciones podrían tener las siguientes funciones acerca de este cambio propuesto en el proceso: mercadotecnia, finanzas, recursos humanos, contabilidad y sistemas de información?
12. Un nuevo negocio evalúa empezar una nueva planta para elaborar productos estándar y de bajo volumen. Espera que el negocio crezca y que los productos finalmente se vuelvan exitosos y se vendan en altos volúmenes.
    a) ¿Cómo debe configurar el negocio sus procesos de modo que pueda satisfacer las necesidades tanto actuales como futuras?
    b) ¿Cuáles son las implicaciones financieras y de recursos humanos de su respuesta en el inciso *a*)?

13. Proporcione un ejemplo de personalización en masa que no se haya expuesto en el capítulo.
14. ¿Qué técnicas o enfoques pueden usarse para lograr en la práctica la personalización en masa?
15. ¿Cuál es la diferencia entre las economías de escala y las de alcance? ¿Cómo consideran las empresas esto cuando invierten en procesos?
16. ¿Cuáles son algunos de los signos característicos de una operación no enfocada?
17. ¿Cuáles son los pros y los contras de organizar una planta dentro de una planta?
18. ¿En qué circunstancia recomendaría que no se empleara una operación enfocada?
19. ¿Por qué deberían interesarse las operaciones en los aspectos ambientales?
20. ¿Cuáles son las principales formas en las que se manejan los procesos para adaptarse a las regulaciones ambientales?

Bibliografía

Ahmad, Sohel y Roger Schroeder. "Refining the Product-Process Matrix". *International Journal of Operations & Production Management* 22, núm. 1 (2002), pp. 103-124.

Ariss, Sonny S. y Zhang Qingyu. "The Impact of Flexible Process Capability on the Product-Process Matrix: An Empirical Examination". *International Journal of Production Economics* 76, núm. 2 (2002), pp. 135-145.

Blecker, Thorsten y Nizar Abdelkafi. "Complexity and Variety in Mass Customization Systems: Analysis and Recommendations". *Management Decision* 44, núm. 7 (2006), pp. 908-929.

Chakravorti, Sujit y Erin Davis. "An Electronic Supply Chain: Will Payments Follow?" *Chicago Fed Letter* (septiembre de 2004), Special Issue 206a, pp. 1-5.

Chung-Hsing, Yeh. "A Customer-Focused Planning Approach to Make-to-Order Production". *Industrial Management & Data Systems* 100, núms. 3/4 (2000), pp. 180-187.

Guide, V. Daniel R. "Production Planning and Control for Remanufacturing: Industry Practice and Research Needs". *Journal of Operations Management* 18 (2000), pp. 467-483.

Hayes, Robert H. y Steven C. Wheelwright. "Line Manufacturing Process and Product Life Cycles". *Harvard Business Review*, enero-febrero de 1979, pp. 133-140.

Hendry, L. "Proposing a World-Class Manufacturing Concept for the Make-to-Order Sector". *International Journal of Production Research* 40, núm. 2 (2002), pp. 353-373.

Hill, Terry y Alex Hill. *Manufacturing Operations Strategy: Text and Cases*. 3a. ed. Houndmills, Inglaterra: Palgrave Macmillan, 2008.

Klassen, Robert D. y D. Clay Shybark. "The Impact of Environmental Technologies on Manufacturing Performance". *Academy of Management Journal* 42, núm. 6 (1999), pp. 599-615.

Liu, Gensheng (Jason), Rachna Shah y Roger G. Schroeder. "Linking Work Design to Mass Customization: A Sociotechnical Systems Perspective". *Decision Sciences* 37, núm. 4 (2006), pp. 519-545.

Lummus, Rhonda R., Robert J. Vokurka y Leslie K. Duclos. "The Product-Process Matrix Revisited: Integrating Supply Chain Trade-offs". *SAM Advanced Management Journal* 71, núm. 2 (2006), pp. 37-45.

Pine, Joseph B. II. *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition*. Boston: Harvard Business School Press, 1992.

Savaskan, R. Canan, Shantanu Bhattacharya y Luk N. Van Wassenhove. "Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing". *Management Science* 50, núm. 2 (2004), pp. 239-252.

Skinner, Wickham. "The Focused Factory". *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1974, pp. 113-121.

Squire, Brian, Steve Brown, Jeff Readman y John Bessant. "The Impact of Mass Customization on Manufacturing Trade-offs". *Production & Operations Management* 15, núm. 1 (2006), pp. 10-21.

Capítulo 5

Diseño del proceso del servicio

Presentación del capítulo

5.1 Definición del servicio
5.2 Paquete servicio-producto
5.3 Matriz de servicios
5.4 Contacto con el cliente
5.5 Recuperación y garantías del servicio
5.6 Globalización de los servicios
5.7 Empleados y servicios
5.8 Aspectos y términos clave
Usted decida
Ejercicios por internet
Preguntas de análisis
Bibliografía

En la actualidad, la economía de servicios representa más de 80% de los trabajos en Estados Unidos y en la mayoría de las economías industrializadas en Europa y Asia; sin embargo, la producción de servicios a menudo no recibe la importancia que debería en muchos cursos de administración de negocios y de operaciones. Se necesita un incremento en el énfasis sobre el diseño de los procesos de servicios para reflejar su trascendencia en las economías modernas.

A diferencia de la mayoría de los procesos de manufactura que se expusieron en el capítulo 4, observamos procesos de servicios todos los días. Como clientes participamos en el proceso y sabemos de inmediato si estamos recibiendo un buen servicio. ¿Cuándo fue la última vez que disfrutó de un servicio realmente superior? Por desgracia, los servicios de clase mundial son raros; por ejemplo, ¿se sintió usted satisfecho con los servicios para una reparación de su automóvil? ¿Disfruta esperar en el consultorio del doctor? ¿Qué piensa de la mayoría de los servicios de aerolíneas?

Una amplia variedad de organizaciones proporciona servicios, desde los negocios que venden servicios a los clientes (restaurantes, reparación de aparatos) y otros negocios (consultoría, contabilidad), hasta los servicios no lucrativos (cuidados de la salud, educación) y los servicios del gobierno (concesión de licencias, protección policial). En estas organizaciones la función de operaciones varía ampliamente, pero existen elementos comunes que nos permiten estudiar los procesos que se usan en las empresas de servicios.

¿Qué puede hacerse para mejorar los servicios? El diseño del proceso del servicio es un componente esencial para un mejor suministro de los servicios. Retomaremos las ideas de la selección del proceso del capítulo pasado y las ampliaremos a los servicios: a los dominios de las ofertas de producción de servicios, de los diseños de sistemas de servicios, de

Liderazgo operativo Park Place Lexus cambia los servicios a toda marcha

Un espacioso campo verde, un delicioso café de buena mesa, un papel más suave en los sanitarios, ¿es ésta la fórmula para el servicio? No del todo, pero cada uno de esos pequeños detalles pueden ayudar. Ésas son las comodidades que este negociante de automóviles le brinda a sus clientes mientras esperan a ser atendidos.

—Una gran cantidad de negociantes dicen: pongámonos a vender automóviles y a arreglarlos —afirma Jordan Case, presidente de Park Place Lexus (PPL), de las franquicias del área de Dallas. Para ser diferente, PPL tuvo que contemplarse a sí misma de una manera diferente—: Nosotros no sólo vendemos automóviles. Estamos en la industria de servicios— de acuerdo con Kandi Góngora, directora de excelencia organizacional de PPL. PPL envió algunos de sus empleados al hotel Four Seasons local durante un fin de semana—: Quería que supieran cómo se siente estar en el otro extremo de un servicio excelente —señala Case.

PPL empezó concentrando su atención en los detalles de lo que quieren los clientes de su servicio y contratan y capacitan posteriormente a los empleados en términos de la actitud correcta buscada. Tienen numerosos mecanismos de retroalimentación de los consumidores, como llamadas de seguimiento y grupos de enfoque, y usan la retroalimentación en el diseño de sus procesos, por ejemplo, para resolver las preocupaciones de los clientes. Con la meta de

ser *un grupo automotriz minorista sin paralelo en Estados Unidos*, PPL ha alcanzado evaluaciones de satisfacción de los clientes de 99.8% para las ventas de automóviles y de 98% para los departamentos de servicios en sus dos sucursales. Su éxito le ha conferido el Reconocimiento Nacional de Calidad Malcolm Baldrige, el cual se expone con mayor profundidad en el capítulo 8.

Fuente: Adaptado de Mark Edmund. "Shifting Quality into High Gear", *Quality Progress*, septiembre de 2006, pp. 30-36.

la globalización de los servicios, de las garantías de los servicios y del relevante papel que desempeñan los empleados en las organizaciones de servicios. Como un ejemplo de un servicio de clase mundial, consulte el cuadro de Liderazgo operativo en Park Place Lexus, un distribuidor de automóviles.

5.1 DEFINICIÓN DEL SERVICIO

La mayoría de las definiciones de los servicios ponen de relieve la **intangibilidad** de la oferta. Los servicios son, en verdad, intangibles; es decir, sus procesos crean un valor para los clientes mediante la realización de transformaciones que no dan como resultado una entidad física (producto); los servicios pueden ser difíciles de definir y no pueden cuantificarse con facilidad; por ejemplo: ¿los pacientes de un hospital consumen un servicio o servicios múltiples a medida que reciben exámenes y tratamientos, tal vez numerosos en cuanto a cantidad? En lugar de especificar una definición formal de un servicio, deben considerarse las características de tales procesos y sus implicaciones tanto para los administradores como para los clientes.

La **producción y el consumo simultáneo** son una característica fundamental de los servicios pues implican que el consumidor puede estar en el sistema de producción mientras ocurre dicha producción. El cliente puede introducir incertidumbre en el proceso colocando exigencias sobre el proveedor del servicio en el momento de la producción. Asimismo, la simultaneidad de la producción y del consumo significa que la mayoría de los servicios no pueden almacenarse; algunos ejemplos son los servicios fiscales y contables, los servicios al menudeo, los de reparaciones de automóviles y de aparatos y los que provee el gobierno. Una producción y un consumo simultáneos entrañan que el servicio deba

TABLA 5.1
Diferencias entre la manufactura y el servicio

Manufactura	Servicio
El producto es tangible	El servicio es intangible
La propiedad se transfiere en el momento de la compra	La propiedad generalmente no se transfiere
El producto puede ser revendido	No es posible ninguna reventa
El producto puede demostrarse antes de la compra	El servicio no existe antes de la compra
El producto puede almacenarse en el inventario	El servicio no puede almacenarse
La producción precede al consumo	La producción y el consumo son simultáneos
El producto puede ser transportado	El servicio no puede transportarse (aunque los productores sí pueden ser transportados)*
El vendedor produce	El comprador puede ejecutar una parte de la producción

* Las excepciones son la electricidad y los servicios de comunicaciones.

localizarse, por lo regular, junto al consumidor, de modo que el cliente pueda transportarse al sitio donde se ubica el proveedor del servicio o viceversa; algunas excepciones son los servicios de comunicaciones y de electricidad que pueden proporcionarse a lo largo de distancias considerables (por ejemplo, transmisiones televisivas, centros de llamadas y energía eléctrica).

Es importante distinguir entre los procesos de servicios que corresponden a las **oficinas del frente** y los que pertenecen a las **oficinas del fondo**. Los procesos que requieren de la presencia o de la interacción con el consumidor son procesos de servicios de la oficina del frente, mientras que aquellos que no implican la presencia del cliente son procesos de la oficina del fondo; por lo tanto, la importancia de una producción y un consumo simultáneos se aplica a los servicios de la oficina del frente porque el cliente está participando en el proceso. Por ejemplo, los cajeros bancarios y los dentistas ofrecen servicios en la oficina del frente cuando interactúan con los consumidores. Tal interacción dentro del proceso de servicio entre los proveedores y los clientes es de gran relevancia para el diseño del proceso de servicio, pero es del todo extraña para las compañías manufactureras. Daremos cuenta de esta interacción con el cliente a medida que expongamos los procesos de servicios en este capítulo.

En contraste, los servicios de la oficina del fondo pueden ejecutarse en forma separada de su consumo por parte del cliente. El procesamiento de cheques en los bancos y el desarrollo de los rayos X en las oficinas dentales son procesos de la oficina del fondo que no se producen ni se consumen de manera simultánea, aunque se vuelven valiosos para el cliente un tiempo después de que se ejecuta el trabajo; por lo tanto, los procesos de la oficina del fondo no tienen que adecuarse a una interacción con el cliente.

Puesto que las características de los servicios varían ampliamente y el grado de interacción entre el proveedor y el cliente también, resulta complicado hacer generalizaciones acerca de los servicios; no obstante, son del todo distintos de la manufactura. Algunos de los contrastes de importancia entre la manufactura y los servicios se muestran en la tabla 5.1.

La definición de un paquete servicio-producto que se presenta en la siguiente sección aporta un fundamento para las actividades de la administración; además, un sistema de clasificación distingue entre los distintos tipos de servicios y las tareas asociadas de la administración. Tal sistema (la matriz de servicios) se expone más adelante en el capítulo.

5.2 PAQUETE SERVICIO-PRODUCTO

Antes de que se diseñe el proceso para el suministro de un servicio, debe definirse el paquete servicio-producto. El **paquete servicio-producto** consta de tres elementos:

1. El servicio tangible (**servicio explícito**).
2. Los beneficios intangibles o psicológicos del servicio (**servicio implícito**).
3. Los bienes físicos (**la expedición de bienes**).

La mayoría de los servicios vienen empaquetados con servicios tangibles, beneficios intangibles y la expedición de bienes; por ejemplo, cuando los clientes acuden a un restaurante de comida rápida, reciben tanto un servicio tangible (explícito), el cual ellos esperan que sea rápido y exacto, como la expedición de un bien, el alimento. En este caso, los beneficios intangibles (servicio implícito) son los sentimientos del consumidor acerca de la interacción y de la amenidad del entorno. Muchos servicios (por ejemplo, los médicos) poseen bienes que se expiden de manera fija, como las oficinas y los equipos que se emplean, pero no se consumen durante la prestación del servicio.

En el caso de un viaje en un taxi, el servicio explícito es el transporte de un lugar a otro e incluye las percepciones y las experiencias del cliente como el sonido, la vista, el olfato y cómo siente el viaje. El servicio implícito es la sensación de bienestar y seguridad que el viaje en taxi debe proporcionar de forma ideal. Finalmente, el taxi en sí es el bien que se expide. En el diseño del servicio es esencial no hacer una ponderación excesiva en un elemento del paquete servicio-producto y descuidar los demás. A menudo, se acusa a los taxistas de Nueva York de cometer precisamente este error cuando dicen: *Usted ya obtuvo su viaje, ¿por qué se queja?*

La mayoría de los servicios requieren de un diseño más complejo que un viaje en taxi. En el capítulo 3, se explicó la implantación de la función de calidad para los servicios de entrega de Pizza U.S.A., este ejemplo puede utilizarse para ilustrar el paquete de servicio-producto. El servicio explícito es la disponibilidad del servicio de entrega y el tiempo que se necesita para ella. El servicio implícito se relaciona con la apariencia pulcra y la cortesía en el trato del agente de reparto. Estos servicios implícitos contribuyen a un sentido de profesionalismo y de seguridad para el cliente. Los bienes que se expiden son la pizza misma, la cual debe entregarse caliente al consumidor, y el vehículo para el reparto de las pizzas.

Como ejercicio, definamos los servicios explícitos, los servicios implícitos y los bienes que se expiden para una estación de esquí. El servicio tangible (explícito) es la experiencia que perciben los cinco sentidos en el chalé, las tiendas y los descensos en esquí. Esto incluye las interacciones con los empleados de la estación, la experiencia visual, el aseo de las pendientes y la naturaleza desafiante de los descensos. El servicio implícito es el hecho de divertirse y la euforia del esquí. Los bienes que se expiden son las telesillas, los edificios y la montaña misma. La estación de esquí debe asegurarse de la planeación y la administración de los tres aspectos del paquete servicio-producto.

La figura 5.1 brinda más ejemplos de una variedad de paquetes servicio-producto. Observe que, por lo común, la mayoría de los paquetes los proporcionan las organizaciones de servicios; por ejemplo, tiendas de abarrotes de autoservicio, restaurantes de comida rápida y mantenimiento de automóviles, mientras que un automóvil se considera, de ordinario, un producto manufacturado. Aquí, incluimos al automóvil como un ejemplo de un paquete servicio-producto ya que la compra de un nuevo vehículo incluye varios elementos de servicios que los clientes reconocen y que están dispuestos a pagar. El paquete del automóvil no sólo contempla al producto físico, sino la capacidad para hacer un recorrido de prueba y para financiar al producto en la concesionaria además de la garantía del productor sobre el automóvil. La combinación de dichos elementos de servicios con el producto constituye lo que consideramos un paquete producto-servicio (o, simplemente, producto-servicio).

La tarea de la administración de operaciones, antes de entregar cualesquiera servicios a los clientes, estriba en diseñar el sistema de servicio. Ese sistema incluye el diseño de los procesos que se usarán para ofrecer los servicios, incluyendo detalles como la tecnología utilizada en el diseño del proceso, los tipos de empleados necesarios e incluso la apariencia de éstos y las instalaciones. Aunque la administración de operaciones puede controlar de una manera muy estrecha el servicio explícito y los bienes que se expiden, los servicios implícitos —el sentimiento que experimentan los clientes del servicio— son, obviamente, más difíciles de controlar (y pueden variar de un cliente al otro); por lo tanto, es primordial que la administración emplee los medios que tiene disponibles, por ejemplo: tecnología o empleados, para hacer su mejor esfuerzo en cuanto al diseño del sentimiento que se pretende infundir al sistema de servicio.

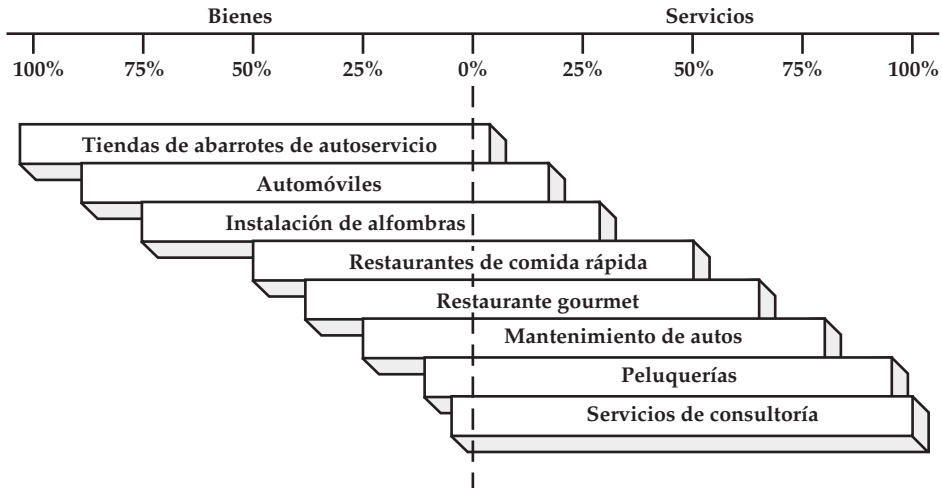


FIGURA 5.1
Comparación de varios paquetes de bienes y servicios.

En el capítulo 3, nos referimos al diseño del producto y de los procesos en forma conjunta. Este aspecto es, de hecho, más trascendente para los servicios. En muchos casos, el proceso del servicio es el producto y, entonces, resulta imposible separar el diseño de producto del de proceso. También, la entrega del servicio es un acto simultáneo de mercadotecnia y de operaciones que requiere tanto las señales visuales correctas como procesos que funcionen bien. Así, la cooperación interfuncional es la esencia del diseño y la entrega del servicio. El servicio no puede otorgarse sin ello.

Al igual que los productos, los servicios cuentan con cadenas de suministro, aunque pueden estar menos relacionadas con el flujo del producto físico y más con el flujo del trabajo y de la información. Los servicios usan inventarios y, en consecuencia, se apoyan en cadenas de suministro de productos para proporcionar el inventario; pero, asimismo, se fundan en un trabajo intangible, en información y en flujos financieros. Por ejemplo, un paciente de un hospital requiere de procesos de servicios explícitos para su tratamiento (cirugía, tal vez) y, adicionalmente, del flujo de trabajo de pruebas de laboratorio externas, de la información y los flujos financieros de los aseguradores y de la coordinación del trabajo y de la información a medida que el paciente es desalojado del hospital hacia un centro de rehabilitación. Una red tan compleja de las actividades de la cadena de suministro refleja las actividades de las cadenas de suministro basadas en productos, aunque, por lo general, incluye tanto flujos tangibles de productos como flujos intangibles de trabajo.

5.3 MATRIZ DE SERVICIOS

Existen muchas formas de pensar en los servicios, las opciones que se plantean a los clientes y la variedad de maneras en las cuales pueden brindarse o llevarse a cabo; por ejemplo, algunos pueden proporcionarse sólo de un modo estandarizado y cada cliente obtiene más o menos el mismo servicio; otros son altamente personalizados de acuerdo con las preferencias del cliente y nunca se repite exactamente el mismo servicio para otro consumidor. El reto de la administración reside en diseñar el proceso correcto para ajustarse a las peticiones del cliente.

Para incorporar tanto las preferencias de los clientes como el diseño del sistema de servicio, Collier y Meyer (1998) sugieren la **matriz de servicios,** la cual se ilustra en la figura 5.2. En la parte superior de la matriz se localiza la dimensión de las *necesidades y deseos del cliente*, que captura el paquete de servicios (o paquete servicio-producto) que están buscando los consumidores. Tal dimensión incorpora la cualidad única de las demandas de un cliente a otro, una indicación de la incertidumbre y de la variación introducidas en las operaciones por los clientes individuales. Los consumidores que poseen básicamente las mismas necesidades y deseos pueden ser atendidos por procesos que son altamente

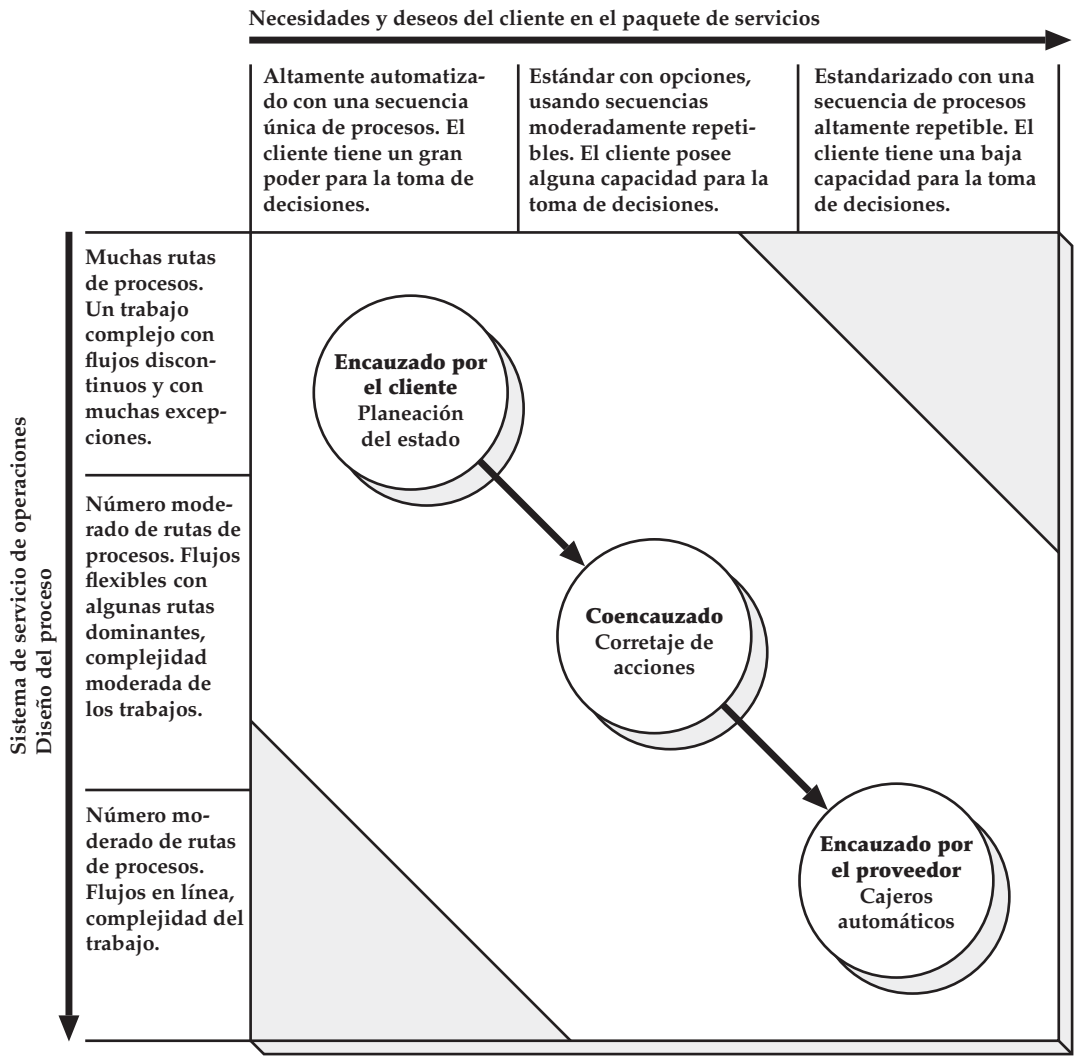


FIGURA 5.2
Matriz de servicios.
Fuente: Adaptado de Collier y Meyer (1998).

estandarizados y rutinarios, mientras que aquellos con deseos y necesidades de tipo único deben atenderse por procesos que permitan una gran variedad de modificaciones y altos niveles de personalización.

El lado vertical de la matriz de servicios representa el *sistema de servicios de operaciones* que incluye al diseño del proceso. Esta dimensión captura el número de distintas rutas que pueden tomar los clientes en el proceso del servicio; en otras palabras, este lado de la matriz responde a la pregunta: ¿en cuántas formas se puede otorgar el servicio? Varía desde una o un número pequeño de rutas hasta, prácticamente, un número infinito. Un número pequeño de rutas permite pocas opciones en cuanto a la forma en la que se presta el servicio; sin embargo, un número infinito hace posible que el servicio sea diferente cada vez que se da.

Cuando se consideran ambas dimensiones de la matriz, pueden identificarse tres tipos de servicios. En los **servicios encauzados por el cliente**, éste desea una experiencia única y altamente personalizada. Los consumidores tienen una gran cantidad de poder de toma de decisiones para determinar los componentes del servicio así como la manera, el momento y la secuencia con las que se habrán de facilitar. En estos servicios, cada cliente pretende un conjunto distinto de experiencias y el proceso del servicio debe permitir una gran cantidad de opciones e interacción personal con el consumidor. Dichos servicios se llevan a cabo empleando procesos altamente flexibles y pueden basarse en trabajadores muy capacitados para proporcionar el conjunto correcto de experiencias a efecto de satisfacer las

necesidades y los deseos del cliente. Los entrenadores personales, las compras por internet y los museos son ejemplos de servicios encauzados por el cliente; son similares a aquellos que se suministran a través de los talleres de trabajo y que se describieron en el capítulo anterior en términos de su flexibilidad para ser personalizados.

En la gama media tanto de las necesidades y los deseos de los clientes como del diseño de los sistemas de servicios, los **servicios coencauzados** ofrecen un número limitado de alternativas para los consumidores con procesos moderadamente estandarizados; los servicios médicos y de corredores de valores se ubican en esta categoría. Un curso de golf es otro ejemplo de un servicio coencauzado en el que la administración diseña el curso de modo que se juegue con una secuencia estandarizada (del hoyo 1 al 18), pero dentro del sistema de servicio los clientes tienen un grado razonable de poder de toma de decisiones en cuanto a la manera en la que escogen jugar.

Finalmente, los servicios altamente estandarizados se prestan usando un diseño de **servicios encauzados por el proveedor**. Éstos se caracterizan por procesos que permiten pocas opciones durante la entrega del servicio y están adaptados a clientes cuyas necesidades son muy similares entre sí; los cajeros automáticos bancarios (ATM, *automatic teller machines*) son sistemas de servicios con un número muy limitado de rutas que los clientes pueden elegir, proporcionan un conjunto restringido de servicios y existen pocas opciones del cliente en cuanto al uso del cajero automático. Los clientes cuyas necesidades no quedan satisfechas por un cajero automático deben interaccionar con el banco a través de otros medios, como llamar por teléfono o visitar la sucursal bancaria. Comer en McDonald's y obtener una prueba de sangre son otros ejemplos. Los servicios encauzados por el proveedor son de carácter similar al proceso de líneas de ensamble, descrito en el capítulo anterior; nos referimos a ellos como encauzados por el proveedor pues es precisamente el proveedor, ya sea un individuo o una organización, quien decide cómo se llevará a cabo el servicio.

La matriz de servicios no sólo tiene como finalidad clasificar los distintos tipos de servicios, sino indicar cómo difiere la tarea de administración de operaciones en los servicios; por ejemplo, los servicios encauzados por el proveedor requerirán la vigilancia de la administración de operaciones para automatizar e invertir capital, pero los servicios encauzados por los clientes demandarán más atención en la administración de recursos humanos y en los aspectos de una tecnología flexible.

Como en la matriz de producto-proceso que se presentó en el capítulo 4, la mayoría de las empresas se localizarán en la diagonal de la matriz de servicios, indicando una alineación entre el paquete de servicios y el proceso de servicios. Tanto la elección de cuáles segmentos del mercado deben atenderse (dimensión horizontal) como las decisiones asociadas con diseño del proceso del servicio (dimensión vertical) son estratégicas. Las funciones de mercadotecnia, operaciones y recursos humanos deben trabajar estrechamente para garantizar que las oportunidades externas y las capacidades internas hayan sido consideradas durante la planeación estratégica.

La principal diferencia entre la matriz de servicios y la de producto-proceso que se expuso en el capítulo 4 es que, casi siempre, el diseño del proceso del servicio no varía con el volumen del cliente. En la matriz producto-proceso, el volumen y la personalización de la oferta de un producto son los factores primordiales al determinar el proceso de producción más apropiado. En contraste, a menudo los servicios se proporcionan empleando el mismo proceso ya sea que se brinden en volúmenes pequeños o grandes; por ejemplo: se usan procesos muy parecidos para un servicio médico como la fijación de una pierna rota indistintamente de si el servicio se da en un hospital grande de 2 000 camas con muchos pacientes o en uno más pequeño de 120 camas. De manera semejante, los restaurantes de comida rápida tratan a los clientes del mismo modo independientemente del número de consumidores que atiendan y sin consideración del tamaño de la orden del cliente. Para incrementar el volumen, los restaurantes de comida rápida abren más sucursales, pero el proceso del servicio es el mismo. El grado de personalización de un servicio, en lugar del volumen, es la característica fundamental que afecta al diseño del proceso del servicio y a la forma en la que éste se ofrece.

El autoservicio de los cajeros automáticos atrae a muchos clientes y, a la vez, proporciona eficiencia.

Asimismo, el **autoservicio** de los clientes es una consideración en el diseño del proceso del servicio. Los consumidores pueden desempeñarse como mano de obra en ciertos puntos clave de un proceso de servicio, como al empacar sus propios abarrotes, o pueden completar la totalidad del proceso de un servicio de manera independiente, como ocurre cuando llenan los tanques de sus automóviles en una gasolinera. Por lo común, el autoservicio beneficia a la empresa ya que los clientes aportan una mano de obra *gratuita* durante el suministro del servicio. Para que el autoservicio sea un componente exitoso del diseño del servicio, las compañías deben diseñar sus procesos de servicio con todo cuidado en términos de simplicidad y satisfacción del cliente.

El autoservicio es posible para cualquiera de los tipos de servicios que se definieron en la matriz de servicios, desde servicios estandarizados simples hasta servicios altamente personalizados. Un aspecto sustancial para los administradores de operaciones es el diseño favorable de un autoservicio que los clientes puedan hacer y así lo deseen. Aunque el relativamente sencillo autoservicio que se ofrece en los cajeros automáticos es atractivo para una amplia gama de segmentos de clientes, tener que extraer la mercancía seleccionada de los estantes del almacén (por ejemplo, en las tiendas IKEA) puede limitar la atracción de un servicio al menudeo para algunos segmentos. En relación con las necesidades de servicios más altamente personalizados, como la planeación de unas vacaciones complejas, algunos clientes se deleitan con las complicaciones del autoservicio en los sitios web, pero otros encuentran más sencillo comprar los servicios a un agente de viajes. Una comprensión de las necesidades de los segmentos de clientes fijados como meta de una organización debe servir como una guía para el diseño correcto del proceso del servicio.

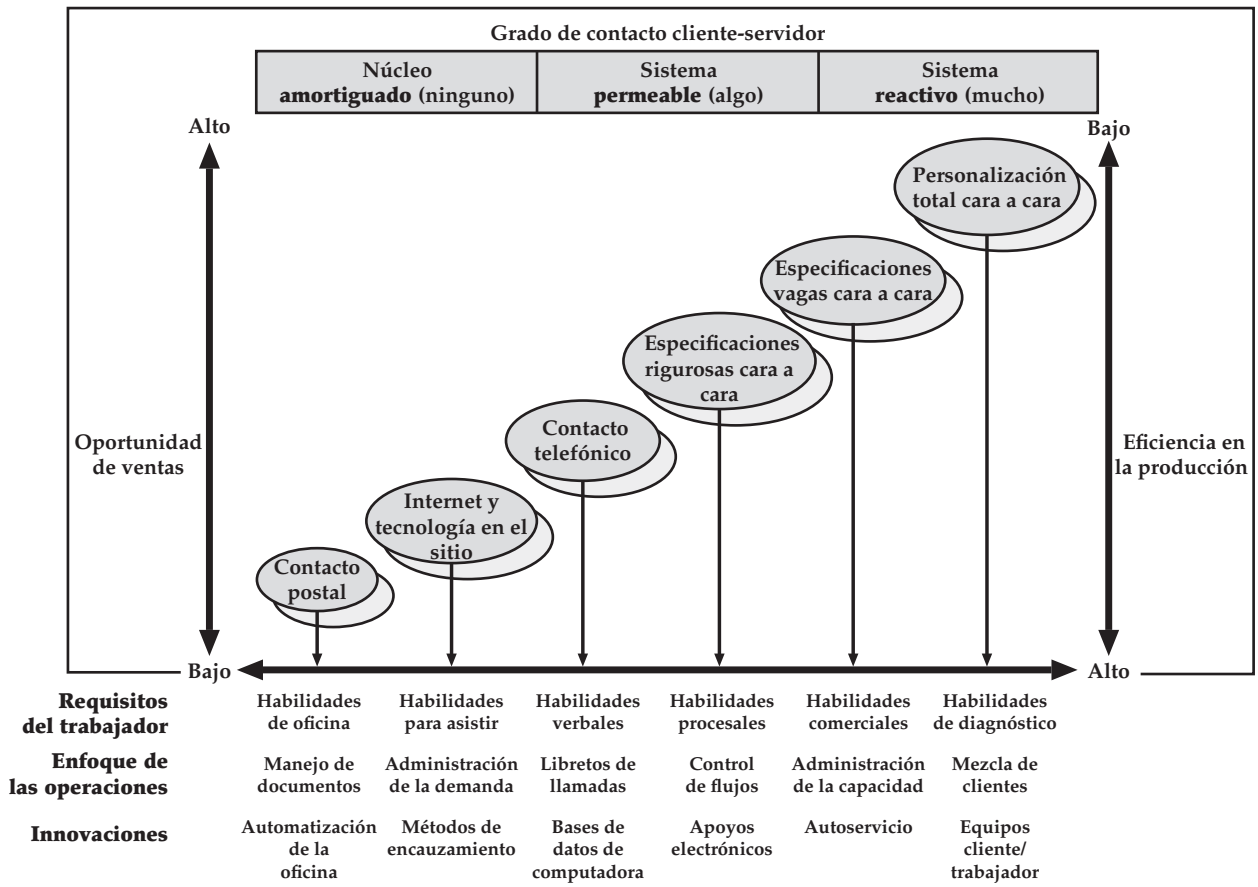
5.4 CONTACTO CON EL CLIENTE

A continuación, analizaremos con detalle las interacciones entre los clientes y las organizaciones de servicios para entender la administración del **contacto con el cliente**. Chase y Tansik (1983) relacionan el diseño del proceso con el alcance del contacto con el cliente. En un proceso de bajo contacto, es posible amortiguar o eliminar al consumidor del proceso de producción del servicio, lo que permite una mayor estandarización de los procesos y, por lo tanto, una mejor eficiencia. Algunos ejemplos de sistemas de bajo contacto son el procesamiento de órdenes de catálogo y las transacciones de los cajeros automáticos; como se indicó antes, esos servicios se diseñan con el uso de un enfoque encauzado por el proveedor. Observe la figura 5.3 en la cual los servicios de bajo contacto son referidos como de núcleo amortiguado porque estos procesos se amortiguan o se eliminan en términos de la interacción con el cliente.

En el otro extremo del espectro del contacto, los sistemas de alto contacto incluyen al cliente dentro del sistema durante la producción del servicio. Algunos ejemplos son los dentistas, los cortes de pelo y la consultoría. En estos sistemas, el cliente puede introducir incertidumbre al proceso con la pérdida de eficiencia resultante; por ejemplo, un cliente puede imponer requisitos únicos sobre el proveedor del servicio, dando como resultado la necesidad de más tiempo de procesamiento. En este caso, a menudo el diseño del sistema del servicio será encauzado por el cliente a menos de que la personalización haya estado limitada por el proveedor en estos sistemas de alto contacto. Dichas interacciones se identifican como reactivas en la figura 5.3 ya que el proceso del servicio debe reaccionar a las peticiones del cliente. En la parte media del contacto con el cliente, los sistemas permeables poseen procesos que son penetrados por los consumidores en formas razonablemente restringidas, por lo regular a través del teléfono o de un contacto cara a cara limitado.

FIGURA 5.3 Matriz de contacto con el cliente.

Fuente: Adaptado de Richard B. Chase, F. Robert Jacobs y Nicholas J. Aquilano. *Operations Management for Competitive Advantage*, 10 ed. Nueva York: McGraw-Hill, 2004.



Los administradores de operaciones deben interesarse en el contacto con el cliente, puesto que los altos niveles de contacto pueden introducir variabilidad dentro de un proceso. La variabilidad es un desafío para los administradores, ya que dificulta la planeación de la capacidad y puede dar como resultado líneas de espera. La variabilidad dentro del proceso es el resultado de la incertidumbre introducida por los clientes, la cual se manifiesta en muchas formas. Frei (2006) clasifica a la **variabilidad introducida por el cliente** en distintos tipos de incertidumbre:

- Variabilidad en cuanto a la llegada: incertidumbre en relación con el momento en el que los clientes llegarán para consumir un servicio.
- Variabilidad en cuanto a la solicitud: incertidumbre en relación con lo que los clientes pedirán en el paquete de servicio-producto.
- Variabilidad en cuanto a la capacidad: incertidumbre en relación con la capacidad de los clientes para participar en un servicio.
- Variabilidad en cuanto al esfuerzo: incertidumbre en relación con la disposición de los clientes para ejecutar las acciones apropiadas.
- Variabilidad en cuanto a preferencias subjetivas: incertidumbre en relación con las preferencias intangibles de los clientes en cuanto a cómo se lleva a cabo el servicio.

Esta autora argumenta que las empresas de servicios deben superar los desafíos de la administración de tales tipos de incertidumbre para ser lo más eficientes posible. Las compañías que tratan de adecuarse a todos los tipos de incertidumbres introducidas por el

cliente pueden encontrar que el costo del suministro del servicio empieza a alejarse vertiginosamente del control. La administración de la incertidumbre, ya sea mediante el uso de medios creativos para reducirla o a través del descubrimiento de medios de costo bajo para adecuarse a ella, aporta una mejor solución.

Chase y Tansik (1983) proponen que los sistemas de alto contacto pueden conducir a una pérdida de eficiencia tal como se describe a continuación:

$$\text{Ineficiencia potencial} = f(\text{grado de contacto con el cliente})$$

La medida del grado de contacto es la cantidad de tiempo que el cliente está en el sistema mientras que se elabora el servicio; por ejemplo, un sistema altamente eficiente es aquél en el que no hay contacto con el cliente y donde la orden puede procesarse lejos del mismo. En McDonald's, el grado de contacto con el cliente puede ser de alrededor de 70%. La mayor parte de procesamiento de la orden del cliente se hace en el mostrador frontal mientras el cliente está esperando; sin embargo, una parte del alimento puede prepararse en el cuarto del fondo y en forma alejada del cliente.

Los altos niveles de contacto pueden ser costosos en términos de la eficiencia perdida, pero ofrecen oportunidades para incrementar las ventas a los clientes, dando como resultado un incremento en los ingresos para la empresa de servicios, como se presenta en la figura 5.3; por ejemplo, con frecuencia, los consultores tienen un alto grado de contacto con los clientes y tales interacciones les brindan oportunidades para un trabajo adicional de consultas y, por consiguiente, de ingresos extra.

Chase y Tansik (1983) han abogado por la separación de sistemas de servicios de alto contacto y de bajo contacto. Por lo común, se hace referencia a esta separación como la oficina del frente (alto contacto) y la oficina del fondo (bajo contacto). Las operaciones de las oficinas del frente implican una intensa interacción con el consumidor, mientras que la oficina del fondo opera de un modo más parecido a una fábrica tradicional. La separación de los servicios de alto y de bajo contacto es una aplicación del principio de operaciones enfocadas que se expone en el capítulo 4.

Las características de los servicios de alto y de bajo contacto son las siguientes:

- Los servicios de bajo contacto se utilizan cuando no se requiere de una interacción cara a cara; por ejemplo, las operaciones de embarque o el procesamiento de cheques en los bancos.
- Los servicios de bajo contacto demandan empleados con habilidades técnicas, rutinas eficientes de procesamiento y estandarización del productor y del proceso. Los servicios de alto contacto requieren de empleados que sean flexibles, agradables y que estén dispuestos a trabajar con el cliente (el factor de la sonrisa).
- Las operaciones con un bajo nivel de contacto pueden funcionar a niveles promedio de demanda y uniformar los picos y depresiones de esta última. Los proveedores de un servicio de alto contacto deben responder de inmediato a medida que ocurre la demanda en situaciones de gran congestionamiento.
- Los servicios con un alto nivel de contacto involucran precios más altos y de una mayor personalización debido a la naturaleza variable del servicio.

El servicio de las aerolíneas es de alto contacto con poca variabilidad por parte del cliente.

Aunque el contacto con el cliente es un componente importante en el diseño del sistema del servicio, no es la única consideración. La administración del contacto con los clientes se vuelve crecientemente desafiante con los incrementos en la duración total de la interacción y la riqueza de la información intercambiada durante la interacción. El carácter de la incertidumbre introducida por el cliente también es de gran importancia; por ejemplo, el contacto puede ser alto, pero si la interfaz del cliente está estandarizada o si éste proporciona un autoservicio, la eficiencia es todavía posible. En los restaurantes de comida rápida el contacto con el cliente es relativamente alto, pero

la naturaleza del contacto es altamente controlada en contraste con un restaurante de lujo, donde hay más incertidumbre en relación con lo que el cliente pueda pedir; por lo tanto, el alto contacto, por sí mismo, no siempre es ineficiente; se vuelve así cuando los clientes introducen incertidumbre o no aportan un autoservicio.

5.5 RECUPERACIÓN Y GARANTÍAS DEL SERVICIO

La **recuperación del servicio** es otro elemento de importancia de la administración de servicios y es un factor cuando hay una falla en el servicio; en otras palabras, cuando algo sale mal durante el suministro de un servicio. La recuperación del servicio consiste en las acciones necesarias para compensar la falla y restaurar, si es posible, el servicio solicitado por el cliente; por ejemplo: cuando existe una falla de energía, la recuperación de servicio es el tiempo que se necesita para que la compañía eléctrica restaure el suministro de energía; en un restaurante, si el mesero derrama la sopa en el regazo de un cliente, la recuperación del servicio incluye la ayuda para secar las ropas con servilletas, la profundidad de las disculpas pedidas y la oferta de mandar a lavar en seco la ropa del cliente por cuenta del restaurante. Con frecuencia, cuando la recuperación del servicio es expedita y se ejecuta de manera adecuada, el consumidor acepta la falla del servicio y la recuperación y queda satisfecho con la experiencia general del servicio. El aspecto a considerar es que la recuperación del servicio debe ser rápida y apropiada a los ojos del cliente. Debido a que de vez en cuando las fallas en el servicio son casi inevitables, las empresas de servicios deben diseñar procesos de recuperación para asegurar que tales acciones se tomen de modo consistente.

Todos tenemos ejemplos personales de la recuperación de los servicios. Recientemente, el periódico matutino no fue entregado en la casa de uno de los autores. Después de que se hizo una llamada a la oficina del periódico, se entregó manualmente un periódico antes de 30 minutos junto con una disculpa verbal y escrita. El autor consideró que esto era una excelente recuperación del servicio y se sintió satisfecho con el resultado. Vea el cuadro de

Liderazgo operativo Recuperación del servicio en UPS

Una cliente que recibe paquetes en su oficina requirió una unidad de almacenamiento grande y necesitaba que se le entregara en su casa. Tara Hunt, una ejecutiva de Intuit, llamó a UPS para verificar esto y se le advirtió que, durante los congestionamientos de los días festivos, algunos paquetes no se entregan sino hasta las 9:00 p.m.

Agitada, puso un mensaje en el Twitter acerca de esperar a UPS y afirmó que no podría salir a caminar con su perro a causa de la espera pues no quería perder la entrega. Tony Hsieh, director ejecutivo de Zappos, quien la seguía tras haberla conocido anteriormente, estaba cenando con el presidente de UPS y le transmitió su frustración. Cinco minutos más tarde, el ejecutivo de UPS la llamó y la puso en contacto con un administrador de operaciones para arreglar la entrega la mañana siguiente.

A las 9:00 a.m. en punto, sonó el timbre de la puerta. El paquete no sólo fue entregado, sino que el empleado de UPS traía flores y chocolates junto con obsequios y juguetes para su perro. La señora Hunt afirma que nunca deja de utilizar los servicios de UPS y compró zapatos en Zappos al día siguiente.

Fuente: Adaptado de "A Social Networker's Story", *BusinessWeek*, 2 de marzo de 2009, p. 30.

Liderazgo operativo, donde se presenta otro ejemplo de una recuperación satisfactoria de un servicio.

Muchas organizaciones están solidificando sus procesos de recuperación de servicios mediante la oferta de **garantías del servicio** como una forma de definir el servicio y asegurar su entrega satisfactoria al cliente. Una buena garantía de un servicio tiene dos componentes: una promesa de cuál es el servicio que se brindará y de cuál será la recompensa si la promesa no se cumple. La garantía de un servicio es como la garantía de un producto, excepto que un cliente no puede devolver un servicio si no le gusta; por ejemplo: si a usted no le gusta su corte de pelo, tendrá que vivir con él hasta que su cabello vuelva a crecer. Hay algunas ventajas de las garantías de los servicios tanto para la empresa como para el cliente: estos últimos reducen su riesgo al comprar el servicio y las compañías aclaran en forma exacta lo que debe otorgar el proceso de servicio. Tal aclaración del propósito contribuye a mejorar el diseño del proceso de servicio y especifica el alcance de la recuperación que se requerirá de acuerdo con la falla. Por otro lado, las garantías de los servicios aportan una visión motivadora para los empleados en relación con lo que deberían hacer exactamente para los clientes.

Las garantías de servicios no son un artilugio publicitario o simplemente una forma en la que los clientes puedan obtener la devolución de su dinero si no están satisfechos. Son una garantía de que el proveedor del servicio ejecutará una tarea tal como lo prometió. Y si un cliente no está satisfecho y requiere el pago establecido en la garantía del servicio, la organización de servicios puede usar esa petición como una retroalimentación para entender tanto lo que esperan los clientes del servicio como la forma en la que pueden diseñarse los procesos de servicios para ajustarse mejor a las expectativas del consumidor. Entre menor sea el número de condiciones sobre la garantía de servicio, mejor.

Federal Express tiene una garantía de servicio para sus servicios de embarques dentro de Estados Unidos. Su embarque se entregará en el tiempo establecido (por ejemplo: 10:30 a.m. del día hábil siguiente) o el dinero será totalmente reembolsado. Esta garantía del servicio define de modo exacto lo que debe hacer el proceso de las operaciones. Otras compañías otorgan garantías de servicio un tanto menos precisas; por ejemplo: los hoteles pueden dar una noche gratuita si usted no está satisfecho. Un mesero de un restaurante le puede obsequiar un postre o una comida si usted no está satisfecho con los alimentos. Estas garantías de la satisfacción de los clientes no son tan precisas en cuanto a la orientación de las operaciones como la garantía de Federal Express; sin embargo, reducen el riesgo del cliente en la adquisición del servicio y proporcionan oportunidades para que la organización aprenda y mejore a partir de la retroalimentación que recibe de los clientes que ejercen la garantía.

En la tabla 5.2 se proporciona un número de garantías de servicios. La garantía de un servicio debe resultar *atractiva* para que sea eficaz; si es demasiado pequeña, no ofrecerá un incentivo para suministrar un mejor servicio o para obtener la satisfacción del cliente ante una falla. Para lograrlo, Atlantic Fasteners, un distribuidor ferretero en Massachusetts, concede la siguiente garantía de servicios para una entrega a tiempo: *Nosotros entregamos sujetadores en existencia y libres de defectos a tiempo y como se prometió o le damos un crédito de $100*. Además, más de una década de datos sobre el número de pagos por garantía, así como sus causas, se publica en el sitio web de la compañía para que los posibles clientes la consulten.

Hart (1988) aboga porque las garantías de servicios se extiendan a los servicios internos. Toda compañía cuenta con departamentos cuya única misión es brindar servicios a otros departamentos, como procesamiento de datos, aspectos legales y recursos humanos. Éstos pueden mantenerse a un alto estándar de servicio del mismo modo que los externos. Cuando ello se lleva a cabo, la organización debe definir primeramente los clientes del proveedor del servicio interno, el cliente debe establecer el nivel de servicio requerido y, entonces, la administración debe determinar un costo o una sanción significativa si el servicio no se realiza como se solicitó.

La trascendencia de la garantía de un servicio para las operaciones es que aporta una definición concreta del nivel de servicio que debe entregarse. Como consecuencia de ello,

TABLA 5.2
Ejemplo de garantías de servicios

Summit Company, Proveedor de productos eléctricos al suroeste de Estados Unidos
Le garantizamos que cuando usted entra a un mostrador de Summit para ordenar sus partes, un colaborador le atenderá en 30 segundos o usted obtendrá 5.00 dólares en su próxima compra.
Newista, Servicios Web
Su sitio web estará disponible 99.9% del tiempo para cualquier persona del mundo o le otorgaremos un crédito sobre el pago mensual de su servicio como viene a continuación: 99.6% a 99.9% = 20%; 99.0% a 99.5% = 50%; por debajo de 99% = 100%.
Pacific Gas and Electric, servicios públicos en California, EE.UU.
PG&E cumplirá la hora de la cita convenida con nuestros centros de llamadas o automáticamente haremos un crédito a su cuenta por 30 dólares. PG&E investigará situaciones no urgentes (verificación de medidores) dentro de siete días a partir de la solicitud del cliente o acreditará su cuenta con 30 dólares.
Reproductive Medicine & Infertility Associates, Fertilización in vitro en Minnesota, EE.UU.
Para la mayoría de las mujeres de menos de 35 años de edad, hasta tres ciclos de fertilización in vitro darán como resultado un nacimiento vivo o los honorarios de 25 000 dólares será totalmente reembolsable.

el proceso de servicios puede diseñarse para que satisfaga de una manera consistente esta meta requerida y, en el caso de una falla en el servicio, podrán definirse los procedimientos de recuperación del servicio.

5.6 GLOBALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS

La tecnología no sólo acarrea efectos profundos en la manufactura de los productos, sino que su impacto sobre la forma en la que se administran los servicios también es notable. La tabla 5.3 muestra ejemplos de tecnologías que se aplican en una variedad de servicios que van desde cuidados médicos hasta la educación y las telecomunicaciones. Aquí, exponemos la globalización de los servicios en términos tanto de cómo la tecnología ha posibilitado muchos tipos de procesos de servicios al igual que la manera en que ha facilitado las subcontrataciones y la contratación de servicios en economías emergentes. Primero, contrastamos la forma en la que se ha usado la tecnología, por una parte, para automatizar los procesos de servicios y, por la otra, para mejorar la relación empleado-cliente en las organizaciones de servicios.

En un artículo clásico, Levitt (1972) describe lo que él denomina **enfoque de línea de producción** para el servicio. Con dicho enfoque, los servicios deben estandarizarse y las instalaciones del servicio deben diseñarse con miras a minimizar errores o desviaciones respecto de los estándares. El suministro del servicio se automatiza lo más que sea posible a efecto de que los costos sean bajos. Casi siempre, el servicio es encauzado por el proveedor con un bajo nivel de personalización.

Levitt recurre a McDonald's para demostrar tales conceptos. McDonald's estandariza su sistema de servicios en alto grado y la tecnología es un componente clave en su sistema. La utilización de herramientas especializadas para garantizar la consistencia incluyen los dispositivos temporales que se emplean para el cocinado y la cuchara de boca amplia para llenar las bolsas de papas fritas hasta los niveles correctos y de una manera eficiente. En McDonald's, los insumos y las tecnologías de alimentos para el cocinado y el servicio también se especifican cuidadosamente para asegurar la consistencia. Incluso los procedimientos para la limpieza de los restaurantes se prescriben con detalle, todo ello con la finalidad de estandarizar el servicio y proporcionarlo de una manera controlada y eficiente a escala global.

Como lo explicamos antes en este capítulo, hay muchos tipos de servicios. La automatización de los servicios no es la solución para todos los problemas de servicio; aunque el servicio resultante puede ser más eficiente (más clientes atendidos a un costo más bajo por cliente), la automatización puede cambiar la naturaleza del servicio y reducir el número de oportunidades de venta. En última instancia, el mercado determinará la cantidad de automatización que sea razonable.

TABLA 5.3
Tecnologías en las operaciones de servicios

Servicio	Tecnología
Medicina	Unidades de cuidado intensivo, imágenes por resonancia magnética, registros médicos, pruebas de diagnóstico automatizadas, marcapasos
Telecomunicaciones	Teléfonos celulares, televisiones, videoconferencias, comunicaciones por satélite, correo electrónico, internet
Comercio al menudeo	Exploradores de punto de venta, lectores de códigos de barras, sistemas de control de inventarios
Educación	Bibliotecas computarizadas, internet, aprendizaje interactivo
Servicios legales	Búsquedas computarizadas, bases de datos de evidencias, procesamiento de textos
Hoteles	Registros de salida por televisión, tarjetas de seguridad, sistemas de reservaciones, controles de calefacción/ventilación, computadoras para huéspedes, acceso a internet
Aerolíneas	Sistema de control de tráfico aéreo, cabinas electrónicas de pilotos, sistemas de reservación, servicios de tecnología en vuelo

Una perspectiva que puede contrastarse al respecto es la que proviene de Schlesinger y Heskett (1991), quienes argumentan que los administradores deben visualizar a los empleados, y no a la tecnología, como el centro del sistema de suministro del servicio. Indican que un mejor modelo de la industrialización es aquel en el que las compañías de servicios hagan lo siguiente:

- Emplean la tecnología para dar apoyo a los empleados de la línea del frente y no para vigilarlos o reemplazarlos.
- Valoran las inversiones en los empleados tanto o más que las inversiones en la tecnología.
- Hacen que el reclutamiento y la capacitación sean tan importantes para los trabajadores de la línea del frente como para los administradores y los empleados asesores, y vinculan la compensación con el desempeño de los trabajadores a todos los niveles.

Este enfoque centrado en los empleados ofrece una alternativa para el enfoque de la línea de producción haciendo énfasis tanto en las personas como en la tecnología en los sistemas de servicios. En la siguiente sección damos más atención a los empleados de servicios.

A continuación, estudiaremos las subcontrataciones y la contratación de servicios en economías emergentes, ambas son prácticas que han sido posibles principalmente gracias a los avances en la tecnología de la información. Aunque existen algunos desacuerdos en relación con las definiciones exactas, usaremos las siguientes aquí. La **subcontratación de los servicios** consiste en hacer que una organización externa a la empresa ejecute ciertas actividades de servicios como el reclutamiento de la fuerza de trabajo, la administración de la nómina, los servicios contables y las funciones de los centros de llamadas. La **contratación de servicios en economías emergentes**, en contraste, es la exportación de estas actividades de servicios a otros países.

Empezaremos con un ejemplo: The MedTrava Group, una empresa con sede en Florida, arregla procedimientos médicos para los pacientes estadounidenses que viajan al exterior en busca de un tratamiento. La cirugía de *bypass* para coronarias tiene un costo de cerca de 65 000 dólares en Estados Unidos, pero de sólo 9 000 dólares aproximadamente en India. Aunque muchas personas todavía consideran que los cuidados médicos no son un servicio exportable, en la actualidad los servicios médicos globales están reportando buenos resultados con precios bajos y alta calidad.

La subcontratación de servicios presenta muchas de las mismas oportunidades y desafíos que la de la manufactura. Los beneficios potenciales incluyen costos más bajos y la concentración de la atención en competencias básicas; las desventajas comprenden los costos de coordinación y la pérdida de un control directo. Una diferencia respecto de la manufactura se debe a la intangibilidad de los servicios; mientras que los productos físicos pueden inspeccionarse cuando se reciben de un proveedor, los servicios implican una

inspección más desafiante y, por lo tanto, requieren de mecanismos adicionales para asegurarse de que se satisfagan los estándares de desempeño del servicio.

La subcontratación de servicios involucra la atención tanto de las personas como de los procesos. Las expectativas de los clientes fijados como meta son un factor determinante en la selección del proceso correcto para un servicio subcontratado. Asimismo, la administración debe asegurarse de vincular las necesidades y deseos de los clientes (remítase de nuevo a la matriz de servicios) con el proceso apropiado. La comprensión de los deseos de los consumidores conducirá a un conjunto de decisiones estratégicamente asociadas en relación con la mezcla idónea de procesos, tecnología y trabajadores de servicios.

Un reporte reciente acerca de la prestación de servicios externos a nivel global realizado por la Universidad de Duke y Booz & Co. (2008) aporta indicios interesantes. Los datos que recopilaron para las empresas en Estados Unidos, Europa, India y China, entre otros lugares, revelan con claridad que, en vez de buscar servicios con un costo más bajo, la mayoría de las organizaciones en economías emergentes están interesadas en contratar un talento global. Ellos reportan cinco hallazgos primordiales:

1. Los servicios en economías emergentes con un gran número de transacciones, como el mantenimiento de la tecnología de la información y de centros de llamadas, se han vuelto rápidamente comercializables. Se espera que esto reduzca los precios y que, probablemente, conduzca a fusiones entre los principales proveedores globales de tales servicios.
2. La contratación de servicios en economías emergentes va en aumento para los trabajos de servicios profesionales; en particular ingeniería, trabajos analíticos y servicios legales. Debido al alto grado de personalización de dichos servicios, la consolidación entre estos proveedores es menos probable.
3. Los proveedores de servicios en pequeño pueden ofrecer servicios de nicho de la más alta calidad para las organizaciones que los proveedores grandes no pueden ofrecer. Debido a su dispersión global, trabajar con estos pequeños proveedores demandará que la compañía que requiera contratar los servicios en economías emergentes cree una red compleja de proveedores globales.
4. Los trabajadores de servicio talentosos de todo el mundo están siendo captados por las empresas de contratación de servicios en economías emergentes de rápido movimiento. Las compañías que no logren apoderarse de tal talento ahora hallarán una escasa oferta del mismo en el futuro.
5. Muchos proveedores de servicios globales para las empresas que contratan servicios en economías emergentes no siempre brindan una calidad consistentemente buena. Tanto las compañías que contratan servicios en economías emergentes como los proveedores de servicios encuentran difícil colaborar en el desarrollo y el manejo de procesos comunes de negocios y en el logro de objetivos compartidos.

En resumen, añade el reporte: *Las principales multinacionales deben actuar como pulpos, extendiendo sus tentáculos en todas las direcciones para apoderarse de las habilidades y las capacidades necesarias*. Hacerlo constituye muchos retos para los administradores de operaciones en términos de la coordinación de sus cadenas de suministro de servicios y de logro de los objetivos de la organización.

Algunos lectores se sorprenderán tras enterarse de que muchos países industrializados tienen un superávit de contratación de servicios en economías emergentes; por ejemplo: tanto Estados Unidos como el Reino Unido experimentan superávits comerciales de servicios en economías emergentes; es decir, otras naciones piden significativamente más servicios dentro de estos países en comparación con los servicios que Estados Unidos y el Reino Unido reciben de otras naciones. Recuerde que los servicios constituyen aproximadamente 80% de la mayoría de las economías industrializadas. La administración de los procesos de servicios a escala global se refiere a la administración de los servicios fuera del país de origen además de la aceptación de trabajos de servicios de compañías del extranjero. Consulte el cuadro de Liderazgo operativo donde se exponen algunas experiencias de la prestación de servicios de Estados Unidos a India.

Liderazgo operativo Prestación de servicios a India

Aunque oímos hablar mucho acerca de los servicios de centros de llamadas de Estados Unidos a India, se discute con menos amplitud la contratación de servicios profesionales. Los servicios profesionales son aquellos que requieren de trabajadores altamente capacitados y/o educados. En el pasado, muchas personas consideraban que los servicios profesionales eran ajenos al campo de la contratación de servicios en economías emergentes, pero, con el constante mejoramiento de la tecnología de la información, tales prácticas se están volviendo del todo comunes.

- Un grupo de abogados de India empleados por el Tusker Group de Austin, Texas, revisó 400 000 documentos a 25 dólares por hora. Un trabajo similar podría costar más de 125 dólares por hora en Estados Unidos.
- Cuando los siete radiólogos del Altoona Hospital en Altoona, Pennsylvania, no pudieron mantenerse al corriente con la lectura de tomografías para casos de emergencias nocturnas, contrataron a Teleradiology Solutions, con sede en Bangalore, India. Los radiólogos de India han sido capacitados en Estados Unidos y sus horas opuestas de trabajo ayudan a los médicos de los dos hemisferios del mundo a dormir más tiempo. Un radiólogo de Chicago que ha celebrado un acuerdo de contratación de servicios en economías emergentes ha dicho lo siguiente: *No lo hicimos porque fuéramos flojos o porque no quisiéramos trabajar. Lo hicimos por razones de calidad*.

Fuentes: "More Legal Legwork Is Outsourced to India", *USA Today*, 15 de octubre de 2008; "Some U.S. Hospitals Outsourcing Work", Associated Press, 6 de diciembre de 2004.

5.7 EMPLEADOS Y SERVICIOS

La rentabilidad de los servicios ha estado vinculada con un enfoque en los clientes y en los empleados como un aspecto de suma importancia. Los administradores deben concentrarse en particular en los empleados de la línea del frente que proporcionan el servicio, la tecnología que los apoya, la capacitación y la satisfacción de los clientes. Cuando estos factores se asocian entre sí y se mejoran, las utilidades se incrementan de acuerdo con la **cadena de servicios-utilidades**, como lo describen Heskett y sus colegas (1997).

La cadena de servicios-utilidades de la figura 5.4 ilustra que la **lealtad de los consumidores** es la clave para el crecimiento de los ingresos y la rentabilidad. Aunque concentrarse en la participación de mercado se promueve como un aspecto clave para la rentabilidad, la evidencia reciente apunta hacia la lealtad de los clientes como un factor adicional de importancia igual o mayor. El valor de por vida de un cliente leal puede ser enorme; por ejemplo, un consumidor leal de pizzas genera una corriente de ingresos de por vida de 8 000 dólares, y un propietario leal de un automóvil produce 332 000 dólares. Incluso un aumento de 5% en la lealtad de los clientes puede incrementar las utilidades de muchas industrias de 25 a 85 por ciento.

La cadena servicio-utilidad demuestra que la lealtad de los clientes es impulsada por los clientes satisfechos. Como es natural, si éstos están contentos, no sólo proporcionarán operaciones de negocio repetidas, sino que comentarán con los demás acerca de sus experiencias positivas. Es indispensable ir más allá de los consumidores meramente satisfechos; los clientes deben sentir que el servicio es tan excepcional que vale la pena decírselo a los demás. Los consumidores que reportan niveles muy altos de satisfacción afectan la rentabilidad a través de su lealtad mucho más que aquellos que sólo están satisfechos.

Por otro lado, la cadena servicio-utilidad incluye un **valor del servicio externo**, el cual conduce directamente a clientes satisfechos. El valor del servicio externo es el beneficio que reciben los clientes menos el costo incurrido en la obtención del servicio, lo que abarca

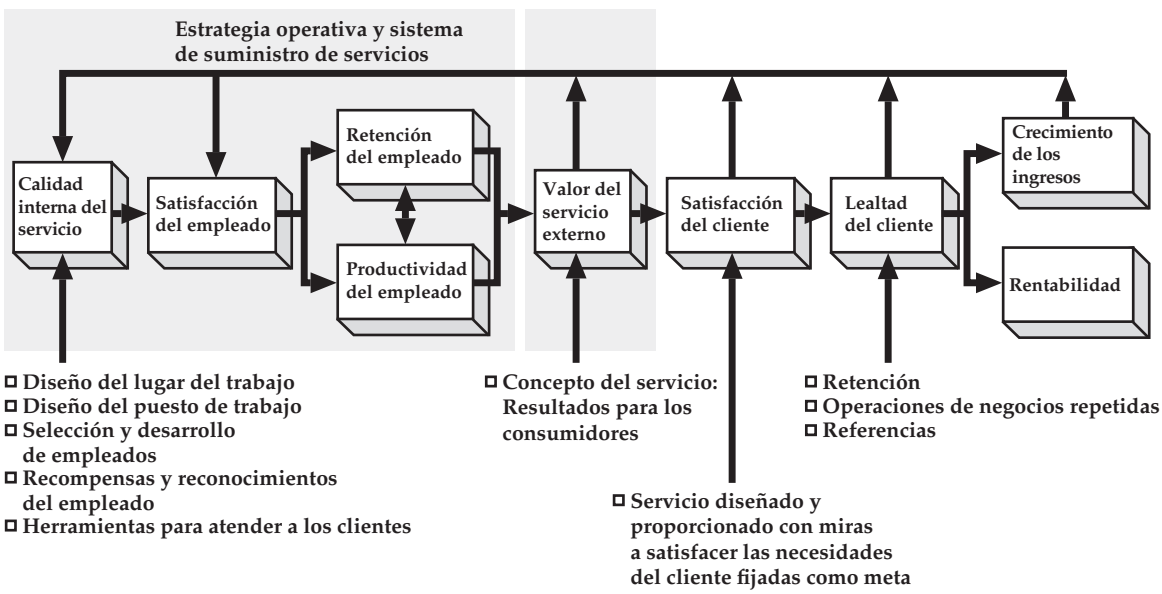
no sólo el precio sino los costos de hallar el servicio, de ir a las instalaciones donde éste se presta, de esperar por el servicio y de corregir cualesquiera problemas de servicios que se hayan detectado; por ejemplo, Progressive Corporation, una compañía de seguros, ha creado equipos de catástrofes para volar a las escenas de accidentes graves y brindar rápidamente servicios de apoyo como transporte, alojamiento y manejo de quejas. Al evitar los costos legales y al poner más dinero rápidamente en las manos de las partes aseguradas, el equipo de catástrofes recupera de sobra los costos de los viajes y de mantenimiento del equipo. El equipo de catástrofes da valor para los clientes y ello explica por qué Progressive posee uno de los márgenes más altos en la industria de seguros de propiedades y accidentes.

A continuación, expondremos la parte de los empleados de la cadena de servicio-utilidad. Los **empleados productivos** son esenciales en el suministro de valor para el cliente pues disminuyen los costos de las operaciones y garantizan consumidores satisfechos cuando tienen el apoyo de la administración, así como de las tecnologías y sistemas apropiados; por ejemplo, Southwest Airlines cuenta con los trabajadores más productivos en la industria de aerolíneas. Como resultado de rutas cortas, tiempos rápidos de ida y de vuelta, así como de empleados productivos, Southwest tiene 40% más de utilización de aviones y de pilotos que sus competidores. En Southwest, las percepciones de valor del cliente son muy altas. La combinación de salidas frecuentes, servicios puntuales, empleados amistosos y tarifas muy bajas conduce a altas percepciones de valor para el cliente. La **retención de los empleados** y una baja rotación laboral ayudan a impulsar la productividad y el valor al cliente. Los estudios habituales acerca del costo de la rotación laboral consideran únicamente el costo del reclutamiento, de las contrataciones y de la capacitación del personal de reemplazo. En realidad, el costo más grande de la rotación laboral es la productividad perdida y el decremento en la satisfacción del cliente asociado con los empleados nuevos.

De acuerdo con la cadena servicio-utilidad, es posible asegurar la retención de los trabajadores y la productividad cuando se cuenta con **empleados satisfechos**; por ejemplo: un estudio en los empleados de una compañía de seguros reveló que 30% de los que estaban insatisfechos tenían intenciones de abandonar la empresa, una tasa de rotación potencial igual a tres veces la de los satisfechos. Estos últimos son el resultado de aquello que Heskett y sus colegas (1997) llaman **calidad interna del servicio**, la cual incluye al proceso de selección de los empleados, al diseño del lugar de trabajo, al diseño de puestos, a los

FIGURA 5.4 Los vínculos de la cadena servicio-utilidad.

Fuente: James L. Heskett *et al.*, "Putting the Service-Profit Chain to Work", *Harvard Business Review*, marzo-abril 1994, p. 166.



sistemas de remuneración y a la tecnología utilizada para dar apoyo a los trabajadores del área de servicios. En un estudio de hospitales de Estados Unidos, se descubrió que el hecho de concentrar la atención de la administración en el mejoramiento de los sistemas de calidad interna del servicio para brindar apoyo a los empleados en la conducción de su trabajo se relacionaba de manera importante con la satisfacción de los mismos, con una productividad más alta y con una rotación más baja. Los trabajadores estarán satisfechos con sus trabajos cuando sientan que pueden actuar en favor de los clientes; ello conducirá a la satisfacción de ambos. En parte, esto se consigue ofreciéndoles a los empleados de la línea del frente una mayor discrecionalidad para usar los recursos a efecto de satisfacer de inmediato las necesidades de los clientes; por ejemplo: en los Hoteles Ritz-Carlton, los empleados de la línea del frente tienen autorización para gastar hasta 2 000 dólares para satisfacer una necesidad de un cliente.

La cadena servicio-utilidades ilustra el papel central de los empleados en el suministro de servicios a los clientes. Esto diferencia a los servicios del área de manufactura, ya que los trabajadores de producción rara vez entablan un contacto directo con los clientes. El efecto de un empleado de manufactura sobre la satisfacción de los clientes es a través del producto que el cliente puede recibir días, semanas o meses más tarde; sin embargo, la moral, la actitud y la satisfacción de los empleados de servicio están directa e inmediatamente asociados con la satisfacción y la lealtad de los consumidores. No hay zona de amortiguamiento entre los empleados de servicios y los clientes que solicitan servicios con un nivel de contacto alto o mediano.

El diseño del proceso debe reflejar dicho contacto directo entre los empleados de servicios y los clientes, lo que puede hacerse al otorgar herramientas en tiempo real (durante el suministro de servicio) como un acceso por computadora a la información de los clientes para ayudar a los empleados de servicios a desempeñar sus trabajos; por ejemplo: los cajeros bancarios pueden escanear rápidamente porciones relevantes de la cuenta de un cliente mientras éste está frente a ellos o, hablando por teléfono con ellos y también pueden presentar productos bancarios que se ajusten al perfil del consumidor. Tales oportunidades de ventas personalizadas tienden a ser más exitosas que una mercadotecnia de bajo contacto como colocar un volante en el estado mensual de cuenta del cliente (vea la sección anterior acerca del contacto con el cliente). Asimismo, los servicios pueden mejorarse por medio de una capacitación que entrene a los trabajadores de servicio para ser amables con los clientes y buscar su satisfacción incluso en situaciones de presión. Los empleados de servicios deben recompensarse tanto por su productividad como por la satisfacción del cliente lograda. La cadena de servicio-utilidad muestra que estas dos mediciones no están en conflicto; en lugar de ello, la productividad puede realmente impulsar la satisfacción del cliente, como se expuso arriba. Puede obtenerse tanto la satisfacción como la productividad y no precisamente ejecutando esfuerzos más profundos, sino perfeccionando el empleo de las personas, de la tecnología y de los flujos de los procesos de servicios. Estos aspectos se cubrirán con detalle en los dos capítulos siguientes.

Sears, Roebuck and Co., demostró que la cadena servicio-utilidad puede aplicarse para propósitos de predicción; específicamente, ellos utilizaron datos sobre los empleados, los clientes y el desempeño financiero en sus tiendas al menudeo para desarrollar un conjunto de relaciones entre los componentes del modelo (vea figura 5.4). Se determinó que un incremento de 5 unidades en la actitud de los trabajadores conduciría a un incremento de 1.3 unidades en la satisfacción del cliente. Tal aumento en la satisfacción del consumidor mejoraría el crecimiento de los ingresos en 0.5%; por lo tanto, si Sears observara internamente un incremento en la actitud de los empleados, podría predecir con razonable exactitud el crecimiento a corto plazo en los ingresos basándose en datos históricos y en el poder predictivo de su cadena servicio-utilidad.

Una aplicación interesante de la cadena servicio-utilidad es la que se lleva a cabo en Harrah's en Las Vegas, Nevada. Tradicionalmente, la industria de los juegos de azar ha atendido los deseos de los jugadores empedernidos. Un ex profesor de Harvard Business School, Gary Loveman, director ejecutivo de Harrah's, está revolucionando la industria de los juegos de azar argumentando que la clave para la rentabilidad y el crecimiento no

reside sólo en atender a los jugadores empedernidos, sino en proporcionar un servicio excepcional a todos los clientes y tratando a los jugadores como compradores. *Las personas no entienden que los juegos de azar, en sí mismos, son, fundamentalmente, una forma de diversión*, afirma Loveman. Él está buscando compradores frecuentes en todas partes para que vuelvan a hacer apuestas una y otra vez y otra vez más. Esto se consigue haciendo que los empleados satisfechos otorguen un servicio excepcional a los clientes satisfechos y leales.[1]

5.8 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Este capítulo profundizó en el diseño de los procesos de servicio. Los aspectos clave son los siguientes:

- Un servicio proporcionado en una oficina del frente se define por una producción y un consumo simultáneos. Esto hace imposible almacenar un servicio para darle un uso posterior, y un servicio con frecuencia debe localizarse cerca de los clientes, con la excepción de los servicios proporcionados por la tecnología como la comunicación y la electricidad. El consumidor es parte del proceso de servicio durante la producción y puede introducir ineficiencias, pero, al mismo tiempo, oportunidades de ventas.
- Los servicios que se prestan en la oficina del fondo pueden ser amortiguados respecto de la incertidumbre introducida por los clientes y, por lo tanto, pueden diseñarse con miras a una eficiencia máxima.
- Los servicios consisten en paquetes de bienes y servicios, incluyendo los servicios explícitos, los servicios implícitos y los bienes que se expiden. Es importante brindar la mezcla correcta de estos tres elementos y no pasar por alto el componente psicológico (implícito) del servicio.
- La matriz de servicios se forma mediante la yuxtaposición de las necesidades y los deseos de los clientes en términos de la personalización de un servicio contra el sistema de servicio de las operaciones. La combinación de los elementos del paquete de servicio y del diseño del proceso da como resultado tres tipos principales de servicios: servicios encauzados por el cliente, servicios coencauzados y servicios encauzados por el proveedor. Cada uno de éstos entraña distintos requisitos que deben satisfacer los administradores de operaciones.
- Durante el suministro de un servicio, el contacto con el cliente puede ser alto o bajo, dependiendo del diseño del servicio. En general, los servicios con un alto nivel de contacto se ejecutan en la oficina del frente; los servicios con un bajo nivel de contacto se efectúan lejos del cliente, en la oficina del fondo. Además del contacto, el grado de incertidumbre introducido por el consumidor tendrá un impacto sobre la eficiencia dentro del sistema de servicio.
- Cuando los servicios no se entregan como se prometió, la empresa debe dar una recuperación rápida y útil del servicio. Puede ofrecerse una garantía del mismo para asegurarse que el cliente entienda lo que se ha prometido y lo que constituye un error en el suministro de servicio. La garantía del servicio aporta una manera en la que las operaciones sepan con exactitud qué se requiere.
- La tecnología permite la automatización de los servicios con miras a una mayor eficiencia. Esto puede dar como resultado costos más bajos y una calidad más uniforme. Una perspectiva contrastante consiste en considerar a los empleados como la fuente de las capacidades de la empresa y considerar la tecnología como un mecanismo de apoyo para el trabajo de los empleados.
- La subcontratación de servicios y la contratación de servicios en economías emergentes son tendencias en crecimiento que presentan oportunidades y desafíos. En las subcontrataciones, la atención a los aspectos de los procesos y de las personas es esencial. La contratación de servicios en economías emergentes se usa, a menudo, como un meca-

[1] Julie Schlosser, "Teacher's Bet", *Fortune*, 8 de marzo de 2004, pp. 158-163.

nismo para obtener talento de muchas localidades del mundo. Ambas prácticas implican una coordinación significativa dentro de la cadena de suministro de los servicios.
- La cadena servicio-utilidad indica la forma en la que la satisfacción y la lealtad de un cliente, junto con la de los empleados, la retención de los trabajadores y la productividad, son factores importantes para la rentabilidad. La selección de empleados, el diseño de puestos, el diseño del lugar de trabajo, la capacitación, las herramientas de apoyo y las recompensas para los trabajadores constituyen mecanismos esenciales de impulso de la cadena. Cualquier eslabón débil dentro de ésta puede reducir el nivel de lealtad de los clientes y la rentabilidad.

Términos clave

Proceso continuo
Intangibilidad
Producción y consumo simultáneos
Oficina del frente
Oficina del fondo
Paquete servicio-producto
Servicios explícitos
Servicios implícitos
Bienes expedidos
Matriz de servicio
Servicios encauzados por el cliente
Servicios coencauzados
Servicios encauzados por el proveedor
Autoservicio
Contacto con el cliente
Variabilidad introducida por el cliente
Recuperación del servicio
Garantía del servicio
Enfoque de la línea de producción
Subcontratación de servicios
Contratación de servicios en economías emergentes
Cadena servicio-utilidad
Lealtad del cliente
Valor del servicio externo
Empleados productivos
Retención de empleados
Empleados satisfechos
Calidad interna del servicio

Usted **decida**

¿Los servicios seguirán la tendencia de la manufactura en cuanto a ser subcontratada y prestada como un servicio desde los países industriales a las naciones en vías de desarrollo? ¿Todos los servicios corren el riesgo de contratarse como un servicio contratado en economías emergentes?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. United Parcel Service (UPS).
   https://www.ups.com/content/pr/en/resources/service/terms/service.htm

Lea las garantías de servicio de UPS y preséntese a clase preparado para discutirlas. ¿Considera que son sencillas y entendibles? ¿Proporcionan confianza en el servicio?

2. Summit Electric Supply
   http://www.summit.com./services.asp

¿Qué es la cumbre de 30 segundos y la garantía del servicio 20/20? Compárela con la garantía de servicio de UPS del ejercicio 1.

3. Pike Place Fish
   http://pikeplacefish.com

Visite este sitio para enterarse de la manera en la que los empleados amistosos y divertidos pueden dar lugar a clientes satisfechos y a una compañía mundialmente famosa. Explique cómo lo hacen. Asegúrese de hacer clic en funstuff/sights & sounds para ver las películas de este sitio web.

4. Southwest Airlines Blog
   www.blogsouthwest.com

¿Qué le indica a usted este blog acerca de los valores y de las actitudes de Southwest Airlines hacia un servicio de calidad superior? Visite también www.southwest.com donde se presenta más información acerca del servicio del cliente y del diseño del sistema del servicio.

Preguntas de análisis

1. Clasifique los siguientes servicios por su grado de contacto con el cliente (alto, mediano o bajo). También, determine qué tanta incertidumbre introduce el cliente dentro del sistema a través de la capacidad para hacer peticiones personalizadas de servicios (alta, mediana o baja).
   a) Compensación de cheques en un banco
   b) Cajero bancario
   c) Funcionarios de préstamos bancarios
2. ¿Quién es el cliente en una escuela, en una cárcel y en una oficina de una empresa?
3. Localice cada uno de los siguientes servicios en la matriz de servicios:
   a) Negocio de máquinas expendedoras
   b) Servicios de limpieza para el hogar
   c) Reparación de aparatos
4. ¿Cómo difiere en las tareas administrativas entre los servicios que se describieron en la pregunta 3?
5. Describa el paquete servicio-producto para cada uno de los siguientes servicios:
   a) Hospital
   b) Abogado
   c) Empresa de transportes
6. Critique el modelo de contacto con el cliente. ¿Cuáles son sus fortalezas y sus debilidades?
7. Identifique los servicios de la oficina del frente y de la del fondo para las siguientes organizaciones. ¿Podrían mejorar estos servicios al aumentar o disminuir el grado de contacto con el cliente o al separar los servicios con un alto y un bajo contacto?
   a) Hospital
   b) Empresa de transportes
   c) Tienda de abarrotes
   d) Empresa de reparación de aparatos
8. Defina una posible garantía de servicio para cada uno de los siguientes servicios:
   a) Inscripción a clases en una Universidad
   b) Asistir a una obra teatral
   c) Comprar un automóvil usado
9. Proporcione un ejemplo de la cadena de servicios-utilidades para salas de cine. Defina cada uno de los puntos de la cadena y explique cómo mediría usted cada punto.
10. ¿Por qué es importante la cadena de servicio-utilidades para la administración de las operaciones?
11. Encuentre algunas garantías de servicios en la vida cotidiana y llévelas a clase para su discusión.
12. ¿Qué atributos se requieren en una garantía de servicio para que sea eficaz?
13. ¿Cuáles son los pros y los contras de tener una garantía de un servicio?
14. ¿Cómo podemos usar la matriz de servicios para mejorar las operaciones de servicios?
15. ¿Qué significa que una organización de servicios subcontrate algunos de sus servicios?
16. ¿Qué factores clave están buscando la mayoría de las organizaciones cuando contratan sus servicios en economías emergentes?
17. ¿Cómo administraría una empresa la cadena de suministro de servicios a contratar en economías emergentes los siguientes servicios? ¿Cuáles son las principales decisiones de operaciones que deben tomarse?
   a) Cuidados de la salud
   b) Servicios de alimentos
   c) Trabajos legales
   d) Preparación de declaraciones de impuestos

Bibliografía

Beckett, Antony. "From Branches to Call Centers: New Strategic Realities in Retail Banking". *Service Industries Journal* 24, núm. 3 (mayo de 2004), pp. 43-63.

Chase, Richard B. y David A. Tansik. "The Customer Contact Model for Organization Design". *Management Science* 29, núm. 9 (septiembre de 1983), pp. 1037-1050.

Collier, David A., y Susan M. Meyer. "A Service Positioning Matrix". *International Journal of Operations and Production Management* 18, núm. 12 (1998), pp. 1223-1244.

Conto, V., Lewin A.Y., Mani, M. y Sehgal, V. "Offshoring the Brains As Well As the Brawn". Booz and Company, Los Angeles, CA, 2008.

Fitzsimmons, James A. y Mona J. Fitzsimmons. *Service Management: Operations, Strategy and Information Technology*. 5a. ed. Burr Ridge, IL: Irwin/McGraw-Hill, 2006.

Fox, Justin. "Hang-Ups in India". *Fortune* (*Europe*) 148, núm. 13 (22 de diciembre de 2003), pp. 16-19.

Frei, Frances. "Breaking the Trade-off between Efficiency and Service". *Harvard Business Review* 84, núm. 11 (noviembre de 2006), pp. 92-101.

Goldstein, Susan M. "Employee Development: An Examination of Service Strategy in a High Contact Service Environment". *Production and Operations Management* 12, núm. 2 (2003), pp. 186-203.

Hart, Christopher W. L. "The Power of Unconditional Service Guarantees". *Harvard Business Review*, julio-agosto de 1988, pp. 54-62.

_____ "The Power of Internal Guarantees". *Harvard Business Review*, enero-febrero de 1995, pp. 64-73.

Hays, Julie M. y Arthur V. Hill. "A Preliminary Investigation of the Relationships between Employee Motivation/Vision, Service Learning, and Perceived Service Quality". *Journal of Operations Management* 19, núm. 3 (mayo de 2001), pp. 335-349.

Heskett, James L., Earl W. Sasser y Leonard A. Schlesinger. *The Service Profit Chain: How Leading Companies Link Profit and Growth to Loyalty, Satisfaction, and Value*. Nueva York: Free Press, 1997.

Levitt, Theodore. "The Production-Line Approach to Service". *Harvard Business Review* 50, núm. 3 (septiembre-octubre de 1972), pp. 41-52.

Schlesinger, Leonard A. y James L. Heskett. "The Service-Driven Service Company". *Harvard Business Review*, septiembre-octubre de 1991, pp. 71-81.

Schlosser, Julie. "Teacher's Bet". *Fortune*, 8 de marzo de 2004, pp. 158-163.

Schmenner, Roger W. "Service Businesses and Productivity". *Decision Sciences Journal* 35, núm. 3 (verano de 2004), pp. 333-347.

Sergeant, Andrew y Stephen Frenkel. "When Do Customer Contact Employees Satisfy Customers?" *Journal of Service Research* 3, núm. 1 (agosto de 2000), pp. 18-34.

Swank, Cynthia Karen. "The Lean Service Machine". *Harvard Business Review* 81, núm. 10 (octubre de 2003), pp. 123-130.

Capítulo 6

Análisis del flujo del proceso

Presentación del capítulo

6.1 Filosofía del proceso
6.2 Perspectiva de la empresa como un proceso
6.3 Medición de los flujos del proceso
6.4 Medición de los flujos del proceso en Pizza U.S.A.
6.5 Diagrama de flujo del proceso
6.6 Análisis del flujo del proceso como preguntas
6.7 Reingeniería del proceso de la empresa
6.8 Aspectos y términos clave
Usted decida
Ejercicios por internet
Problemas resueltos
Preguntas de análisis
Problemas
Bibliografía

En febrero de 2009, Jonathan Zdziarski, uno de los *hackers* originales de iPhone, presentó una carta abierta a Steve Jobs, director ejecutivo de Apple, para quejarse del proceso de revisión de App Store. Éste es el proceso para determinar qué aplicaciones estarán disponibles para descarga en App Store. Zdziarski había trabajado con el National Center for Missing and Exploited Children para construir una aplicación, la *AMBER Alert*, que permitiría que la presentación visual de niños extraviados se transmitiera rápidamente a las agencias relevantes de ejecución de la ley. El valor de esta aplicación no podía menospreciarse; sin embargo, un mes después de que la aplicación se presentó para su posible inclusión en App Store, la aplicación *AMBER Alert* aún estaba *en revisión*, lo cual provocó que un Zdziarski frustrado obligara a Steve Jobs a que hiciera que la aplicación se revisara y se aprobara con rapidez. Dos días después de que la carta abierta se publicó y obtuviera atención para el problema se aprobó la aplicación.[1]

El **análisis del flujo del proceso** se utiliza para evitar la situación anterior. Al visualizar y analizar el proceso de transformación como una secuencia de pasos que conectan a los insumos con los productos, el análisis del flujo del proceso se emplea para descubrir mejores métodos o procedimientos para la producción y la entrega de un producto o un servicio que se considere de valor para los clientes.

[1] Consulte la historia completa en http://apple20.blogs.fortune.cnn.com/2009/03/10/steve-jobs-please-approve-the-missing-children-appl/

La medición de los flujos del proceso es esencial para el análisis de éstos y para mejorar los de transformación. Describimos varias medidas de procesos, incluyendo el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo, la tasa de flujo, el inventario y la capacidad. Asimismo, definimos los cuellos de botella y proponemos métodos para el cálculo de estas medidas.

El diagrama de flujo es una herramienta fundamental para facilitar el análisis del flujo del proceso. Los diagramas de flujo no sólo deben considerar los flujos del proceso, sino que también los insumos, los clientes, los proveedores y los trabajadores en el diseño de mejores procesos.

Para entender verdaderamente el análisis del flujo del proceso, empezamos este capítulo con la filosofía de procesos. Éste es uno de los conceptos más trascendentes y más descuidados en la educación y en la práctica de negocios. Posteriormente, definimos diversos tipos de medidas para los flujos del proceso antes de describir el diagrama de flujo, su creación y su uso. Terminamos el capítulo con una exposición de la reingeniería de los procesos del negocio.

6.1 FILOSOFÍA DEL PROCESO

La **filosofía del proceso** es el punto de vista de que todo el trabajo pueda verse como un proceso. Empieza mediante la descripción del proceso de interés como un sistema; luego, un sistema se describe por sus fronteras, sus insumos, sus productos, sus proveedores, sus clientes y los flujos del mismo. Antes de poder empezar las mediciones detalladas y los diagramas de flujo del proceso, es primordial la definición del sistema.

A menudo, un **sistema** se define como una colección de elementos interrelacionados cuyo todo es mayor que la suma de sus partes; por ejemplo, el cuerpo humano es un sistema: el corazón, los pulmones, el cerebro y los músculos no pueden funcionar el uno sin el otro, están interrelacionados y la función de una parte afecta a las otras. El todo del cuerpo es mayor que cualquiera de sus partes o componentes individuales.

Una organización de negocios también puede visualizarse como un sistema; sus partes son las funciones de mercadotecnia, operaciones, finanzas, contabilidad, recursos humanos y sistemas de información. Cada una de estas funciones no realiza nada por sí misma. Un negocio no puede vender lo que no puede producir y no sirve de nada elaborar un producto que no pueda venderse. Las funciones de una organización son altamente interactivas y pueden lograr más cosas trabajando en forma conjunta que separada.

Cada operación puede concebirse como un sistema mediante la identificación del sistema de transformación o de conversión, como se describió en el capítulo 1. El sistema de transformación debe aislarse de su ambiente por medio de la especificación de las **fronteras del sistema** las cuales deben incluir todos los elementos relevantes de interacción para propósitos del análisis o de la decisión que se esté tomando. La identificación de las fronteras del sistema siempre es difícil y un tanto arbitraria, pero debe efectuarse con el fin de separar el sistema estudiado con respecto al sistema más grande u organización. En ese sentido, las fronteras de una empresa separan a la compañía de la cadena de suministro más grande en la cual reside.

Para ilustrar estos conceptos, considere el caso de un banco que está instalando un nuevo sistema de computadoras. El nuevo sistema reemplazará al actual, con una capacidad más grande, con nuevos equipos de cómputo y con algunos programas nuevos. Los sistemas de contabilidad no se verán afectados por esta conversión porque la nueva computadora producirá las mismas transacciones contables de la misma manera y, por lo tanto, puede suponerse con seguridad qué contabilidad está fuera de las fronteras del sistema. Se requeriría de una capacitación para operar el nuevo sistema y, en consecuencia, los recursos humanos pueden considerarse como una parte del mismo. Las operaciones se verán afectadas por los nuevos programas de cómputo y deben incluirse dentro de las fronteras del sistema, ya que se está añadiendo un nuevo programa operativo. Cada una de las partes que se modifique por la nueva instalación computacional deberá incluirse

dentro de las fronteras del sistema y las funciones que no lo hagan pueden excluirse por ser externas a las fronteras del sistema. Así, pueden identificarse las fronteras apropiadas del sistema para propósitos de análisis.

Debe integrarse un *equipo interfuncional*, el cual constará de las funciones que se vean alteradas por la conversión computacional. Este equipo debe ser responsable de la conversión al nuevo sistema y debe tratar con todas las interacciones entre las funciones. Si ello se hace, se contará con una perspectiva de sistemas del proyecto con la consideración de todas las partes interactuantes dentro de las fronteras del sistema cuando se haga la conversión.

6.2 PERSPECTIVA DE LA EMPRESA COMO UN PROCESO

Una de las contribuciones más importantes de la filosofía del proceso es que una empresa puede visualizarse no sólo como un sistema, sino como un conjunto de procesos interconectados; algunos de éstos son la planeación estratégica, el ingreso de órdenes, el suministro del producto, la recepción del pago del cliente, la satisfacción del cliente y la administración de recursos humanos. Observe que cada uno de ellos atraviesa a los departamentos funcionales acostumbrados de mercadotecnia, operaciones, finanzas y así sucesivamente. La **perspectiva de un negocio como un proceso** es de carácter horizontal; la perspectiva funcional es vertical; esto se muestra gráficamente en la figura 6.1.

Al visualizar una organización como un conjunto de procesos se pone de relieve la naturaleza interfuncional de la toma de decisiones. Ello refleja que las funciones deben hacer una transferencia de una a otra al ejecutar un proceso; como resultado, puede perderse tiempo e información entre los procesos. En algunos casos, el número de pasos dentro de un proceso es tan alto que el sistema no puede funcionar de una manera eficiente y efectiva.

Un ejemplo de este problema ocurrió en la Banca di America e di Italia (BAI).[2] Antes de la aplicación de la filosofía del proceso, el banco operaba en forma tradicional, con muchas estructuras y departamentos burocráticos; por ejemplo, un cheque depositado por un cliente requeriría de 64 actividades, de nueve formas y de 14 cuentas. El equipo de diseño del banco diagnosticó de modo sistemático el sistema actual de procesamiento de cheques y, después, lo rediseñó sin considerar las restricciones reales de la organización. Ellos le dieron un seguimiento detallado al flujo de información para el depósito de un cheque y diseñaron un nuevo sistema optimizado de procesamiento de cheques que sólo requería 25 actividades, dos formas y dos cuentas; este sistema altamente simplificado impuso ajustes

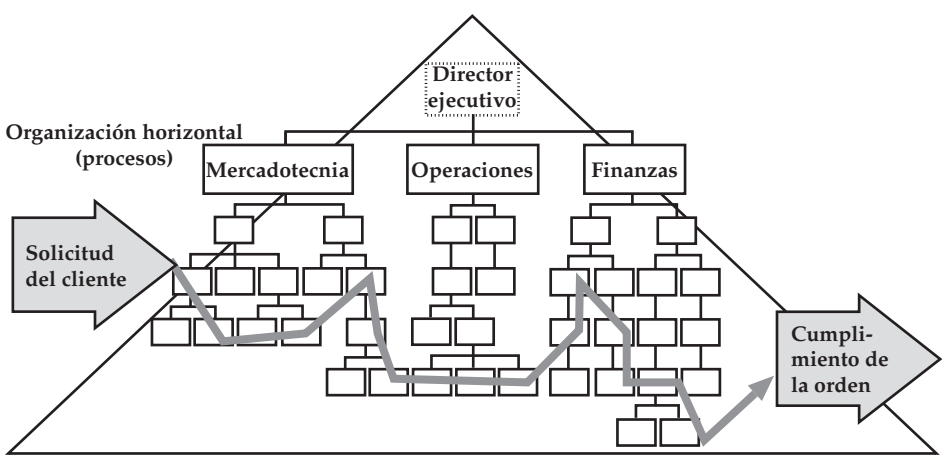


FIGURA 6.1
La perspectiva de la empresa como un proceso.

Fuente: V. Grover y M. K. Malhorta, "Business Process Reengineering: A Tutorial on Concept, Evolution, Method, Technology and Application", *Journal of Operations Management* 15 (1997), p. 200.

[2] Para mayores detalles, consulte Gene Hall, Jim Rosenthal y Judy Wade, "How to Make Reengineering Really Work", *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre de 1993, pp. 119-133.

en las asignaciones del trabajo y en la responsabilidad de la organización. También, dio como consecuencia modificaciones en los sistemas de incentivos y otros cambios organizacionales para adecuar el nuevo sistema técnico.

No obstante, el depósito de los cheques era sólo un proceso de todos los que debían rediseñarse en este banco; en el rediseño completo de toda la organización, se volvió a diseñar un total de 10 familias de procesos bancarios minoristas, incluyendo pagos, depósitos, retiros, órdenes de dinero, facturación, crédito al consumidor, cambios de divisas, tarjetas de crédito, fuentes de abastecimiento y procesos de cierre en sucursales al final del día. Como producto del rediseño radical con la perspectiva de sistemas, el banco pudo sostener su crecimiento y obtuvo impresionantes ganancias en la rentabilidad.

Este ejemplo ilustra la manera en la que las operaciones constituyen sólo una parte de una organización más grande que incluye a muchas otras funciones; no puede confinarse ninguna decisión únicamente a las operaciones; todas las decisiones de operaciones están relacionadas por lo menos con otra parte de la compañía. La perspectiva del negocio como un proceso complementa la filosofía de sistemas y proporciona un vehículo para el entendimiento de las interacciones entre las distintas funciones y decisiones organizacionales que, por lo común, cruzan las líneas funcionales. Tales interacciones pueden simplificarse y mejorar con la aplicación de la filosofía del proceso y tomando medidas, como se describe a continuación.

6.3 MEDICIÓN DE LOS FLUJOS DEL PROCESO

Antes de describir los diagramas de flujo del proceso que tienen como finalidad el mejoramiento de un proceso de transformación, deben describirse algunas medidas básicas de un proceso de transformación. Éstas aportan indicios informativos en relación con la estructura y el desempeño de un proceso de transformación.

Suponga que estudiamos el proceso de seguridad de un gran aeropuerto durante el registro de los pasajeros. Observamos que existe una cola de pasajeros que están esperando que seguridad les permita el paso, a veces hay una cola muy larga. Además, existe un número de estaciones de rayos X de seguridad para examinar el equipaje de mano y medimos el tiempo total que se lleva desde el ingreso a la cola de seguridad hasta que se permite a los pasajeros pasar para que tomen sus vuelos. Resulta que estas tres observaciones están vinculadas: la tasa promedio a la cual seguridad puede procesar a los pasajeros, el tiempo promedio que se requiere para pasar la fila y el número promedio de pasajeros en la cola; esta relación se conoce como **Ley de Little**, llamada así en honor al investigador de operaciones que la descubrió. La Ley de Little afirma, básicamente, que el número promedio de componentes de un sistema (I) es el producto de la tasa promedio de llegada al sistema (R) por el promedio de tiempo durante el cual cualquier elemento permanece en el sistema (T). En términos matemáticos, la Ley de Little puede expresarse así:

$$I = T \times R$$

donde I = número promedio de elementos en el sistema (o inventario)
T = tiempo promedio de capacidad específica de producción de un equipo (o flujo de tiempo)
R = tasa promedio del flujo en el proceso

En el caso de la seguridad de los aeropuertos, si los inspectores de seguridad pueden procesar un promedio de cinco pasajeros por minuto ($R = 5$) y si se requiere de un promedio de 20 minutos para pasar a través de la cola de inspección de seguridad ($T = 20$), el número promedio de pasajeros en la cola será de 100 ($R \times T = 100$). Un supuesto es que el proceso se encuentra en un estado en el que la tasa promedio del producto es igual a la tasa promedio del insumo en el proceso.

La ley de Little es muy poderosa y se usa ampliamente en la práctica, sobre todo en los procesos de manufactura y de transformación de servicios; por ejemplo, suponga que

El tiempo promedio de espera en la cola de seguridad de un aeropuerto sigue la Ley de Little.

una fábrica puede producir un promedio de 100 unidades de producto por día ($R = 100$). También, estime que el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo, incluyendo todo el procesamiento y el tiempo de espera del producto, es igual a un promedio de 10 días ($T = 10$). El **tiempo de capacidad específica de producción de un equipo** es aquel que va desde el momento en que el producto comienza a procesarse en la fábrica hasta que se termina y embarca. Entonces, el inventario promedio de producción en proceso (productos parcialmente terminados) de la fábrica será de 1 000 unidades ($I = 10 \times 100$). De este modo, la Ley de Little se aplica a cualquier proceso de transformación sujeto a un estado estable, incluyendo la manufactura, las personas que esperan en filas, el procesamiento de facturas, las transacciones de una oficina legal e incluso el procesamiento de las cuentas por cobrar.

Por ejemplo, la cantidad de dinero invertida en cuentas por cobrar puede considerarse como un inventario o almacén de dinero. Empleando la Ley de Little, si se tienen 2 millones de dólares en cuentas por cobrar (I) e ingresan 20 000 dólares por día (y fluyen a través de) las cuentas por cobrar (R), el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo es de 100 días ($T = 1 \div R = 2\,000\,000 \div 20\,000$). Entonces, diríamos que las cuentas por cobrar tienen saldo de 100 días de cuentas pendientes de cobro.

La Ley de Little es de utilidad cuando se conoce dos de las tres variables de la fórmula y la tercera puede calcularse. En el ejemplo anterior, conocemos el nivel promedio de cuentas por cobrar y la tasa promedio insumo/producto de los libros de contabilidad, lo que permite un cálculo del tiempo promedio que una cuenta pasa dentro de la partida de cuentas por cobrar antes de que se reciba el pago.

A continuación, ampliamos las mediciones del proceso para incluir la capacidad, la oferta y la demanda. La **capacidad** es la tasa máxima de producción resultante de un proceso de transformación o la tasa máxima de flujo que puede sostenerse a lo largo de un periodo. En el ejemplo de la seguridad de un aeropuerto, la tasa promedio del flujo era de cinco pasajeros por minuto, pero la capacidad del punto de verificación de seguridad puede haber sido, por ejemplo, de ocho. Con llegadas aleatorias, es indispensable tener una capacidad que exceda a la tasa promedio de llegada o la cola se acumulará hasta alcanzar una longitud infinita; esto ocurre porque hay periodos en los que las llegadas son inferiores al promedio y, en esos momentos, no puede usarse la totalidad de la capacidad. La teoría de colas (o de líneas de espera), la cual se cubre en un capítulo técnico del sitio web de este texto, explica con detalle estos fenómenos.

La mayoría de los procesos están formados por varios recursos que deben procesar las transacciones. En el ejemplo de revisión en los aeropuertos, hay trabajadores que verifican la identificación y el boleto de avión y operadores que se encargan del equipo de rayos X; este sistema tiene dos recursos que deben procesar a cada pasajero. En general, si hay n recursos que procesan cada transacción, entonces:

$$\text{Capacidad} = \text{Mínimo (capacidad de recurso}_1, \ldots, \text{capacidad de recurso}_n)$$

Observe que la capacidad de todo el proceso no puede ser más grande que la del recurso más restrictivo (la capacidad más pequeña), que se denomina **cuello de botella**.

La cantidad que realmente produce un proceso de transformación dependerá no sólo de su capacidad, sino del suministro y la demanda del proceso. La **tasa de flujo** es:

$$\text{Tasa de flujo} = \text{Nivel mínimo (suministro, demanda, capacidad)}$$

En el ejemplo de la fábrica que se menciona arriba, suponga que la capacidad fuera de 200 unidades por día, que la demanda fuera de 75 unidades diarias y que el suministro fuera de 100 unidades por día. La tasa de flujo sería de 75 unidades diarias (el mínimo de las tres variables) calculando que puede producirse sólo lo que es demandado y la utilización de

la fábrica sería de 75 ÷ 200 = 37.5%. Si pudiéramos aumentar la demanda a 150 unidades por día, la tasa de flujo sería sólo de 100 unidades por día a menos de que el suministro también pudiera incrementarse.

6.4 MEDICIÓN DE LOS FLUJOS DEL PROCESO EN PIZZA U.S.A.

Para afianzar nuestro entendimiento de los conceptos de la medición de los procesos debemos regresar al ejemplo de Pizza U.S.A., que se describió por primera vez en el capítulo 1. Suponga que uno de sus establecimientos produce pizzas con siete acabados distintos, incluyendo a la pizza más popular llamada *con todo*. El establecimiento tiene dos empleados: un chef de pizzas y un asistente; además tiene un horno que puede procesar hasta cuatro pizzas a la vez. El proceso de transformación (secuencia de pasos) que se sigue en el establecimiento es el siguiente:

	Minutos	Quién
Toma de la orden	1	Asistente
Preparación del pan	3	Chef
Preparación y adición de ingredientes	2	Chef
Horneado de la pizza	24	Horno
Corte de la pizza y puesta en la caja	1	Asistente
Recepción del pago	1	Asistente

1. *¿Cuál es la capacidad de este proceso?*

Si consideramos los de recursos, tenemos:

- El asistente requiere tres minutos por orden (1 + 1 + 1) y, por lo tanto, puede procesar 20 órdenes por hora.
- El chef necesita cinco minutos por orden (3 + 2) y puede procesar 12 órdenes por hora.
- El horno requiere seis minutos por orden operando a toda su capacidad (24 ÷ 4) o diez órdenes por hora.

Para simplificar, hemos supuesto que cada orden es de una pizza y que pueden añadirse pizzas al horno en cualquier momento durante el ciclo de cocinado. El mínimo de las capacidades de los tres recursos es de diez órdenes por hora y, por lo tanto, el sistema puede producir diez órdenes por hora.

2. *¿Cuál es el cuello de botella de este proceso?*

En este caso, el cuello de botella es el horno. El asistente está ocupado sólo la mitad del tiempo y el chef tiene un minuto de capacidad inactiva cada seis minutos. La reubicación de los trabajos entre el chef y el asistente para equilibrar la carga de trabajo hará feliz al chef, pero no aumentará la tasa de flujo del proceso. Debe hacerse algo para acelerar el flujo de pizzas a través del horno o debe agregarse otro horno. En este caso, la lección es que el proceso no puede producir más de lo que puede procesar el cuello de botella. Esto se cubre de una forma más completa en el capítulo 13 cuando se expone la programación y la teoría de las restricciones.

3. *¿Cuál es el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo?*

Simplemente, sumamos los tiempos de todos los pasos que se requieren para producir una orden:

$$1 + 3 + 2 + 24 + 1 + 1 = 32 \text{ minutos}$$

Se necesitan 32 minutos para completar todos los pasos y para elaborar una pizza. Observe que la adición de un horno mejorará la capacidad y desplazará el cuello de botella al chef, pero no mejorará el tiempo del rendimiento específico. Se tendrían que hacer cambios en el

En Pizza U.S.A., el cuello de botella es el horno.

proceso real de cocinado, de preparación o en otros tiempos de flujos para disminuir el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo.

4. *¿Cuál es la tasa de flujo?*

Presumiendo que la demanda y el suministro pueden exceder a la capacidad, la tasa de flujo está determinada por la capacidad de diez órdenes por hora; sin embargo, ésta es la tasa máxima de flujo. La tasa real de flujo podría ser mucho menor.

5. *¿Cuánto cuesta elaborar una pizza si la demanda promedio es de 60% de la capacidad?*

Asuma que al chef se le pagan 15 dólares por hora, que al asistente se le pagan 11 dólares por hora y que el costo de los gastos indirectos es de 50% con la adición del costo de la mano de obra directa. Al 60% de la capacidad, el promedio de la tasa de flujo es de seis pizzas por hora. El costo por hora de las operaciones es de 15 + 11 = 26 dólares para la mano de obra más 50% para los gastos indirectos = 39 dólares por hora, o 39/6 = 6.50 dólares por pizza. Suponga que el costo de los ingredientes es de 2.00 dólares por pizza. Por lo tanto, el costo total es de 6.50 + 2.00 = 8.50 dólares por pizza.

6. *¿Cómo puede reducirse el costo unitario de las pizzas?*

Tres posibilidades son:

- El aumento de la demanda por medio de la fijación de precios, de publicidad y de otros aspectos similares.
- El incremento de la tasa de flujo de la totalidad del proceso de transformación mediante la automatización o mejoramientos del proceso.
- La reducción del costo unitario de la mano de obra, de los materiales o de los gastos indirectos.

Como puede deducirse, estos tres enfoques están interconectados porque el incremento de la demanda también requerirá un aumento en la capacidad en algún momento, y el incremento de la tasa de flujo no sirve de nada a menos que la demanda se acreciente para vender el producto adicional.

6.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Hemos planteado diferentes formas de medir un proceso de transformación. Estas mediciones son útiles no sólo en las operaciones, sino en cualquier proceso dentro de un negocio así como en los procesos que atraviesan a diversas empresas dentro de una cadena de suministro. Tales mediciones, cuando se incluyen en los diagramas de flujo del proceso, como se expone en esta sección, nos dan unos lentes que nos ayudarán a buscar oportunidades de mejoramiento.

El **diagrama de flujo del proceso** se refiere a la creación de un diagrama visual para describir un proceso de transformación. Los diagramas de flujo se conocen con distintos nombres: en un contexto general, como **gráfica del proceso**; en uno de manufactura, como **diagramación del proceso del flujo** y, en el contexto de las operaciones de servicios, como **planos del diseño del servicio**. En el capítulo 7, exponemos la representación de la corriente de valor, otro enfoque específico para los diagramas de flujo del proceso popularizado por las empresas que implantan sistemas y análisis esbeltos. El nombre que se aplique para referirse a la creación de una representación gráfica de un proceso de transformación no importa, lo principal es que la creación del diagrama visual puede ser de incalculable utilidad al documentar lo que sucede dentro de un proceso de transformación. Esta docu-

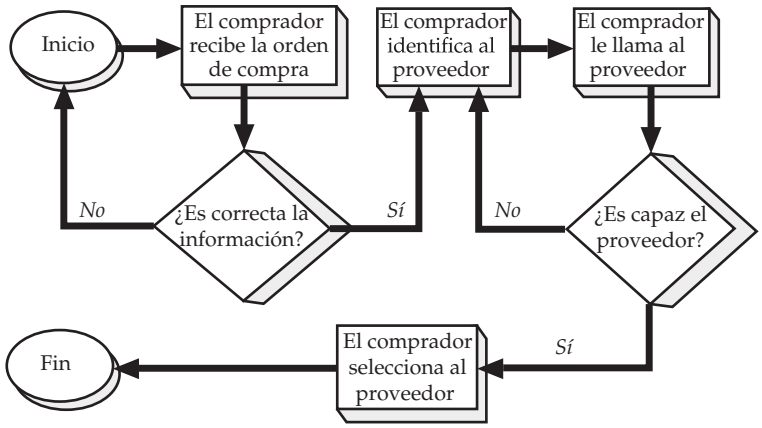


FIGURA 6.2
Selección de un proveedor de proceso de transformación: un diagrama de flujo de un sistema.

mentación gráfica, cuando incluye las mediciones del proceso, puede ayudar a identificar la manera en la que puede mejorarse el proceso de transformación cambiando alguno o la totalidad de los siguientes elementos:

1. Materia prima
2. Diseño del producto o del servicio
3. Diseño del puesto de trabajo
4. Pasos de procesamiento utilizados
5. Información de control administrativo
6. Equipo o herramientas
7. Proveedores

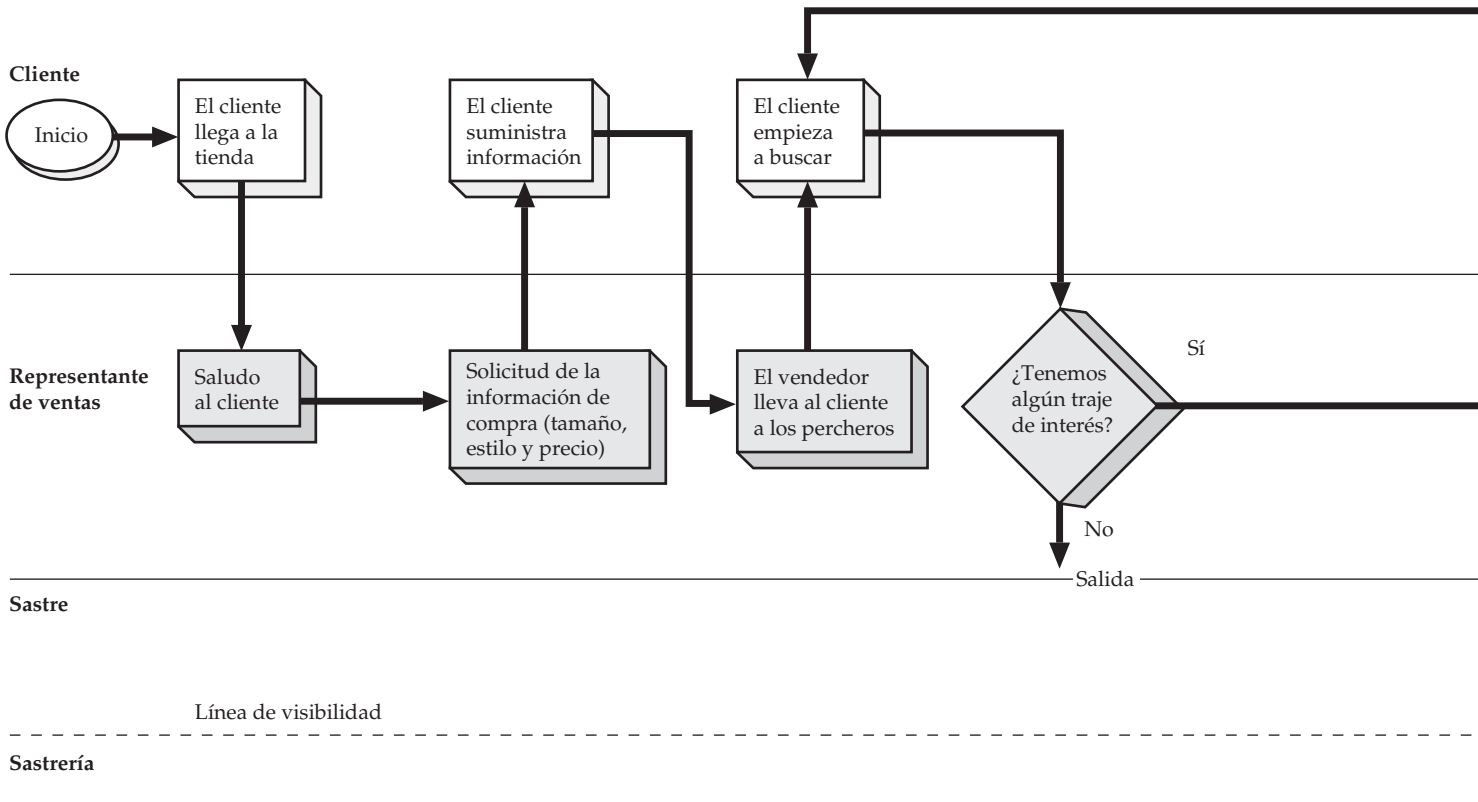
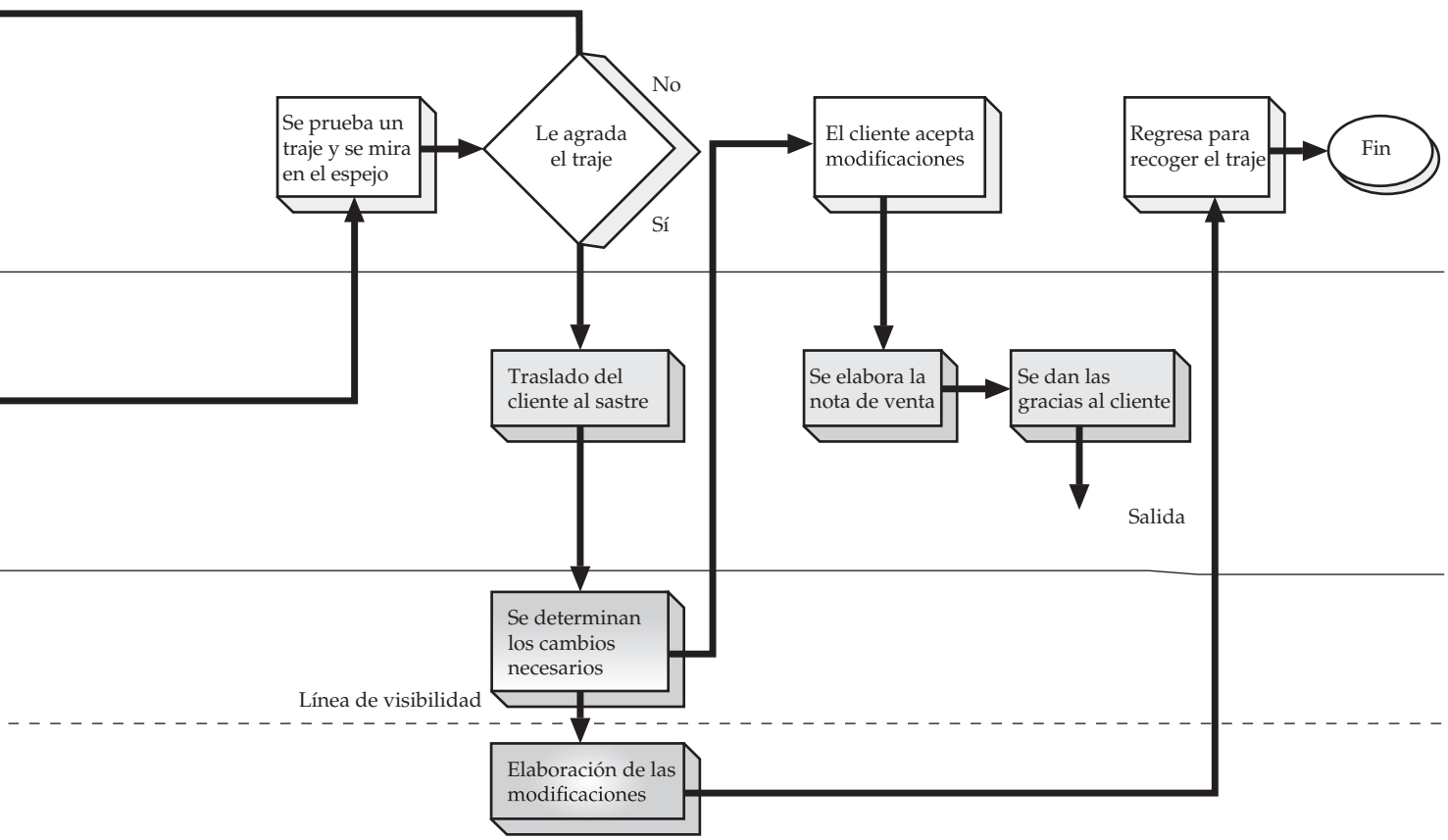


FIGURA 6.3 Servicio proporcionado para ayudar a un cliente masculino a comprar un traje ya hecho en una tienda de menudeo.

El diagrama visual que se genera a partir del diagrama de flujo del proceso se conoce, en términos genéricos, como diagrama de flujo (o gráfica del proceso del flujo o planos del servicio o mapa de la corriente de valor). Hay muchas formas específicas diferentes del diagrama de flujo en uso, pero la más común es el **diagrama de flujo del sistema**. Un ejemplo de ello para el proceso de transformación de selección de un proveedor se muestra en la figura 6.2; en este ejemplo, el diagrama de flujo del sistema se traza a partir de la perspectiva del comprador dentro de una organización e indica los pasos que se siguen, junto con los puntos de decisión y las secuencias del flujo, para la selección de un proveedor.

En la figura 6.3,[3] se presenta otro ejemplo que muestra el servicio que se brinda para ayudar a un cliente masculino a comprar un traje ya hecho en una tienda al menudeo. El diagrama de flujo del sistema revela un contexto de servicios en el que el consumidor está en el sistema e interactúa con el proveedor del servicio y, como tal, también se le llama plano del servicio. Además, ya que éste captura las perspectivas de diferentes personas (cliente, representante de ventas y sastre) también se le conoce con frecuencia como *diagrama de flujo en forma de carril de natación* y, alternativamente, como *diagrama de flujo de utilización de los recursos* o *diagrama de flujo en forma de matriz*. Un diagrama de flujo en forma de carril de natación se usa para mostrar las responsabilidades de grupos o individuos, ya sea en columnas horizontales o verticales. Asimismo, señala quién o qué se está ejecutando en cada paso dentro del diagrama de flujo con la forma de carriles de una alberca. En la figura 6.3, los carriles de natación horizontales se dibujan para demarcar a los diversos participantes involucrados en el proceso de comprar un traje ya hecho en una tienda de menudeo. El

[3] Este diagrama de flujo del sistema también es un ejemplo de un plano del diseño de un servicio, de un diagrama de flujo de utilización de los recursos, de un diagrama de flujo en forma de matriz y de un diagrama de flujo en forma de carril de natación.



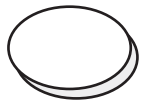
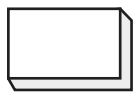
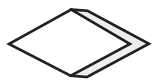
término *diagrama de flujo de utilización de los recursos* proviene del hecho de ilustrar la manera en la que se emplean las personas y los recursos, y el concepto de diagrama de flujo en forma de matriz se origina del formato de esta representación como una matriz.

Al crear un diagrama de flujo, indistintamente de cómo se le llame, deben seguirse un número de principios a efecto de generar un diagrama que sea fácil de entender para los individuos que no estén familiarizados con el proceso de transformación y que facilite el análisis del flujo del proceso. Esos principios son consistentes con la filosofía del proceso, la cual lo visualiza como un sistema con insumos, productos, clientes, proveedores, fronteras y pasos de procesamiento y flujos. Los principios son los siguientes:

1. **Identificar y seleccionar un proceso (o sistema) relevante de transformación para su estudio.** Esto puede ser la totalidad de la cadena de suministro de un producto o servicio, para toda la empresa o para una parte de ella. Idealmente, el proceso de transformación seleccionado se conoce a priori para afectar el desempeño.

2. **Identificar a un individuo o a un equipo de individuos que sean responsables del desarrollo del diagrama de flujo e, idealmente, de los análisis subsecuentes.** Este individuo o equipo no sólo debe tener alguna familiaridad con el proceso de transformación, sino que, además, debería poseer una **propiedad del proceso**; es decir, autoridad para iniciar y/o implantar cambios al proceso de transformación seleccionado. Cuando un proceso de transformación seleccionado atraviesa distintas funciones, debe participar un equipo interfuncional; por otra parte, cuando atraviesa la cadena de suministro, la colaboración interempresarial se vuelve más importante.
3. **Especificar las fronteras del proceso de transformación.** Las fronteras denotan los puntos en los que empieza y termina el proceso de transformación elegido, identifica quiénes son los clientes y los proveedores del proceso de transformación y establece cuántos pasos o actividades de procesamiento deberán evaluarse. En algunos casos, la siguiente función dentro de una organización es el consumidor; en otros, otra empresa es el cliente. De manera similar, otras funciones dentro de una organización u otras compañías pueden ser los proveedores del proceso de transformación; por ejemplo: en el caso de un restaurante de cinco estrellas, el proceso de transformación puede ser el servicio de la cena, en cuyo caso la cocina donde se prepara y se cocina la comida y el bar donde se preparan las bebidas serían los proveedores para el comedor, donde se atienden los clientes. En forma alternativa, puede seleccionarse la totalidad del restaurante como el estudio de interés de la transformación, en cuyo caso los proveedores del lugar podrían incluir a empresas que proveyeran ingredientes y bebidas preparadas y a las escuelas donde los chefs fueron capacitados.
4. **Identificar y secuenciar la o las actividades operacionales necesarias para completar el producto final para el o los clientes.** En un diagrama de flujo de un proceso, es indispensable manifestar lo que está realmente sucediendo y no lo que uno piensa que está ocurriendo. Una vez que se ha creado el diagrama de flujo *como es* y se ha analizado el proceso de transformación, la creación de un diagrama de flujo *como debe ser* puede ayudar a representar cómo deberían verse los procesos de transformación cuando se han implantado cambios para el mejoramiento.
5. **Identificar las métricas del desempeño para los pasos o las actividades operacionales dentro del proceso de transformación seleccionado.** Estas métricas, idealmente, deberían estar vinculadas con el desempeño del proceso general de transformación; por ejemplo: si la ejecución en las entregas es de interés, es de utilidad dar un seguimiento a los tiempos de procesamiento para cada paso o actividad operacional. En contraste, si la calidad del desempeño es de interés, resultará provechoso darle un seguimiento a la tasa de defectos para cada paso o actividad operacional.
6. **Trazar el diagrama de flujo al definir y usar símbolos de manera consistente.** La figura 6.4 ilustra los símbolos comunes de Microsoft Visio para elaborar un diagrama de flujo de sistemas; tales símbolos se aplicaron de modo consistente al dibujar las figuras 6.2 y 6.3 y, también, son consistentes con las normas ISO 9000 para la preparación de diagramas de flujo.

FIGURA 6.4
Símbolos comunes del diagrama de flujo.

Símbolo	Significado
 Finalización	Este símbolo muestra el principio y el final del diagrama de flujo, especificando con ello las fronteras del proceso de transformación a estudiar. Las palabras PRINCIPIO y FINAL deben escribirse en la parte interior del símbolo con propósitos de claridad.
 Proceso	Este símbolo denota un paso operacional o una actividad que deberá ejecutarse. Debe escribirse una breve descripción del paso operacional o de la actividad incluida dentro del símbolo con propósitos de claridad.
 Decisión/evaluación	Este símbolo representa una decisión, una evaluación, o una condición SI-ENTONCES que tiene múltiples resultados posibles (por ejemplo: ramas de flechas). La decisión, evaluación o condición debe escribirse adecuadamente dentro del símbolo con propósitos de claridad. Cada rama de la flecha Decisión/Evaluación debe estar bien etiquetada para denotar el significado del resultado de la decisión, evaluación o condición.
Flujo	Este símbolo expresa la dirección del flujo dentro del diagrama; el flujo podría ser de materiales, información o personas (por ejemplo: clientes).

Cuando se crean otras formas específicas de diagramas de flujo, el individuo o el equipo responsable puede optar por usar otros símbolos. Ello se permite en tanto que los símbolos se empleen de manera consistente y, lo que es más importante, se proporcione la clave de un símbolo para ayudar a interpretar el diagrama de flujo que se dibuja; por ejemplo: la figura 6.5 es una gráfica de procesos de flujo de las operaciones de recolección en un centro de distribución que suministra productos alimenticios, lácteos y carnes a tiendas de abarrotes. En este caso, el interés radica en darle un seguimiento al flujo de materiales dentro del centro de distribución. La figura 6.6 representa la misma operación de recolección, pero, en este caso, el interés estriba en darle un seguimiento al flujo de información con el propósito de la administración y el control del centro de distribución.

6.6 ANÁLISIS DEL FLUJO DEL PROCESO COMO PREGUNTAS

La creación de un diagrama de flujo de un proceso de transformación que sea fácil de entender para quienes no estén familiarizados con el proceso de transformación es un primer paso muy importante en el análisis del flujo de un proceso. Una vez que se ha creado, el diagrama de flujo puede analizarse para que ofrezca indicios informativos en relación con la manera en la que puede mejorarse el proceso de transformación dada una meta específica de mejoramiento. Ésta, por ejemplo, puede ser aumentar la eficiencia, reducir el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo, aumentar la calidad o, incluso, mejorar la moral de los trabajadores.

Debe seguirse un enfoque sistemático para estudiar el diagrama de flujo creado y el proceso fundamental de transformación. Dicho enfoque puede resumirse haciendo preguntas acerca del diagrama de flujo y, por extensión, del proceso esencial de transformación. Las tablas 6.1 y 6.2 resumen dos conjuntos de preguntas útiles. Las preguntas de la tabla 6.1 son consistentes con la adopción de la perspectiva de sistemas que se expuso en la sección 6.1. Las de la tabla 6.2 son consistentes con los objetivos de la cadena de suministro y de las operaciones que se presentaron en el capítulo 2.

Cuando se hacen estas preguntas, pueden destacarse las oportunidades para mejorar el proceso primordial de transformación; por ejemplo: al observar la gráfica del proceso de flujo de la figura 6.5 y al formular preguntas acerca de las operaciones de recolección en el centro de distribución de abarrotes, se llega a la comprensión de que muchas actividades (transporte, inspección, demoras y almacenamiento) no añaden valor al servicio propor-

FIGURA 6.5
Diagrama de proceso de flujo para las operaciones de recolección.

Producto graficado	Departamentos de productos alimenticios, lácteos, carne
Operación	Recolección
Graficado por	RGS
Gráfica número	01 **Hoja** 1 **de** 1
Fecha	8/1/02

GRÁFICA DEL PROCESO DE FLUJO

- ¿Puedo eliminar?
- ¿Puedo combinar?
- ¿Puedo cambiar la secuencia?
- ¿Puedo simplificar?

Resumen	Actual	Prop.	Ahorro
Operaciones	7		
Transportes	5		
Inspecciones	1		
Demoras	5		
Almacenamientos	0		
Tiempo			
Distancia	215		

Distancia en metro	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Demoras	Tienda	Presente [X] Propuesto [ ] Descripciones	Notas
1	5	●					La computadora imprime las hojas de la orden	
2 90	60		➡				Al almacén	
3	120				D		En la mesa de distribución	
4	3	●					Se separa de acuerdo con las áreas de trabajo	
5 30	10		➡				Se lleva a los puntos de inicio	
6	80				D		Se espera al recolector de la orden	
7	4	●					El recolector las separa orden por orden	
8	20	●					El recolector (de productos alimenticios) llena la orden	
9 20	15		➡				Al pasillo de lácteos	
10	25				D		En el transportador en espera del recolector	
11	10	●					El recolector (de lácteos) llena la orden	
12 30	30		➡				Al pasillo de carnes	
13	60				D		En el transportador en espera del recolector	
14	5	●					El recolector (de carnes) llena la orden	
15 45	15		➡				A inspección	
16	4			■			Inspeccionado	
17	10	●					Acarreado en carretillas ruta por ruta	
18	50				D		Espera a ser llevado al almacén	
19	=							
20	526						Tiempo total	
21								

CLAVE DE LOS SÍMBOLOS

- **Operación (una tarea o una actividad de trabajo)**
- **Inspección (una inspección del producto en cuanto a cantidad o calidad)**
- **Transporte (un movimiento de materiales de un punto a otro)**
- **Almacenamiento (un inventario o almacenamiento de materiales en espera de la siguiente operación)**
- **Demora (una demora en la secuencia de operaciones)**

cionado y deben reducirse o eliminarse. De hecho, los abarrotes pasan una cantidad considerable de tiempo esperando la siguiente operación o en estado de tránsito y un lapso muy breve en operaciones con un valor añadido (sólo 57 minutos de un total de 526). Además, al observar el diagrama de flujo de información de la figura 6.6 y al plantear preguntas, se llega a la comprensión de que la impresión y la distribución de las hojas de recolección de mercancía no sólo resultan costosas para el ambiente, sino que también consumen mucho tiempo. Si las órdenes pudieran canalizarse electrónicamente a los individuos relevantes, la información sería más oportuna y exacta. Como resultado de la formulación de preguntas, se implantó un número de cambios, incluyendo el traslado de los pasillos de un lugar a otro (por ejemplo: un cambio en la distribución física del proceso), la revisión de los méto-

FIGURA 6.6
Diagrama de flujo de información para las operaciones de recolección.

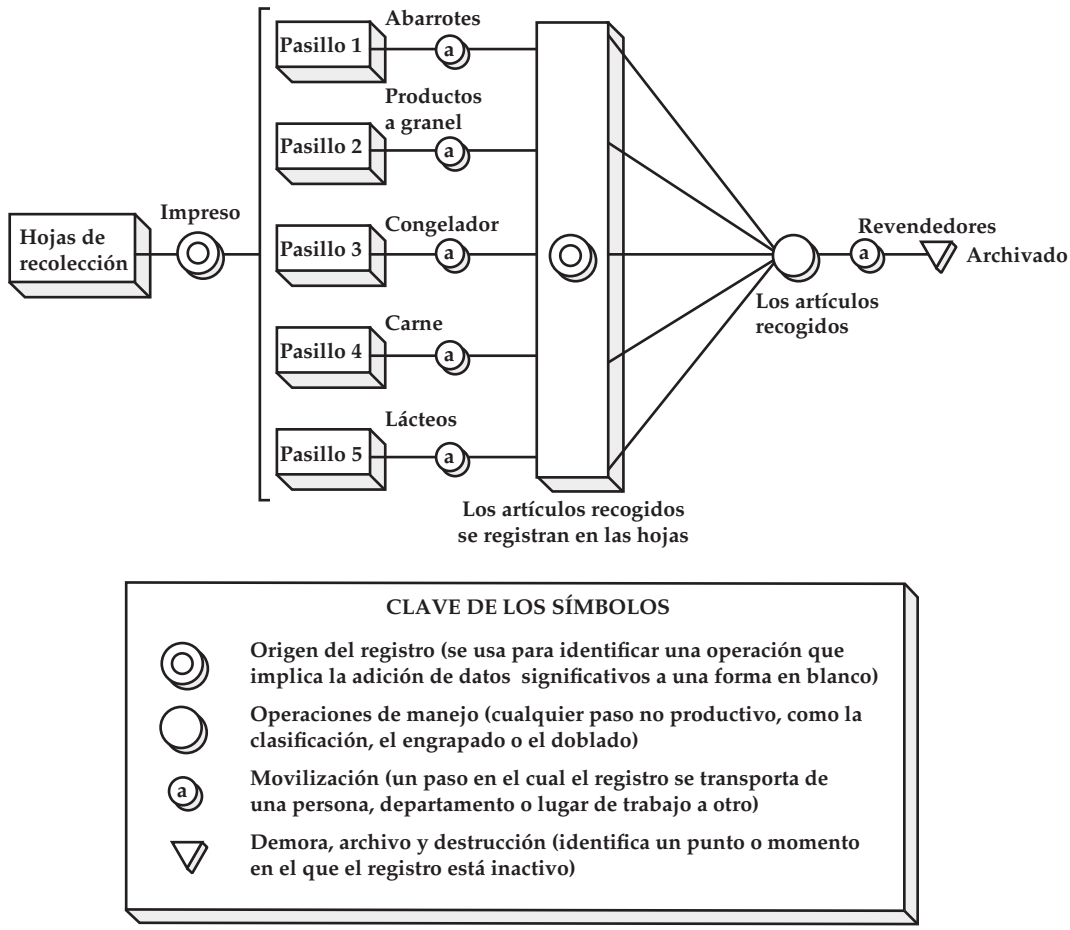


TABLA 6.1
Análisis y mejoramiento del flujo del proceso haciendo preguntas del tipo qué, quién, cuándo, dónde y cómo

Categoría de preguntas	Ejemplos
1. Qué	• ¿Qué necesita el cliente? • ¿Qué operaciones son realmente necesarias? • ¿Pueden eliminarse, combinarse o simplificarse algunas operaciones? • ¿Debería rediseñarse el producto para facilitar la producción?
2. Quién	• ¿Quién está ejecutando cada una de las operaciones? • ¿Puede rediseñarse la operación de modo que se invierta una menor cantidad de mano de obra capacitada o una menor cantidad de horas de mano de obra? • ¿Pueden combinarse las operaciones para enriquecer los puestos de trabajo y mejorar con ello la productividad o las condiciones de trabajo? • ¿Quiénes son los proveedores? • ¿Debería recurrirse a distintos proveedores o los actuales pueden usarse con más eficacia? • ¿Debería subcontratarse los proveedores en algunas de las operaciones o en todas ellas?
3. Cuándo	• ¿Cuándo se conduce cada operación? • ¿Puede mejorarse la distribución física para reducir la distancia recorrida o para hacer más accesibles las operaciones?
4. Dónde	• ¿Dónde se ejecuta cada operación? • ¿Existe una demora o un almacenamiento en exceso? • ¿Algunas operaciones crean cuellos de botella? • ¿Cómo puede reducirse el tiempo de espera?
5. Cómo	• ¿Cómo se hace la operación? • ¿Pueden emplearse mejores métodos, procedimientos o equipos? • ¿Debería realizarse la operación para hacerla más fácil o para que requiriera menos tiempo?

TABLA 6.2
Análisis y mejoramiento del flujo del proceso formulando preguntas acerca del flujo, tiempo, cantidad, calidad y costo

Categoría de preguntas	Ejemplos
1. Flujo	• ¿El proceso de transformación está equilibrado o desequilibrado? • ¿Dónde está el cuello de botella en el proceso de transformación? • ¿Son necesarios todos los pasos o actividades operacionales? • ¿Qué tan discontinuo es el flujo dentro del proceso de transformación?
2. Tiempo	• ¿Cuánto tiempo se requiere para producir/entregar una unidad de producción? • ¿Puede reducirse ese tiempo? • ¿Cuál es el tiempo entre las unidades de producción sucesivas? • ¿Dónde está el tiempo excesivo de la preparación? • ¿Dónde está el tiempo de espera excesivo?
3. Cantidad	• ¿Cuántas unidades pueden producirse/entregarse teóricamente en un periodo determinado (por ejemplo, una semana)? • ¿Qué tan fácil es cambiar esta cantidad? • ¿Cuántas unidades son realmente producidas/entregadas en un periodo especificado (por ejemplo, una semana)?
4. Calidad	• ¿Cuál es la tasa de defectos históricos? • ¿Qué paso o actividad operacional contribuye a la tasa de defectos? • ¿Dónde ocurren los errores?
5. Costo	• ¿Cuánto cuesta producir/entregar una unidad de producción? • ¿Cuáles son los bloques de costos que constituyen el costo para producir/entregar una unidad de producción? • ¿Pueden reducirse/eliminarse algunos bloques de costos?

El sastre se encarga de los cambios en el traje como parte del plano del servicio.

dos de recolección para reducir los cuellos de botella y del tiempo de la mano de obra (por ejemplo: cambios en los métodos de trabajo y en los puestos), y el diseño de carritos especiales para hacer la carga de las camionetas de reparto más sencilla y más rápida (por ejemplo: un cambio de equipo).

De manera parecida, observar el plano de diseño de un servicio consistente en ayudar a un cliente masculino a comprar un traje ya hecho en una tienda al menudeo y hacerle preguntas podría conducir a sugerencias para el mejoramiento, como las siguientes:

- Si los representantes de ventas pueden capacitarse de modo que escuchen mejor las peticiones de los clientes, ¿podrán estos últimos encontrar más rápidamente un traje que les interese?
- ¿Pueden adelantarse los clientes y solicitar que se les sugieran algunos trajes que estén aguardando a ser examinados, reduciendo con ello el tiempo de búsqueda?
- ¿Puede estar disponible el sastre mientras el cliente se está probando el traje de manera que le brinde sugerencias acerca de cómo puede confeccionarse el traje para brindarle un mejor ajuste?
- ¿Hace más fácil la distribución física de la tienda al menudeo que los clientes busquen y hallen lo que quieren?

En resumen, el análisis de flujo del proceso requiere de una buena descripción del proceso de transformación utilizado para convertir los insumos en productos; ésta puede facilitarse mediante la creación de un diagrama de flujo que muestre los flujos de materiales, los de información o los de servicios. Una vez que se genera un diagrama de flujo, deben plantearse preguntas apropiadas para destacar oportunidades de mejoramiento en los procedimientos, tareas, equipos, materia prima, distribución física, proveedores o información de control administrativo.

6.7 REINGENIERÍA DEL PROCESO DE LA EMPRESA

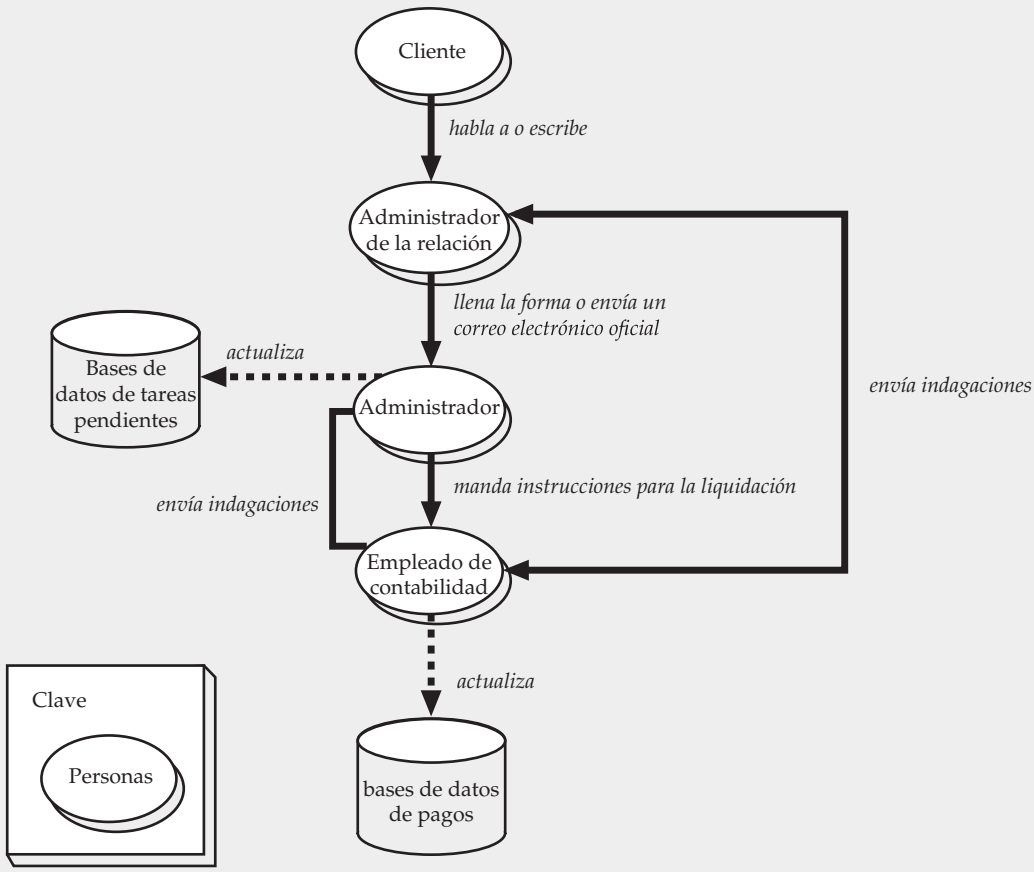
En el momento actual, el análisis de flujo del proceso se está aplicando como una **reingeniería del proceso de la empresa** (BPR, *business process reengineering*). De ordinario, ésta

Liderazgo operativo Crédit Suisse: una aplicación exitosa de la reingeniería del proceso de la empresa

Habiéndose fundado en 1856 y con oficinas centrales en Zurich, Suiza, Crédit Suisse es una institución global de servicios financieros con presencia en más de 50 países y una fuerza de trabajo de más de 47 000 empleados. La reingeniería del proceso de la compañía se ha aplicado a muchos de sus principales procesos de servicios, uno de los cuales se describe a continuación.

Uno de los principales procesos de servicios que se ha sujetado a una reingeniería es el de cierre de cuentas. Diariamente, clientes bancarios tanto minoristas como corporativos cierran cientos de cuentas. En realidad, muchos clientes tienen más de una cuenta. En el pasado, los pasos para el cierre de la cuenta de un cliente involucraban muchos pasos manuales y distinto personal bancario. El proceso de cierre de cuentas *como es*, el cual se muestra aquí, era propenso a errores, lento en cuanto a respuesta y no muy eficiente.

Después de que se analizaba el proceso de cierre de las cuentas, saltaba a la vista un importante indicio informativo: muchas peticiones de cierre de cuentas podían manejarse de una manera estándar uniforme y, por lo tanto, podían automatizarse. Se construyó una nueva aplicación informática para hacer posible que el administrador de la relación iniciara todas las actividades que cerrarían la cuenta de un cliente. Como resultado, el tiempo que se requería para cerrar una cuenta se redujo en 50% y la tasa de error se redujo a sólo 0.01 por ciento.



Fuente: Peter Küng y Claus Hagen, "The Fruits of Business Process Management: An Experience Report from a Swiss Bank", *Business Process Management Journal*, 13, núm. 4 (2007), pp. 477-487; www.credit-suisse.com (2009).

empieza con la totalidad del negocio e identifica los procesos fundamentales que se requieren para satisfacer las necesidades de los clientes. Posteriormente, los procesos básicos, muchos de los cuales atraviesan las fronteras de la organización, se analizan con detalle, usando los métodos que se describieron en este capítulo. Como resultado de ello, los procesos importantes de la compañía se rediseñan y se integran con miras al suministro de un mejor servicio al consumidor. Consulte el cuadro de Liderazgo operativo titulado *Crédit Suisse: una aplicación exitosa de la reingeniería del proceso de la empresa*, donde se expone un ejemplo de la manera en la que se está empleando el diagrama de flujo del proceso como parte de la reingeniería del proceso de una organización.

La reingeniería del proceso de la empresa es un término acuñado por Hammer y Champy en su famoso libro *Reengineering the Corporation* (2001). Estos autores argumentan que la mayoría de los procesos de negocios son anticuados y deben rediseñarse por completo. Muchos procesos actuales se han diseñado dentro de los confines de las funciones individuales como mercadotecnia, operaciones y finanzas y tampoco hacen uso de los sistemas modernos de computación para el procesamiento de la información. En consecuencia, dichos procesos requieren de mucho tiempo para proporcionar un servicio al cliente, son muy ineficientes y un despilfarro.

Considere el caso de una enorme compañía de seguros que, precisamente, tuvo ese problema. Cuando un consumidor llamaba a la oficina central en relación con un problema con un seguro, la llamada era tomada por el departamento de llamadas entrantes. El problema se ingresaba a la computadora y se transmitía electrónicamente a uno de varios departamentos: aseguramiento, servicio de pólizas, contabilidad o algún otro. Entonces, el problema esperaba en línea, con frecuencia durante días, hasta que un empleado tenía tiempo de verificarlo. En algunos casos, el problema del cliente se encauzó a un departamento incorrecto y tenía que ser nuevamente encauzado a otro, lo cual motivaba que pasara algunos días en la cola. Si el problema implicaba más de un departamento para responder la pregunta, el proceso de espera se repetía. Finalmente, alguien del área de servicios al cliente volvía a hacer contacto con éste después de muchas semanas. En incontables casos, la pregunta original no se respondía en forma completa o se contestaba de una manera incorrecta.

Este proceso se sometió a una reingeniería, reorganizando la totalidad de la operación de los seguros en torno de los representantes de los servicios a los clientes, quienes tratarían de manejar las solicitudes de los clientes por teléfono, en lo posible, con protocolos detallados de computadoras y guiones de tipo estándar. Si se requería más trabajo detallado, el representante del servicio al cliente consultaría a otros especialistas y volvía a establecer comunicación con el cliente en una semana o menos con una respuesta. Los representantes del servicio a los clientes recibieron una capacitación interdisciplinaria en áreas indispensables y eran apoyados por los demás departamentos. Aunque ello conllevaba más capacitación por parte de los representantes de servicio al cliente, mejoraba de modo considerable la velocidad y la exactitud del servicio a la vez que ahorraba muchos millones de dólares. Asimismo, suministraba un solo punto de contacto y menos molestias para el cliente.

La reingeniería del proceso de la empresa supone un **rediseño radical** de los procesos de negocio. Muchos de éstos simplemente no pueden prosperar en pasos pequeños y demandan un rediseño completo para mejorarlos de una manera drástica, como fue el caso de la oficina de seguros que se describió anteriormente. A menudo, el rediseño radical se apoya en las nuevas tecnologías; por ejemplo: vea el cuadro de Liderazgo operativo *Reingeniería de la función y el proceso de las cuentas por pagar en Ford*.

Para promover un rediseño radical exitoso, Hammer y Champy (2001) abogan por el cumplimiento de cuatro principios:

1. **Organizarse en torno de productos finales y no tareas.** La compañía de seguros que se describió estaba organizada de acuerdo con las tareas y utilizaba la división común del trabajo. Un departamento manejaba las llamadas telefónicas de los clientes; otro, el servicio de las pólizas, el aseguramiento y la contabilidad. Cuando la empresa se

Liderazgo operativo Reingeniería del departamento y del proceso de cuentas por pagar en Ford

Ford Motor Company es un líder global de la industria automotriz con sede en Dearborn, Michigan. En 2008, manufacturaba y distribuía a escala mundial utilizando más de 200 000 empleados y operando 90 plantas.

A principios de la década de 1980, Ford aprobó un proyecto de reingeniería del proceso de la empresa que puso a muchos departamentos bajo un microscopio, uno de los cuales era el de cuentas por pagar de Norteamérica. En aquel entonces, el departamento contaba con 500 trabajadores y la administración pensaba que una reducción de 20% en el personal era una meta razonable. Más o menos en la misma fecha, Ford había integrado un negocio conjunto con Mazda y decidió sujetar a su departamento de cuentas por pagar a una comparación sólo para enterarse de que Mazda tenía únicamente cinco empleados en el área de cuentas por pagar. Incluso después de tomar en cuenta la diferencia en los tamaños de las dos organizaciones, esto pudo atribuirse sólo a un proceso muy diferente.

El proceso que Ford aplicaba antes de la reingeniería, iniciaba cuando el departamento de adquisiciones emitía una orden de compra para el proveedor y una copia se depositaba en cuentas por pagar. Cuando se recibía la mercancía del proveedor, se enviaba un documento de recepción a cuentas por pagar. Posteriormente, el proveedor enviaba una factura al departamento de cuentas por pagar de Ford amparando la mercancía. Si cuentas por pagar podía acopiar los tres documentos podía autorizar el pago al proveedor; sin embargo, la mayor parte del tiempo del área de cuentas por pagar se destinaba al análisis de incompatibilidades entre los documentos. Los empleados podían detener el pago hasta que se identificaba la fuente de las incompatibilidades y el problema se resolvía.

Con el sistema modernizado con una reingeniería, el departamento de adquisiciones registraba la orden de compra en una base de datos y no le mandaba copias a nadie. Cuando la mercancía llegaba, el empleado de recepción ingresaba a la base de datos y determinaba si el embarque concordaba con la orden electrónica de compra. Si la correspondencia era correcta, el pago se autorizaba y se hacía en el momento apropiado. Si la correspondencia era incorrecta, la mercancía se regresaba o el departamento de adquisiciones de Ford era notificado para que aceptara la recepción del material. Asimismo, Ford instituyó las *compras sin factura*, las cuales el proveedor no necesitaba mandar una factura para que se le pagara. Esto simplificó mucho el proceso para todas las partes interesadas. Como resultado de ello, Ford pudo reducir el trabajo de su departamento de cuentas por cobrar y el número de personas en un 75 por ciento.

Fuente: Michael Hammer, "Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate", *Harvard Business Review*, julio-agosto de 1990, pp. 104-112; www.ford.com (2009).

reorganizó en torno del producto final, el cual era el servicio al cliente, se obtuvieron mejoramientos notables. Un representante de servicio al cliente controla todas las actividades asociadas con el resultado deseado. Aunque no siempre es posible tener a una persona para que haga todo, los trabajos pueden ampliarse y las transferencias entre departamentos pueden minimizarse con el auxilio de la reingeniería del proceso de la organización.

2. **Conseguir que las personas que hacen el trabajo procesen su propia información.** En el ejemplo de Ford, el departamento de cuentas por pagar era responsable de conciliar la información que se recibía de otros departamentos y del cliente. En el sistema rediseñado, cada persona procesaba su propia información con acceso a una base de datos centralizada. El área de compras ponía información directamente en la base de datos y la de recepción concordaba el material recibido con la orden de compras. No había necesidad de que cuentas por pagar cotejara la orden de compra, el documento de recepción y la factura. Este principio puede aplicarse en muchas situaciones en las cuales la información se transmite de un departamento a otro y se genera información innecesaria.
3. **Poner el punto de decisión donde se ejecuta el trabajo y construir controles dentro del proceso.** Siempre es mejor impulsar la toma de decisiones al nivel más bajo posible ya que eso eliminará las capas de burocracia y acelerará el proceso de la toma de decisiones. Luego de la reingeniería en el caso de Ford Motor, el departamento de recepción tomaba las decisiones acerca de si el material recibido era igual al ordenado. En el ejemplo de los seguros, el trabajador de cada caso tenía gran libertad para tomar decisiones directamente para el cliente en lugar de referirlas a otros departamentos;

sin embargo, para conseguirlo, debe incorporarse información y controles dentro del proceso mismo.

4. **Eliminar los pasos innecesarios en el proceso.** La simplificación de los procesos implica, por lo común, que se eliminen los pasos y los trámites de papel innecesarios. Cada paso se examina utilizando las técnicas de diagramas de flujo que se expusieron anteriormente y sólo se retienen aquellos que añaden valor para el consumidor. Como resultado, se diseñan procesos altamente modernizados y simplificados.

Aunque la reingeniería del proceso de la empresa ha logrado resultados sobresalientes, también ha tenido algunas fallas. Hammer y Champy (2001) indican que 70% de los proyectos de reingeniería han sido menos que exitosos. ¿Por qué un enfoque tan prometedor conduce a menudo a decepciones y problemas? Estos resultados se han atribuido tanto al enfoque mismo como a la manera en la que se implanta. Los postulantes de la reingeniería del proceso de la compañía casi siempre señalan la falta de apoyo de la alta administración, un esfuerzo de implantación reducido, la asignación de personas incorrectas al proyecto y la ausencia de cambios en los sistemas de incentivos como las causas de los fracasos. Al mismo tiempo, la reingeniería del proceso de la organización, en sí misma, puede conducir a algunos de esos problemas. La insistencia anticipada sobre un rediseño radical se ha suavizado un tanto para permitir un cambio menos drástico y un mejoramiento continuo. La idea esencial de la reingeniería del proceso de la empresa puede ser la perspectiva de la organización como un proceso y no la necesidad de un rediseño radical en cada caso.

La reingeniería del proceso de la compañía ha sido atacada debido a su asociación con los recortes de personal de las corporaciones estadounidenses. Aunque esta asociación puede ser exacta, la culpa, probablemente, no se encuentra en la reingeniería del proceso de la empresa misma; algunas corporaciones no crecen más y son tan ineficientes que ya no pueden competir. La reingeniería del proceso de la organización es, simplemente, una forma de resolver una serie de conflictos que se han creado a lo largo de los años. Un uso más informado de la reingeniería del proceso de la corporación sería emplearla, junto con un mejoramiento continuo, de modo que no se acumulen ineficiencias en una medida desastrosa, junto con un plan de crecimiento estratégico para mejorar el empleo.

La reingeniería del proceso de la empresa es sólo una de muchas herramientas que pueden aplicarse para mejorar las operaciones; proporciona una perspectiva de proceso para la organización y una forma de mejorar los procesos. Como resultado de ello, estos últimos se simplifican, los flujos del proceso se mejoran y los trabajos que no añaden valor se eliminan. En los capítulos acerca de sistemas esbeltos y de la calidad se explicarán otras herramientas encaminadas al mejoramiento de los procesos.

6.8 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Este capítulo ha destacado el análisis del flujo del proceso resaltando los conceptos de sistemas, medición, diagramas de flujo y reingeniería del proceso de la empresa. Los aspectos clave son los siguientes:

- Un prerrequisito para el análisis del flujo del proceso es la definición del sistema a analizar la cual demanda el aislamiento del sistema de interés con respecto a su ambiente a través del establecimiento de las fronteras, los clientes, los productos finales, los insumos, los proveedores y los flujos del proceso.
- La perspectiva del proceso conduce a la idea de que un negocio es un conjunto de procesos horizontales que están interconectados con el objetivo de satisfacer las necesidades del consumidor.
- La medición es indispensable para el mejoramiento del proceso. Algunas mediciones clave de un proceso son el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo, la tasa de flujo, el inventario y la capacidad. El recurso cuello de botella determina la capacidad de todo el proceso.

- El diagrama de flujo del proceso crea una descripción gráfica de un proceso de transformación. La meta es generar diagramas de flujo, o diagramas visuales de un proceso de transformación, que sean fáciles de entender por personas que pueden no estar familiarizadas con el proceso fundamental de transformación.
- El diagrama de flujo del proceso puede aplicarse al flujo de materiales, al de la información y a los de servicios. En la manufactura, se traza una gráfica del flujo del proceso para mostrar el flujo de materiales. En los servicios, se crea un plano del servicio para ilustrar cómo interactúan los clientes con los proveedores de servicios.
- El análisis del flujo del proceso toma el diagrama de flujo y las mediciones de un proceso de transformación y busca respuestas a preguntas relevantes. Éstas contribuyen a destacar oportunidades que pueden implantarse para mejorar el proceso de transformación.
- La reingeniería del proceso de la empresa se usa para el rediseño radical de los procesos; es de naturaleza interfuncional e implica un reacondicionamiento de los métodos de trabajo, los flujos y los sistemas de información.

Términos clave

Análisis del flujo del proceso
Filosofía del proceso
Sistema
Fronteras del sistema
Perspectiva de la empresa como un proceso
Ley de Little
Tiempo de capacidad específica de producción de un equipo
Capacidad
Cuello de botella
Tasa de flujo
Diagramas de flujo del proceso
Representación gráfica del proceso
Graficación del proceso del flujo
Planos de un servicio
Diagrama de flujo de sistemas
Propiedad del proceso
Reingeniería del proceso de la empresa
Rediseño radical

Usted **decida**

Debido a ciertas restricciones presupuestales, las empresas deben invertir, ya sea en esfuerzos continuos para el mejoramiento o en esfuerzos para la reingeniería del proceso de la empresa. ¿Tiene sentido esta afirmación? ¿Por qué sí o por qué no? ¿En qué circunstancias podrían preferirse un enfoque u otro?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. BPR Online Learning Center
   http://www.prosci.com

Lea uno o más tutoriales acerca de la reingeniería del proceso de la empresa en este sitio y asista a clase preparado para exponer sus hallazgos.

2. Q-Skills
   http://www.q-skills.com/flowchrt.html

Lea el resumen de diagramas de flujo y redacte un reporte breve sobre algunos de los problemas y dificultades en el uso de los diagramas de flujo.

3. Little's Law
   http://en.wikipedia.org/wiki/Little's_law

Lea este breve artículo de la Ley de Little donde se presenta más información de antecedentes.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema

1. Una cola de boletos para los juegos de futbol americano de los Vikingos de Minnesota tiene un promedio de 100 aficionados formados para comprar boletos y una tasa

promedio de flujo de cinco aficionados por minuto. ¿Cuál es el tiempo promedio que puede esperar en la cola el comprador de un boleto?

Solución

Encuentre el valor de T usando la Ley de Little $I = T \times R$:

$$T = I \div R = 100 \div 5 = 20$$

el comprador de un boleto puede esperar pasar un promedio de 20 minutos en la cola.

Problema

2. La empresa de servicios comerciales de lavandería de Joe tiene contratos para lavar sábanas de cama para hoteles. Joe ingresa cada lote de sábanas, lo cual requiere un minuto y, posteriormente, las sábanas son lavadas, lo cual requiere 20 minutos, y secadas, lo que se lleva 30 minutos. El lote de sábanas se plancha y se necesitan 10 minutos para cada lote; existen dos empleados que se encargan de planchar las sábanas. Finalmente, Joe las empaca y factura a los clientes, lo que implica dos minutos. Joe cuenta con cinco lavadoras y siete secadoras que pueden procesar un lote de sábanas cada una.

   a) ¿Cuál es la capacidad de sistema de lavandería y cuál es el cuello de botella?
   b) ¿Cuál es el tiempo promedio de capacidad específica de producción de un equipo de cada lote de sábanas?
   c) Si la tasa de flujo es de 10 lotes por hora, ¿cuál es el número promedio de lotes de sábanas en el sistema (inventario)?

Solución

a) La capacidad de cada recurso es como sigue:

- Joe necesita tres minutos para cada lote y, por lo tanto, puede manejar 20 lotes por hora. El planchado requiere 10 minutos y, entonces, cada empleado puede manejar seis lotes por hora y la capacidad total para dos empleados que es de 12 lotes por hora.
- Las lavadoras necesitan 20 minutos por lote o tres cargas por hora para cada máquina, y hay cinco máquinas, lo cual integra una capacidad total de 15 lotes por hora.
- Las secadoras requieren 30 minutos por lote o dos cargas por hora provenientes de cada máquina $\times$ siete máquinas, lo que da una capacidad de 14 lotes por hora.

El recurso más restrictivo (capacidad mínima) es el planchado y, por lo tanto, la capacidad del sistema es de 12 lotes por hora y el planchado es el cuello de botella.

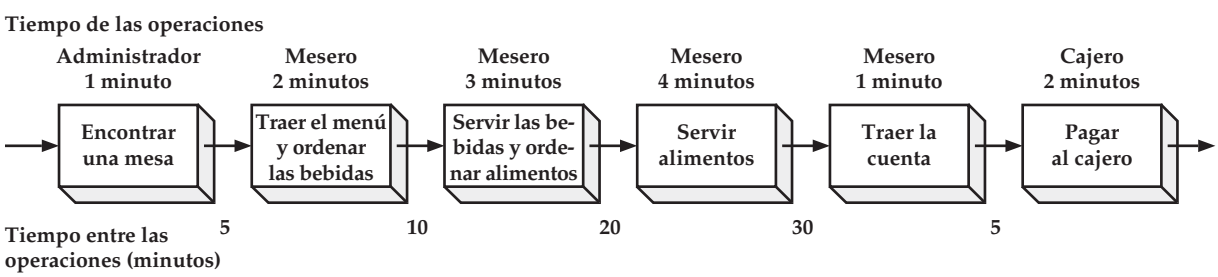
b) El tiempo promedio de capacidad específica de producción de un equipo de sistema para cada lote de sábanas es:

$$T = 1 + 20 + 30 + 10 + 2 = 63 \text{ minutos}$$

c) $I = T \times R = (63 \div 60) \times 10 = 10.5$ lotes (observe que los 63 minutos deben convertirse a horas usando 60 minutos en una hora).

Problema

3. Un restaurante pequeño tiene 30 mesas. Cuando los clientes llegan, el administrador los sienta, los meseros los atienden y, posteriormente, pagan la cuenta. El proceso se muestra con los tiempos de las operaciones en la parte superior de la figura y los tiempos entre las operaciones en la parte inferior. Existe un administrador, un cajero y cuatro meseros disponibles.



a) ¿Cuál es la capacidad del sistema y cuál es el recurso que es un cuello de botella?
b) ¿Cuál es el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo para cada cliente?
c) Si se tienen 20 llegadas por hora, ¿cuál es el número de mesas ocupadas?

Solución

a) La capacidad de cada recurso se describe a continuación:

- El administrador necesita un minuto para cada cliente y puede manejar 60 clientes (o mesas) por hora.
- El cajero requiere dos minutos para cada cliente y puede manejar 30 clientes por hora.
- Cada mesero necesita 10 minutos por mesa y puede manejar seis mesas por hora. Existen cuatro meseros y, entonces, la capacidad total para los meseros es de 24 mesas por hora.
- Existen 30 mesas disponibles.

El recurso que tiene la capacidad mínima son los meseros y, por lo tanto, la capacidad del sistema es de 24 mesas por hora y el cuello de botella está en los meseros.

b) El tiempo de capacidad específica de producción de un equipo del sistema para cada cliente es

$$1 + 2 + 3 + 4 + 1 + 2 + 5 + 10 + 20 + 30 + 5 = 83 \text{ minutos}$$

c) Si se tienen 20 llegadas por hora, entonces habrá

$$I = T \times R = (83 \div 60) \times 20 = 27.7 \text{ mesas ocupadas}$$

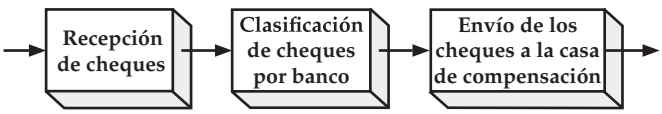
Preguntas de análisis

1. En las siguientes operaciones, aísle un sistema para su análisis y defina a los clientes, los servicios producidos, los proveedores y los flujos primarios del proceso.
   a) Una universidad
   b) Un restaurante de comida rápida
   c) Una biblioteca
2. Explique la manera en la que la perspectiva de una organización como un proceso probablemente descubra la necesidad de una mayor cooperación interfuncional y de una mayor descentralización de la organización.
3. Exponga la Ley de Little con sus propias palabras. ¿Cómo puede usarse, y cuáles son las limitaciones de esta ley?
4. Proporcione una definición de un cuello de botella. ¿Por qué es importante encontrar el cuello de botella?
5. Establezca las diferencias entre la capacidad, la tasa de flujo y la demanda.
6. Justifique por qué podría ser de utilidad analizar el flujo de materiales y el de la información del control en forma conjunta y al mismo tiempo.
7. ¿Qué tipos de problemas se presentan a causa del rediseño de los procesos existentes y que no se encuentran en el diseño de un nuevo proceso?
8. ¿Por qué es indispensable definir el sistema de interés antes de comprometerse con el mejoramiento? Señale tres razones.
9. Encuentre un artículo en la biblioteca o en internet que describa la reingeniería del proceso de la empresa. Escriba un breve reporte acerca de cómo se usó ésta.
10. Visite el departamento de procesamiento de datos de una compañía y pídales que le presenten una muestra de los diagramas de flujo de los sistemas que han desarrollado. Pregúnteles, también, cómo se emplean los diagramas de flujo para hacer mejoramientos en los sistemas de información.
11. Describa con sus propias palabras a un compañero de clase el plano de un servicio.

Problemas

1. En una compañía que procesa reclamaciones de seguros, la tasa de flujo promedio es de 10 reclamaciones por hora y el tiempo promedio de capacidad específica de producción de un equipo es de seis horas.
   a) ¿Cuántas reclamaciones hay en el sistema en promedio?
   b) Si la demanda de las reclamaciones que se van a procesar es de siete por hora y la capacidad es de ocho por hora, ¿cuál es la tasa de flujo?
   c) ¿Qué supuestos ha hecho usted en sus respuestas?

2. Suponga que un banco compensa los cheques girados sobre las cuentas de cheques de los clientes mediante el uso de los siguientes procesos:



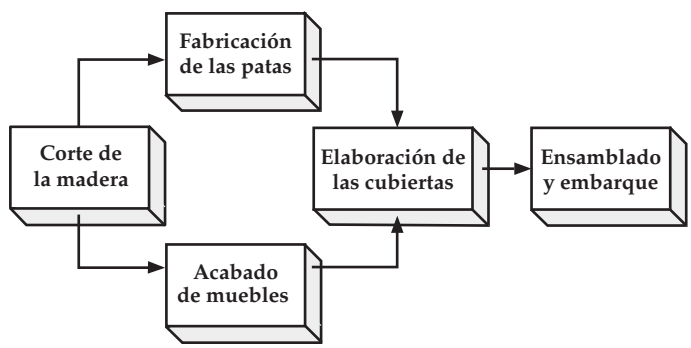
   a) Si la capacidad para la recepción de cheques es de 1 000 cheques por hora, para la clasificación de cheques es de 800 cheques por hora y para el embarque de cheques es de 1 200 por hora, ¿cuál es la capacidad de este sistema para procesar cheques?
   b) Si la tasa de flujo es de un promedio de 600 cheques por hora y existe un promedio de 200 cheques en el sistema, ¿cuál es el tiempo promedio de capacidad específica de producción de un equipo de cheques?
   c) ¿Qué podría hacerse para disminuir el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo?

3. The Stylish Hair Salon tiene tres estilistas que proporcionan servicios a mujeres. Después de registrarse con el recepcionista, lo que toma un promedio de un minuto, el cabello del cliente es lavado, secado y peinado, lo cual requiere un promedio de 25 minutos. El pago implica tres minutos y también es ejecutado por el recepcionista.
   a) ¿Cuál es la capacidad del proceso y cuál es el cuello de botella?
   b) ¿Cuál es el tiempo promedio de capacidad específica de producción de un equipo y, si la tasa promedio de flujo es de cinco clientes por hora, cuál es el número promedio de clientes en el sistema?
   c) Si los insumos para el sistema son aleatorios, ¿qué sucederá a medida que la tasa de flujo se aproxime a la capacidad del sistema?

4. Judy's Cake Shop elabora pasteles de acuerdo con las órdenes de los consumidores. Luego que el asistente de Judy recibe la orden, lo que requiere de dos minutos, Judy necesita ocho para mezclar los ingredientes del pastel y para cargar un sartén para el horneado. Posteriormente, el pastel se pone en el horno durante 30 minutos. El horno puede sostener tres pasteles a la vez. Cuando el pastel se saca del horno, se enfría durante una hora. Más tarde, el asistente necesita dos minutos para empacar y preparar el pastel para que sea recogido y para facturar al cliente, lo que demanda tres minutos.
   a) ¿Cuál es la capacidad del proceso, y cuál es el cuello de botella?
   b) ¿Cuál es el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo para un pastel común?
   c) Si en promedio se toman cinco órdenes por hora, ¿cuántos pasteles hay en el proceso (inventario de producción en proceso)?

5. The Swanky Hotel brinda servicios a las habitaciones de sus huéspedes. El proceso de este servicio empieza con un administrador de servicios a la habitación, quien toma las órdenes por teléfono a un promedio de dos minutos por orden. El administrador envía entonces la orden a la cocina, donde se necesita un promedio de 16 minutos para preparar el alimento de cada orden. Hay cuatro chefs en la cocina. Si un cliente pide una bebida (alcohólica o no), el administrador del servicio de las habitaciones envía la orden al bar al mismo tiempo que a la cocina. Se requieren tres minutos para que el encargado del bar prepare la orden y 80% de las órdenes solicitan una bebida. Una vez que están listas las órdenes de la cocina y del bar, un botones las lleva a la habitación y le presenta la nota al huésped. Hay seis botones para ofrecer este servicio y cada orden necesita 20 minutos para que la complete el botones.
   a) ¿Cuál es la capacidad del proceso y cuál es el cuello de botella?
   b) ¿Cuál es el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo de una orden común?
   c) Estime que los viernes por la tarde ocurre un promedio de 10 órdenes de servicios a la habitación. ¿Cuántas órdenes habrá en el sistema en promedio las noches de los viernes?
   d) Suponga las siguientes tasas de remuneración para los empleados. A los meseros se les paga 6 dólares por hora (sin incluir las propinas), a los cocineros 10 dólares por hora y al cantinero se le pagan 7 dólares por hora. El administrador del servicio a las habitaciones recibe un pago de 12 dólares por hora. Calcule, además, que se añade 60% de gastos indirectos a la mano de obra directa y que el costo del alimento y de las bebidas da un promedio de 6 dólares por orden.
      - ¿Cuál es el costo promedio de una orden cuando se operan 10 órdenes por hora?
      - ¿Cuál es el costo mínimo por orden que el sistema puede alcanzar?
   e) ¿Qué estimaciones ha hecho usted en estos cálculos que pudieran ser razonables?

6. Una fábrica de muebles elabora dos tipos de mesas de madera, grandes y pequeñas. Cada mesa fluye a través del siguiente proceso:



   Las mesas pequeñas se elaboran en lotes de 100 y las grandes en lotes de 50 a la vez. Un lote incluye un tiempo fijo de preparación para la totalidad del lote en cada proceso y un tiempo de corrida para cada pieza. Tanto las mesas grandes como las pequeñas poseen los mismos tiempos de procesamiento y capacidades, como se muestra en seguida.

	Tiempo de preparación, en minutos	Tiempo de corrida por pieza, en minutos	Capacidad, piezas por hora
Corte de la madera	30	5	15
Fabricación de las cuatro patas	60	10	10
Fabricación de las cubiertas	60	12	8
Acabado de la madera	20	8	12
Ensamblado y embarque	20	17	14

a) ¿Cuál es la capacidad del sistema, y cuál es el cuello de botella?
b) ¿Cuál es el tiempo de capacidad específica de producción de un equipo para los lotes grandes y pequeños?
c) Cuando se produce a una tasa de 6 mesas grandes por hora en promedio, ¿cuántas mesas habrá en el sistema?

7. Dibuje un diagrama de flujo para los siguientes procesos:
   a) El procedimiento utilizado para el mantenimiento de su chequera
   b) El registro en la universidad
   c) La obtención de un libro de la biblioteca
8. Dibuje la gráfica de un proceso de flujo en relación con los procesos que se mencionan en el problema 7 utilizando los símbolos especiales que se describieron en este capítulo.
9. Utilice las preguntas clave de qué, quién, dónde, cuándo y cómo para el problema 7 o el problema 8 para sugerir mejoramientos en el proceso.
10. Con los símbolos especiales de operaciones, dibuje una gráfica de un proceso de flujo para los siguientes procesos:
    a) La preparación personal para una entrevista de trabajo
    b) Ir a la biblioteca para estudiar y regresar a su habitación
11. Aplique las preguntas de qué, quién, dónde, cuándo y cómo para hacer mejoramientos en el problema 10, incisos *a*) y *b*).
12. Dibuje el plano de servicio para los siguientes servicios:
    a) La entrega de pizzas
    b) La reparación de un automóvil
13. Analice los planos de servicio del problema 12 en relación con posibles mejoramientos. Emplee las preguntas de flujo, tiempo, cantidad, calidad y costo.

Bibliografía

Ahadi, Hamid Reza. "An Examination of the Role of Organizational Enablers in Business Process Reengineering and the Impact of Information Technology". *Information Resources Management Journal* 17, núm. 4 (2004), pp. 1-19.

Albizu, Eneka y Mikel Olazaran. "BPR Implementation in Europe: The Adaptation of a Management Concept". *New Technology, Work & Employment* 21, núm. 1 (2006), pp. 43-58.

Andrews, Christine P. "Drawing a Map of the Business". *Internal Auditor* 64, núm. 1 (2007), pp. 55-58.

Bliemel, Michael y Khaled Hassanein. "E-Health: Applying Business Process Reengineering Principles to Healthcare in Canada". *International Journal of Electronic Business* 2, núm. 6 (2004), pp. 1-2.

Champy, J. A. *Reengineering Management: The Mandate for New Leadership*. Londres: HarperCollins, 1996.

Chaneski, Wayne S. "Process Flow Chart: A Tool for Streamlining Operation". *Modern Machine Shop* 72, núm. 10 (marzo de 2000), pp. 52-54.

Godfrey, Michael y D. Brent Bandy. "Applying Little's Law and the Theory of Constraints". *Six Sigma Forum Magazine* 4, núm. 2 (febrero de 2005), pp. 37-4l.

Grant, Delvin. "A Wider View of Business Process Reengineering". *Communications of the ACM* 45, núm. 2 (febrero de 2002), pp. 85-90.

Hammer, Michael. *Beyond Reengineering: How the Process Centered Organization Is Changing Our Work and Lives*. Nueva York: HarperCollins, 1996.

Hammer, Michael. "Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate". *Harvard Business Review*, julio-agosto de 1990, pp. 104-112.

Hammer, Michael y James A. Champy. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. Nueva York: Harper Business, 200l.

Küng, Peter y Claus Hagen. "The Fruits of Business Process Management: An Experience Report from a Swiss Bank". *Business Process Management Journal* 13, núm. 4 (2007), pp. 477-487.

Marshall, Simon. "Systems Thinking". *Communications International*, noviembre de 2001, p. 53.

McNary, Lisa D. "Applying Flowcharts to Improve Service in the Public Sector". *Public Manager* 35, núm. 2 (2006), pp. 48-5l.

Montano, Carl. B., Madelyn D. Hunt y Lowell Boudreux. "Improving the Quality of Student Advising in Higher Education -A Case Study". *Total Quality Management & Business Excellence* 16, núm. 10 (2005), pp. 1103-1125.

Prevette, Steven S. "Systems Thinking -An Uncommon Answer". *Quality Progress* 36, núm. 7 (2003), pp. 32-35.

Rubenstein-Montano, B., J. Liebowitz, J. Buchwalter, D. McCaw, B. Newman y K. Rebeck. "A Systems Thinking Framework for Knowledge Management". *Decision Support Systems* 31, núm. 1 (mayo de 2001), pp. 5-16.

Sarkar, A. N. y Jagjit Singh. "E-enabled BPR Applications in Industries Banking and Cooperative Sector". *Journal of Management Research* 6, núm. 1 (2006), pp. 18-34.

Senge, Peter M. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Nueva York: Doubleday, 1990.
Soumish, D. "Project Leads to $1.65 Million Annual Savings". *Six Sigma Forum Magazine* 4, núm. 1 (2004), pp. 37-44.
Wallace, C. I., P. I. Dargan y A. L. Jones. "Paracetamol Overdose: An Evidence Based Flowchart to Guide Management". *Emergency Medicine Journal* 19, núm. 3 (2002), pp. 202-205.
Zemke, Ron. "Systems Thinking". *Training* 38, núm. 2 (febrero de 2001), pp. 40-43.

Capítulo 7

Filosofía de la producción esbelta y sistemas esbeltos

Presentación del capítulo

7.1 Evolución de la producción esbelta
7.2 Principios de la producción esbelta
7.3 Sistema esbelto
7.4 Estabilización del programa maestro
7.5 Control del flujo con el sistema Kanban
7.6 Reducción del tiempo de preparación y del tamaño de los lotes
7.7 Cambio de la distribución física y mantenimiento del equipo
7.8 Capacitación interfuncional, remuneración y contratación de trabajadores
7.9 Garantía de la calidad
7.10 Cambios de relaciones con los proveedores
7.11 Implantación de la producción esbelta
7.12 Aspectos y términos clave
Usted decida
Ejercicios por internet
Problemas resueltos
Preguntas de análisis
Problemas
Bibliografía

Xerox Corporation lleva a cabo anualmente una serie de talleres de Filosofía del liderazgo, incluyendo uno que ha sido específicamente diseñado para introducir conceptos, principios y técnicas de la producción esbelta. En marzo de 2009, se llevó a cabo un taller en el Gil Hatch Center for Customer Innovation en el campus de Xerox en Webster, Nueva York. A este taller asistieron 35 miembros de Xerox Premier Partners Global Network, una red de 730 negocios afiliados equipados con máquinas Xerox provenientes de 48 países en tres continentes. Los miembros de la red se consideran expertos en impresiones digitales en sus respectivas naciones. Uno de los asistentes al taller, Digital Quickcolor de Charlotte, Carolina del Norte, participó en un panel del equipo de socios denominado Xerox Premier Partners quienes habían tenido éxito en el desarrollo de la eficiencia. Durante su presentación en el panel, Digital Quickcolor reportó mejoramientos de 39% en el desempeño, 8% en

los costos de papel y 10% en el tiempo de respuesta respecto a una iniciativa de eficiencia que había buscado con Xerox.[1]

En este capítulo, presentamos los conceptos, principios y técnicas de la producción esbelta que Digital Quickcolor y una gran cantidad de otras empresas han adoptado para el mejoramiento del desempeño. Estos conceptos, principios y técnicas pueden desplegarse para reformar no sólo los sistemas de manufactura, sino también los administrativos, los de servicios y la totalidad de las cadenas de suministro. Empezaremos exponiendo la evolución de estos sistemas antes de presentar su filosofía como un conjunto de cinco afirmaciones que incorporan conceptos, principios y técnicas. Posteriormente, caracterizamos los sistemas esbeltos, en particular los de producción esbelta, que se crean cuando las compañías persiguen la eficiencia. Concluimos el capítulo destacando los problemas de implantación que deben considerarse cuando una organización está implantando la manufactura esbelta.

7.1 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ESBELTA

Después de la Segunda Guerra Mundial, el sistema estadounidense de manufactura en masa era la envidia del mundo. La producción en masa —la producción de productos discretos y estandarizados en altos volúmenes por medio de tecnologías **repetitivas de manufactura**— era la norma. Los materiales se producían en lotes grandes y las máquinas estaban acondicionadas para operar más rápido a efecto de reducir los costos. En algunos casos, ello daba como resultado sacrificar la calidad en pro de la eficiencia y generaba trabajos repetitivos que conducían a una insatisfacción de los trabajadores, pero el mundo todavía compraba productos estadounidenses.

En la década de 1960, el milagro japonés se produjo en la compañía manufacturera Toyota. Después de visitar las corporaciones manufactureras de los Estados Unidos, Toyota determinó que no podría copiar el sistema estadounidense de producción en masa. En aquella época, la demanda de automóviles de Toyota no sólo era baja, sino que había una severa falta de recursos. Debido a dicha carencia, Toyota desarrolló una fuerte aversión hacia el desperdicio. Los residuos y los reprocesamientos se consideraban un desecho, lo mismo que aquellos inventarios que usaban espacio de almacenamiento y recursos valiosos. Toyota se percató de que necesitaba producir automóviles en lotes mucho más pequeños, con un inventario mucho más bajo, empleando procesos sencillos, aunque de alta calidad y haciendo participar a los trabajadores tanto como fuera posible. Esta comprensión se convirtió en el fundamento de lo que hoy se conoce como el **sistema de producción de Toyota (TPS, *Toyota Production System*)** y la manufactura **justo a tiempo (JIT, *Just-In-Time*).** Consulte el cuadro de Liderazgo operativo *El sistema de producción de Toyota en la planta de Toyota de Georgetown, Kentucky, Estados Unidos*.

La manufactura justo a tiempo llegó a los Estados Unidos en 1981 en la planta de motocicletas Kawasaki con sede en Nebraska, la cual retomó muchas ideas provenientes del sistema de producción de Toyota; sin embargo, en lugar de transformar la totalidad del sistema de producción en masa, la manufactura justo a tiempo se concentraba, sobre todo, en la reducción del inventario y, por lo tanto, se visualizaba como una nueva forma de controlar la producción de los inventarios. Como resultado, muchas compañías estadounidenses que trataron de copiar e implantar el sistema de producción de Toyota sólo consiguieron un mejoramiento parcial.

En 1990 Womack, Jones y Roos estudiaron la manufactura de automóviles justo a tiempo en Japón, Estados Unidos y Europa y popularizaron el término **producción esbelta** en su famoso libro *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*.[2] Al definir

[1] Boletín de prensa de Xerox, http://www.printingnews.com/online/printer.jsp?id=9266.

[2] La frase *producción esbelta* fue creada a finales de la década de 1980 por John Krafcik, quien estuvo trabajando con James P. Womack y algunos colegas en el International Motor Vehicle Program en el Massachusetts Institute of Technology (http://www.autofieldguide.com/articles/010502.html).

Liderazgo operativo El sistema de producción de Toyota en la planta de Toyota de Georgetown, Kentucky, Estados Unidos

Toyota Motor Manufacturing Kentucky, Inc. (TMMK) es la planta insignia de manufactura de Toyota en Estados Unidos. Establecida en 1986, TMMK actualmente ocupa 1 600 acres (647.50 hectáreas) en Georgetown, Kentucky; tiene un tamaño de más de 7.5 millones de pies cuadrados (696 772.80 metros cuadrados) y emplea aproximadamente 7 000 empleados para construir el Camry, el Avalon, el Solera y el Venza.

En TMMK, los empleados se capacitan no sólo en las habilidades requeridas para el trabajo, sino en la solución de problemas y en los métodos para un mejoramiento continuo. Las actividades laborales se han estandarizado para minimizar los desperdicios y para asegurar la calidad. Los trabajadores pueden detener la línea de producción y son fuertemente animados para que lo hagan cuando se detecta un problema de calidad; además, participan activamente sugiriendo nuevas formas de mejorar su trabajo y sus ambientes laborales y se ha recibido la asombrosa cantidad de 100 000 sugerencias en promedio por año provenientes de equipos e individuos que trabajan en TMMK.

Toyota ha hecho mucho más que transferir el sistema de producción de Toyota a TMMK. Comprendiendo que el desempeño de TMMK depende de sus proveedores, trabajan de manera intensa para asistir a sus 350 proveedores con casas matrices ubicadas en Estados Unidos a implantar el sistema de producción de Toyota y crearon el Toyota Supplier Support Center en Erlanger, Kentucky, que se encarga de proporcionar servicios de consultoría a los mismos; de hecho, los proveedores le pueden hacer entregas frecuentes a TMMK y le permiten mantener, en promedio, no más de cuatro horas de materiales dentro de sus instalaciones.

Fuente: http://www.toyotageorgetown.com/; Robert Hall, "The Americanization of the Toyota Production System", *Target* 15, núm. 1 (1999); A. Harris, "Automotive Special Report —Made in the USA—Uprooting the Toyota Production System and Transplanting it to Kentucky in the United States Has Proved to be a Great Success for Toyota", *Manufacturing Engineer* 86, núm. 1 (2007), pp. 14-19.

la manufactura esbelta como la que elimina sistemáticamente el desperdicio en todos los procesos de producción al proporcionar exactamente lo que el cliente requiere y nada más; ellos reportaron que las mejores plantas que usaban una producción esbelta poseían una gran ventaja en el desempeño de los ensambles de automóviles en cualquier parte del mundo. Además, la productividad de la mano de obra en las mejores plantas excedía a la de las peores a razón de dos a uno; los defectos se redujeron a la mitad y el inventario había disminuido de dos semanas a dos horas. En realidad, las mejores plantas de Estados Unidos tenían una productividad comparable en la mano de obra (horas para el ensamble de vehículos) y una calidad similar a la de las mejores plantas japonesas en Estados Unidos, mientras que las europeas se quedaron atrás. Esto demostró que las mejores plantas de Estados Unidos habían podido adoptar el sistema de producción de Toyota y competir con las japonesas, pero las plantas promedio de Estados Unidos aún estaban muy atrás.

En 1996, Womack y Jones publicaron un libro acerca de la **filosofía de la producción esbelta,** en el cual trataron de demostrar la manera en la que los conceptos, principios y técnicas que dan fundamento a la producción esbelta pueden extenderse más allá de la producción a la totalidad de la empresa, incluyendo a mercadotecnia, finanzas y contabilidad. Asimismo, Womack y Jones demostraron que la aplicabilidad y la utilidad de la filosofía de la producción esbelta no se restringían a las compañías de manufactura, sino que también podían aplicarse al mejoramiento de los servicios.

La manufactura japonesa en Estados Unidos. Los métodos de manufactura japonesa se usan ampliamente en Estados Unidos.

En la actualidad, los conceptos, principios y técnicas que dan fundamento a la producción esbelta han sido implantados o están siendo implantados a través de un amplio espectro de empresas globales. En Esta-

Liderazgo operativo La jornada de la eficiencia en Andersen Corporation

Andersen Corporation manufactura, vende e instala más de 6 millones de ventanas y puertas anualmente en todo el mundo. Desde su fundación en 1903 por el danés inmigrante Hans Andersen y su familia, la compañía ha crecido hasta convertirse en una empresa internacional, con más de 9 000 empleados en 20 localidades. Teniendo sus oficinas centrales en Bayport, Minnesota, Andersen ocupa instalaciones de 2.8 millones de pies cuadrados (260 128.51 metros cuadrados) que cubren 65 acres (26.30 hectáreas).

Su camino a la producción esbelta empezó en la última parte de la década de 1990 con un enfoque en el incremento de la flexibilidad de la manufactura. Se perseguían tácticamente los proyectos de aplicación de las 5S y de reducción del inventario. En 2002, la producción esbelta se convirtió en una iniciativa clave para la estrategia corporativa de Andersen, lo que condujo a la creación de una *oficina esbelta*. Los recursos se asignaban a esta unidad para buscar la meta fundamental de eliminar los costos innecesarios en los procesos de manufactura de las instalaciones de Bayport. A inicios de 2004, Andersen se interesó en implantar los conceptos, principios y técnicas de la producción esbelta a través de todos sus negocios y comenzó a reconocer su potencial y el valor en su cadena de suministro. En la actualidad, la filosofía de la producción esbelta apuntala el *sistema de manufactura de Andersen* como una forma de realizar operaciones de negocios que incluye una búsqueda incesante de los siguientes principios:

1. Establecer consistencia en cuanto a la manera en la que se realiza el trabajo.
2. Empezar con la *calidad* y terminar en la calidad.
3. Cuestionar el *statu quo* y buscar mejoramientos continuos adicionales.
4. Proporcionarle a los clientes lo que quieran y cuando lo quieran

Fuente: Adaptado del sitio web de Andersen Corporation en http://www.andersenwindows.com/. La información de la visita al sitio fue ofrecida a los asistentes a la Conferencia de Educación en Producción Esbeltos de mayo de 2009 en el Carlson School of Management de la Universidad de Minnesota.

dos Unidos, 3M, Bendix, Black & Decker, Briggs & Stratton, Deere & Company, Eaton, Ford, General Electric, Hewlett Packard, Honeywell, IBM, Wells Fargo, Wipro, Delta Airlines y United Health Care son sólo algunos ejemplos de corporaciones de prestigio que persiguen la filosofía de la producción esbelta (consulte el cuadro de Liderazgo operativo *La jornada de la producción esbelta en Andersen Corporation*). Prácticamente en todos los casos se han reportado beneficios, como un incremento en la rotación del inventario —de 50 a 100 veces por año—, una calidad superior y ahorros sustanciales en costos (de 15 a 20 por ciento).

7.2 PRINCIPIOS DE LA MANUFACTURA ESBELTA

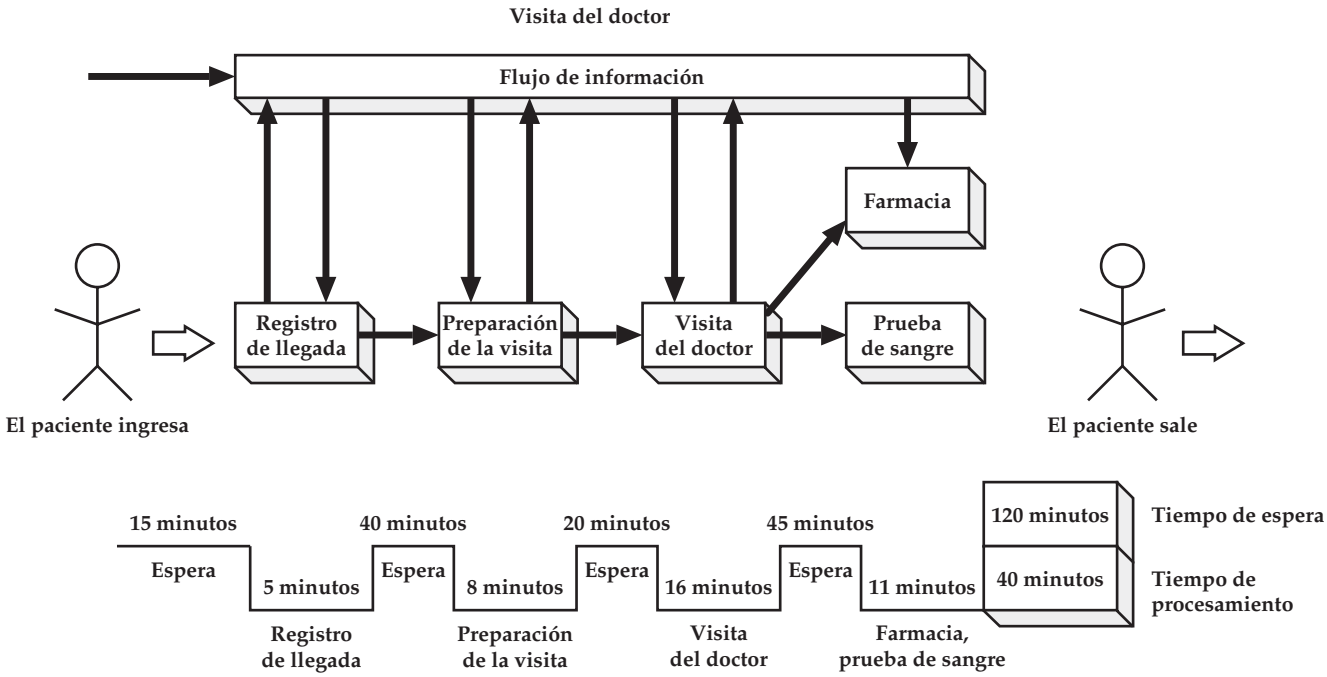
Como lo señala su nombre, la filosofía de la manufactura esbelta es una forma de concebir los procesos del trabajo, y los de casa. Dicho modo de pensar se edifica en torno de cinco principios que incluyen conceptos, principios y técnicas específicas y pretenden entregar valor a los clientes de una manera eficiente.

El primer principio de la filosofía de la manufactura esbelta es *especificar precisamente qué es aquello acerca de un producto o servicio que crea valor desde la perspectiva del cliente*. Recuerde, del capítulo 1, que el valor lo define el cliente y se brinda en el producto o servicio que el consumidor necesita en un lugar, momento y precio que esté dispuesto a pagar. El valor no es lo que la empresa dice, sino lo que el cliente dice; con frecuencia, es una solución para un problema al que el cliente se enfrenta y por la cual está dispuesto a pagar. Como tal, el valor es de carácter dinámico y cambia con el tiempo.

El segundo principio de la filosofía de la producción esbelta estriba en *identificar, estudiar y mejorar la corriente del valor del proceso para cada producto o servicio*. La **corriente de valor** identifica todos los pasos y tareas de procesamiento que se emprenden para completar un producto o para proporcionar un servicio desde el principio hasta el fin; por lo tanto, una corriente común de valor puede incluir pasos y tareas de procesamiento con o sin un valor añadido . Al estudiar la corriente del valor, la meta es eliminar los pasos y las tareas de procesamiento que no conllevan un valor agregado.

FIGURA 7.1 Representación gráfica de la corriente progresiva de valor para los cuidados de la salud para un estado actual como es.

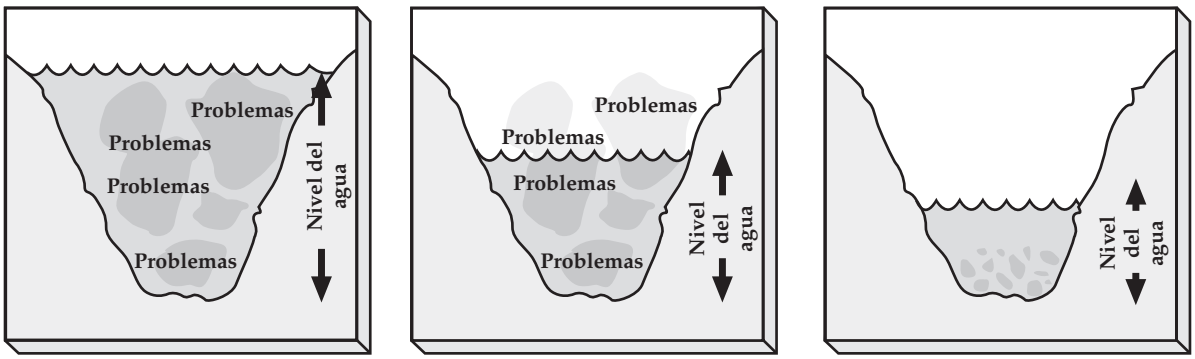
Fuente: Adaptado de Sylvia Bushel, Joyce Mobley y Becky Shelest. "Discovering Lean Thinking at Progressive Health Care", *Journal of Quality & Participation* 25, núm. 2 (verano de 2002), pp. 161-191.



Una técnica que apoya este principio es el **mapeo de la corriente de valor** que crea una representación visual de la corriente de valor de un proceso y, en este sentido, tiene el mismo propósito que un diagrama de flujo de un proceso (el cual se expuso en el capítulo 6). El mapeo de la corriente de valor requiere de la observación directa del trabajo y del flujo del trabajo dentro de un proceso. Los japoneses se refieren a las observaciones directas tomadas en el punto donde se ejecuta el trabajo de modo que las oportunidades puedan identificarse como **Gemba.** La representación resultante de la corriente de valor ilustra los puntos iniciales y finales del proceso, los pasos y las tareas entre esos puntos y la información de desempeño relevante del proceso. La figura 7.1 es una representación simplificada de una corriente de valor que muestra la manera en la que los pacientes fluyen actualmente a través de una clínica de especialidades múltiples. Los mejoramientos al proceso provienen de la observación del mapa de la corriente de valor y, posteriormente, de la formulación y la respuesta de la pregunta: *¿Por qué es necesario este paso o esta tarea en la creación de valor para el cliente?* Los pasos y las tareas de procesamiento que no son indispensables o que no agregan valor pueden eliminarse para optimizar el desempeño y, en última instancia, mejorar el valor del producto o servicio otorgado al cliente.

El tercer principio de la filosofía de la manufactura esbelta consiste en *asegurarse de que el flujo de un proceso sea simple, uniforme y libre de errores, evitando con ello el desperdicio.* Para comprender este principio, observe la figura 7.2, donde la producción se visualiza como un sistema convergente de corrientes y el nivel del agua como el inventario de materia prima, de producción en proceso y de productos terminados. En la parte inferior de cada corriente, están las rocas, las cuales representan los problemas relacionados con la calidad, los proveedores, las entregas, las descomposturas de las máquinas y así sucesivamente. El enfoque tradicional reside en mantener el inventario a un nivel lo suficientemente alto para cubrir las rocas y, por ende, conservar fluyendo la corriente. La filosofía de la manufactura esbelta requiere lo opuesto: disminuir el nivel del agua para que salga a la superficie la parte superior de las rocas. Cuando éstas se han pulverizado —es decir, los problemas se

FIGURA 7.2 Flujo simple, suave y sin desperdicio: una analogía con una corriente.



Situación original (el inventario cubre los problemas) **El nivel del agua disminuye (para que los problemas salgan a la superficie)** **El agua fluye uniformemente (los problemas se pulverizan)**

han solucionado—, el agua vuelve a bajar permitiendo que salgan más rocas a la superficie. Esta secuencia se repite hasta que todas las rocas se convierten en pequeñas piedras y la corriente fluye en forma uniforme y sencilla a un nivel bajo.

En esta analogía, el inventario no es sólo un tipo de desperdicio, sino que, además, oculta los problemas que favorecen otras formas de **desperdicio**. En la filosofía de la manufactura esbelta, este último es cualquier cosa que no aporte un valor al producto o servicio que se produce y entrega al cliente; en lugar de añadir valor, el desperdicio incrementa costos. El término japonés para la palabra desperdicio es **muda.** En muchos procesos de manufactura, de administración y de servicios, sólo entre 5 y 10% del tiempo del proceso agrega valor para el cliente. Las empresas quieren eliminar los desperdicios evidentes, pero muchas formas de valor están ocultas; por ejemplo: el tiempo con valor agregado para elaborar un producto puede ser sólo de tres horas, pero se necesita una semana para entregarlo. Durante la parte restante del tiempo, las máquinas o la mano de obra están en espera, se lidia con retrasos, se buscan materiales o se corrigen errores de procesamiento.

La tabla 7.1 define las diversas formas de desperdicio originalmente identificadas por Taiichi Ohno, anterior director de ingeniería de Toyota, quien, por lo regular, se le considera como el padre del sistema de producción de Toyota. En la revisión de 2003 de su libro acerca de la filosofía de la manufactura esbelta, Womack y Jones introdujeron una octava manera de desperdicio: *la subutilización de los trabajadores*; ésta resulta al no reconocer, desarrollar ni sacar provecho de las capacidades mentales, creativas y físicas de los empleados. Otros factores que alientan este desperdicio son las prácticas deficientes de contratación y de capacitación, una alta rotación laboral y una cultura organizacional que no respete a las personas.[3]

La subutilización, como una forma de desperdicio, puede extender la cadena de suministro para incluir a los proveedores. En la filosofía de la manufactura esbelta, tanto los trabajadores como los proveedores están a cargo de la responsabilidad de producir partes de calidad justo a tiempo para dar apoyo al siguiente proceso de producción. Si no pueden cumplir con esa responsabilidad, se les pide que detengan el proceso de producción simplemente jalando de un cordón que desencadene una llamada de ayuda.[4] Además de poseer mayor responsabilidad en la producción, los empleados y los proveedores son los

[3] Honda ha optado por usar el acrónimo DOWNTIME para referirse a las ocho formas de desperdicio: defecto (***D****efect*), sobreproducción (***O****verproduction*), Espera (excesiva) (***W****aiting*), falta del uso de las habilidades de las personas (***N****ot using habilities of people*), transporte (innecesario) (***T****ransportation*), inventario (***I****nventory*), movimiento (innecesario) (***M****otion*) y procesamiento excesivo (***E****xcess processing*).

[4] Esta responsabilidad específica se conoce en japonés como *Jidoka* (automatización). En el sistema de producción de Toyota, un cordón que desencadena una llamada visual de ayuda se denomina *cordón andon*.

TABLA 7.1
Las siete formas de desperdicio

Fuente: Adaptado de Taiichi Ohno. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Nueva York: Productivity Press, 1988; la versión original en japonés del libro fue publicada por Diamond, Inc. (Tokio) en 1978 con el título de *Toyota Seisan Hoshiki*.

- *Sobreproducción:* producir más que la demanda de los clientes, dando como resultado inventarios, acarreos, trámites y espacios de almacenamiento innecesarios.
- *Tiempo de espera:* los operadores y las máquinas esperan que las partes o los trabajos se reciban de los proveedores o de otras operaciones; los clientes esperan.
- *Transporte innecesario:* movimientos dobles o triples de los materiales debido a una distribución física ineficiente, una falta de coordinación y una mala organización del lugar de trabajo.
- *Exceso de procesamientos:* diseño deficiente o mantenimiento inadecuado de los procesos, lo que implica mano de obra o tiempo de máquina adicional.
- *Exceso de inventarios:* demasiado inventario debido a lotes muy grandes, artículos obsoletos, pronósticos deficientes o una inadecuada planeación de la producción.
- *Movimientos innecesarios:* desplazamientos innecesarios de las personas o recorridos adicionales para obtener los materiales.
- *Defectos:* uso de los materiales, la mano de obra y la capacidad para la producción de defectos, clasificación indebida de partes o costos de las garantías con los clientes.

encargados de mejorar dicho proceso, lo que se consigue a través de equipos de calidad, de sistemas de sugerencias y de otras estrategias para la participación de los trabajadores y de los proveedores; así la filosofía de la manufactura esbelta fomenta en gran medida el uso de las capacidades de los trabajadores y de los proveedores.

El cuarto principio de la filosofía de la manufactura esbelta es producir *sólo lo que el cliente requiere*, lo que implica que, para su cumplimiento, se reemplace la mentalidad de **productos propuestos por la empresa (*push*)** en la producción tradicional en masa por la de **productos demandados por el cliente (*pull*)** en la producción esbelta. Una mentalidad de productos propuestos tiene como finalidad producir bienes o asegurar el suministro de servicios con mucha anticipación a la demanda, con frecuencia de acuerdo con un programa o plan creado a partir de pronósticos inexactos. En este caso, fuertes lotes de materiales de un proceso o de una máquina se transfieren a la siguiente independientemente de que se necesite el inventario o no; ello permite que las máquinas y los procesos se utilicen a toda su capacidad para reducir los costos y el inventario se considera un activo valioso. En contraste, una mentalidad de productos requeridos por el cliente espera hasta que el consumidor final señala una necesidad de bienes o servicios antes de producir bienes o servicios para satisfacerla. La señal proveniente del cliente final es, entonces, visualmente enviada a las diversas etapas de producción —e incluso, a la cadena de suministro— para determinar lo que debe producirse y cuándo debe entregarse. Ningún departamento o proceso superior está autorizado a brindar un bien o servicio hasta que un cliente lo solicite, minimizando, con ello, el inventario. Un ejemplo de la industria de servicios de un sistema de mentalidad de productos propuestos por la compañía es el sistema de *conexiones con puntos de concentración* que practican muchas aerolíneas. Las aerolíneas que vuelan de punto a punto son un ejemplo de un sistema con una mentalidad de servicios requeridos por el cliente puesto que se basan en lo que éste desea; ningún consumidor quiere pasar por un punto de escala para llegar a su destino.

El quinto principio de la filosofía de la manufactura esbelta es *esforzarse en la perfección*, lo que implica un mejoramiento continuo de todos los procesos, así como un cambio radical cuando ello es necesario. Cuando esto se hace, puede aportarse más valor en la búsqueda de la perfección definitiva para el cliente. Aunque todo mundo la busca, la definición de **perfección** que empleamos aquí es un servicio o un bien asequible, entregado rápidamente y a tiempo, que satisfaga las necesidades de los consumidores. Cuando cambian las necesidades de los clientes, se modifican la definición de valor y la de perfección; por lo tanto, no hay un fin para los mejoramientos que pueden buscarse y realizarse.

Una técnica sencilla y relativamente eficaz es la de los **5 por qué** para la solución de problemas, que, originalmente articulada por el fundador de Toyota, explora de manera sistemática las relaciones de causa y efecto en las que se fundamenta un problema observado; por ejemplo: un defecto en un producto o la tardanza en la entrega. Al preguntar al menos cinco veces por qué, esta técnica se usa para obtener indicios informativos respecto a la causa primordial de un problema observado de modo que pueda tomarse una acción

TABLA 7.2
5S

Término	Traducción	Significado
Seiri	Clasificar	Decidir qué debe mantenerse y qué debe descartarse de modo que sólo permanezca lo esencial.
Seiton	Alinear o poner en orden	Arreglar lo indispensable de manera que se dé apoyo a un flujo de trabajo eficiente.
Seiso	Brillar, barrer o limpiar	Asegurar la limpieza regresando las cosas a sus lugares de almacenamiento y eliminando las cosas que no correspondan.
Seiketsu	Estandarizar	Estandarizar el trabajo y adoptar el *seiri-seiton-seiso* en todas partes de modo que todos los trabajadores sepan cuáles son sus responsabilidades.
Shitsuke	Sostener	Mantener el *seiri-seiton-seiso-seikutsu* como un hábito de trabajo y una forma de operar.

correctiva para prevenir que dicha causa vuelva a crear el problema originalmente detectado.

Otra técnica reconocida, sustentada en la filosofía de la manufactura esbelta, es la que se conoce como **5S** que se utiliza para organizar un espacio de trabajo; por ejemplo: el área de producción en un taller, un espacio de oficinas, una estación de hospital o un taller de herramientas, con lo que se pretende incrementar la moral de los empleados, la seguridad ambiental y la eficiencia del proceso. El nombre de esta técnica proviene de cinco términos japoneses, los cuales, al transliterarse y al traducirse al inglés, empiezan con la letra S. Tales vocablos se definen en la tabla 7.2. Un aspecto que fundamenta la técnica 5S es la creencia de que, cuando un espacio de trabajo está bien organizado, no se perderá tiempo buscando las cosas; por ejemplo: una herramienta o un expediente; las cosas que estén mal colocadas también serán fácilmente detectadas. Al hacer que los trabajadores decidan qué cosas deberían mantenerse y en dónde, así como la forma en la que deberían almacenarse, las 5S pueden infundir en los empleados un sentido de propiedad, pueden ayudarlos a estandarizar el trabajo, a asegurar un ambiente de trabajo seguro y a evitar que los procesos se vuelvan demasiado complejos.

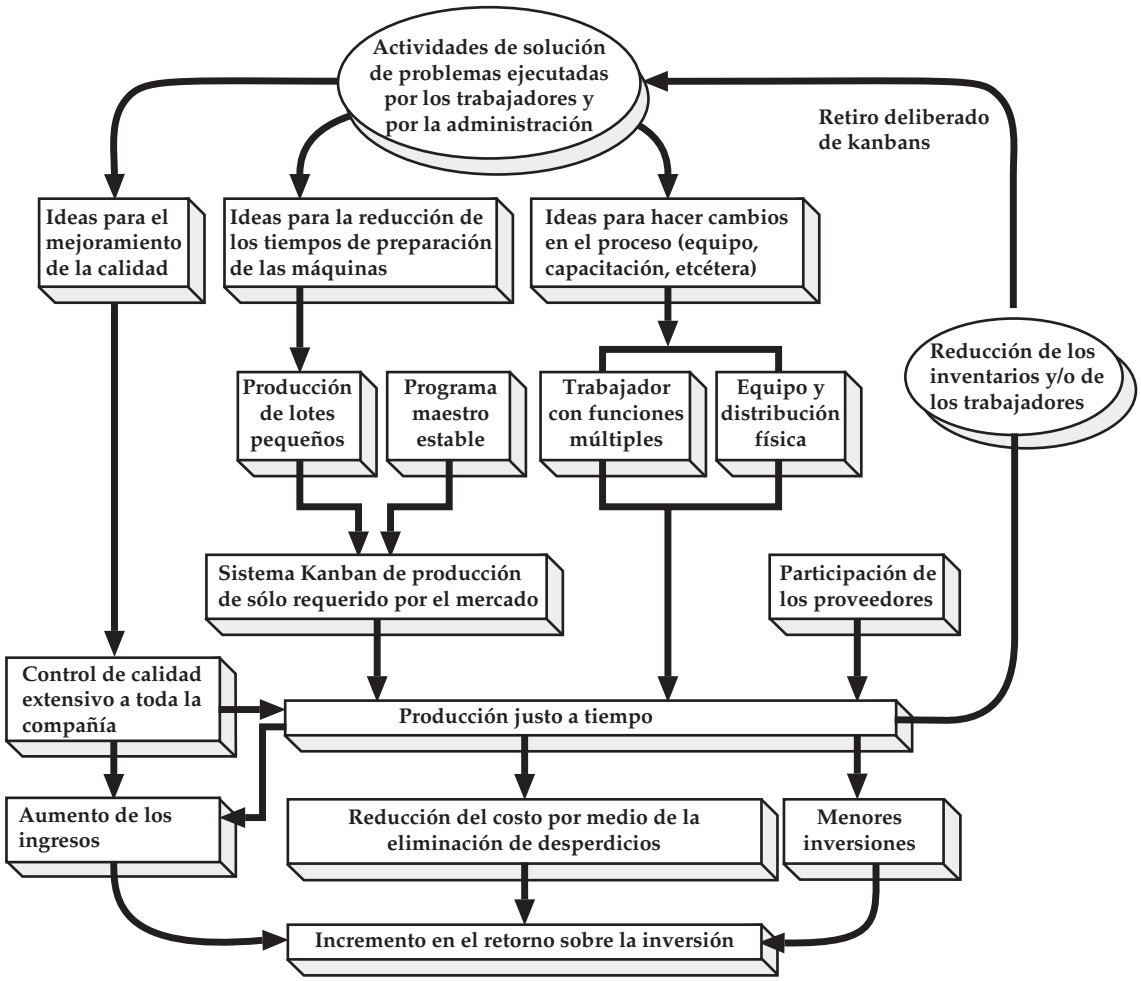
Además de las 5S y los 5 Por qué, la filosofía de la manufactura esbelta se asocia con el concepto **a prueba de errores**; este último no es una técnica en sí misma; más bien, trata de eliminar los defectos en los bienes o servicios mediante la prevención y la corrección de los errores humanos generados. Así, un dispositivo a prueba de errores es cualquier mecanismo que evite que ocurran errores durante la producción, la entrega o el consumo de un bien o servicio o que permita que los errores se identifiquen con facilidad, con frecuencia con una mirada; por ejemplo: muchas de las diversiones de un parque de juegos para niños tienen requisitos de altura. Para evitar que un niño que no satisfaga el requisito de altura haga uso de un juego, los aspirantes deben caminar por un poste de medición colocado a la entrada del mismo y el requisito de altura está claramente marcado en ese poste. El operador de los juegos puede distinguir con rapidez si un pequeño satisface el requisito de altura antes de permitirle llegar al juego.

7.3 SISTEMA ESBELTO

Idealmente, la implantación de una filosofía de manufactura esbelta da como resultado la creación de un sistema esbelto. En el ambiente de manufactura, el sistema resultante de producción esbelta refleja el impacto de esta filosofía sobre prácticamente todos los aspectos de las operaciones de la planta: la fijación del tamaño del lote, la programación, la calidad, la distribución física, los proveedores, la relaciones laborales y así sucesivamente. Debido a estas mejoras, puede esperarse que la filosofía afecte cada una de las demás funciones de una empresa manufacturera; en particular: ingeniería, mercadotecnia, recursos humanos y finanzas. Estas otras funciones deberán ajustarse al sistema de producción esbelta que se establecerá.

FIGURA 7.3 El sistema de producción esbelta.

Fuente: Adaptado de Richard J. Schonberger, *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity* (Nueva York: Free Press, 1982), p. 26.



La figura 7.3 ilustra el efecto de la filosofía de la manufactura esbelta sobre los diferentes aspectos de las operaciones de manufactura. El aspecto principal a destacar es que las actividades de solución de problemas ejecutadas por la administración y los trabajadores cumplen con los cinco principios mencionados y dan impulso a la totalidad del sistema de producción esbelta. Como resultado, el rendimiento sobre la inversión (ROI, *return on investment*) puede mejorarse a través de un aumento en los ingresos, las reducciones de costos y una menor cantidad de inversiones. En las siguientes secciones, exponemos de una manera más específica los efectos de esta filosofía sobre diversos aspectos de las operaciones de manufactura.

7.4 ESTABILIZACIÓN DEL PROGRAMA MAESTRO

El proceso de la planeación de la producción inicia con un plan de producción a largo plazo, el cual se divide en planes anuales, mensuales y diarios. En cada punto del proceso se consideran las ventas, se realiza la planeación de utilidades y se planifica la capacidad. Este proceso de planeación comienza con un plan de producción agregada y sucesivamente se ajusta hasta conseguir modelos y productos específicos.

La programación maestra se efectúa mensualmente (o semanalmente) y diario para lograr una carga uniforme. El horizonte de producción de algunos modelos específicos debe establecerse por lo menos con una semana de anticipación y, quizá, con uno o dos meses por adelantado, dependiendo de los plazos de entrega para producción, compras y cambios en la capacidad. Con propósitos de estudio, suponga que se usa un programa rotativo de un mes en el cual se proyecta por anticipado un mes de producción. También, estime que el programa requiere de 10 000 unidades del producto A, 5 000 del B y 5 000 del C. Si hubiera 20 días de producción en un mes, el programa diario demandaría que se produzca 1/20 de cada modelo cada día: 500A, 250B y 250C; además, las unidades individuales se mezclarán a medida que recorran la línea de producción. La secuencia será /AABC/AABC/AABC/. Observe el modo en el que se producen dos unidades de A por cada unidad de B y C. Luego, la secuencia se repite en forma continua.

El acoplamiento de la oferta con la demanda se representa a través del concepto de **tiempo *takt***. *Takt* es una palabra alemana que alude a la batuta que el director de una orquesta blande para regular la velocidad de la música. En los sistemas de producción esbelta, el tiempo *takt* es el tiempo entre unidades de producción sucesivas; ello constituye la velocidad de producción. Entonces, un tiempo *takt* de dos minutos significa que se fabrica una unidad cada dos minutos o que se producen 30 unidades en una hora (60/2). En los sistemas de producción esbelta, el tiempo *takt* de producción debe definirse como igual al promedio de la tasa de demanda del mercado para acoplar a la producción con la demanda y minimizar los inventarios.

Para determinar el ritmo del mercado, el tiempo *takt* puede calcularse dividiendo el tiempo disponible para la producción entre la demanda requerida a lo largo del mismo periodo; por ejemplo: si la demanda de mercado necesita que se generen 1 000 unidades de un producto en un día y si se tienen siete horas de tiempo de producción disponible durante el día (o 420 minutos), el tiempo *takt* en minutos es, entonces, (420 ÷ 1 000) = 0.42 minutos por unidad. La producción a tasas inferiores al tiempo *takt* creará faltantes para la satisfacción de la demanda, mientras que producir a tasas mayores al tiempo *takt* provocará la acumulación excesiva de un inventario. El objetivo del tiempo *takt* es producir a una tasa constante que sea exactamente igual a la demanda promedio.

La proyección se nivela para crear una **carga uniforme** sobre todos los centros de trabajo que den apoyo al ensamble final. Esta secuencia supone, desde luego, que el costo de los tiempos de conversión de las máquinas entre modelos es de cero o casi de cero. Si ello no es así, la línea del ensamble final debe rediseñarse para lograr un costo muy bajo de conversión de las máquinas.

En algunos casos, no será posible o económico conseguir una producción perfectamente mixta en la línea final de ensamble. En este caso, deben programarse lotes muy pequeños y hacerse esfuerzos para reducir de modo continuo el tamaño de los lotes. El objetivo de una **producción de una unidad única** no debe abandonarse dado que, de ordinario, conduce a los costos más bajos para el sistema.

Una vez que se ha establecido el programa mensual maestro, esta información debe transmitirse a todos los centros de trabajo y a todos los proveedores; de esta forma ellos planearán su capacidad en términos del número de trabajadores necesarios, el tiempo extra, las subcontrataciones y, posiblemente, los nuevos equipos. Se les debe proporcionar un plazo suficiente para que obtengan los recursos que requieren para desempeñar el trabajo.

Un sistema de producción esbelta no permite la sobreproducción una vez que se ha establecido la cuota diaria, ya que la producción se programa justo a tiempo para satisfacer la demanda; por ejemplo: si la cuota diaria se satisface en siete horas, la producción se detiene y los trabajadores de producción se encargan del mantenimiento o tienen juntas de equipos de calidad. De manera similar, si la producción se atrasa, por lo general, se compensa con tiempo extra el mismo día. Esto se ve facilitado por la programación de los turnos, lo que permite algún tiempo entre cada turno; si una operación de dos turnos podría programarse de las 7 am a las 3 pm y de las 5 pm a la 1 am, el mantenimiento y el tiempo extra se programan entre turnos. La meta de un sistema de producción esbelta es elaborar la cantidad correcta cada día —ni más ni menos—; por lo tanto, la programación

maestra es muy parecida al promedio de la demanda de los clientes con una base diaria, lo que minimiza el inventario de productos terminados ya que la producción final está estrechamente acoplada con la demanda. Asimismo, este tipo de programa maestro contribuye a reducir los inventarios de producción en proceso y de materia prima, pues la **estabilización del programa maestro** aporta una demanda casi constante sobre todos los centros que suministran trabajo y sobre los proveedores externos. Contrasta esto con los procesos tradicionales de producción en masa en los cuales los tamaños de los lotes son grandes, y no se acoplan con el mercado, a efecto de adecuar tiempos largos de preparación de las máquinas con los resultantes inventarios grandes de productos terminados, de producción en proceso y de materia prima.

7.5 CONTROL DEL FLUJO CON EL SISTEMA KANBAN

En un sistema de producción esbelta, el **Kanban** es el método de autorización de la producción y de movimiento de materiales. En japonés, el Kanban se refiere a un marcador (tarjeta, señal, placa o algún otro dispositivo) que se usa para controlar la secuenciación de trabajos a través de un proceso secuencial. El sistema Kanban es un *sistema sencillo y visual de retiro de partes* que involucra a tarjetas y contenedores para extraer partes de un centro de trabajo al siguiente justo a tiempo.

El propósito del sistema Kanban es señalar la necesidad de más partes y de asegurar que aquellas que se produzcan justo a tiempo den apoyo a la fabricación o ensamble subsiguiente. Las partes se mantienen en pequeños contenedores y sólo se da un número específico de ellos; cuando todos se llenan, las máquinas se detienen y no se producen más partes hasta que el centro de trabajo subsiguiente proporcione otro contenedor vacío. Por lo tanto, el inventario de producción en proceso está limitado a contenedores disponibles y las partes se otorgan únicamente según se necesiten.

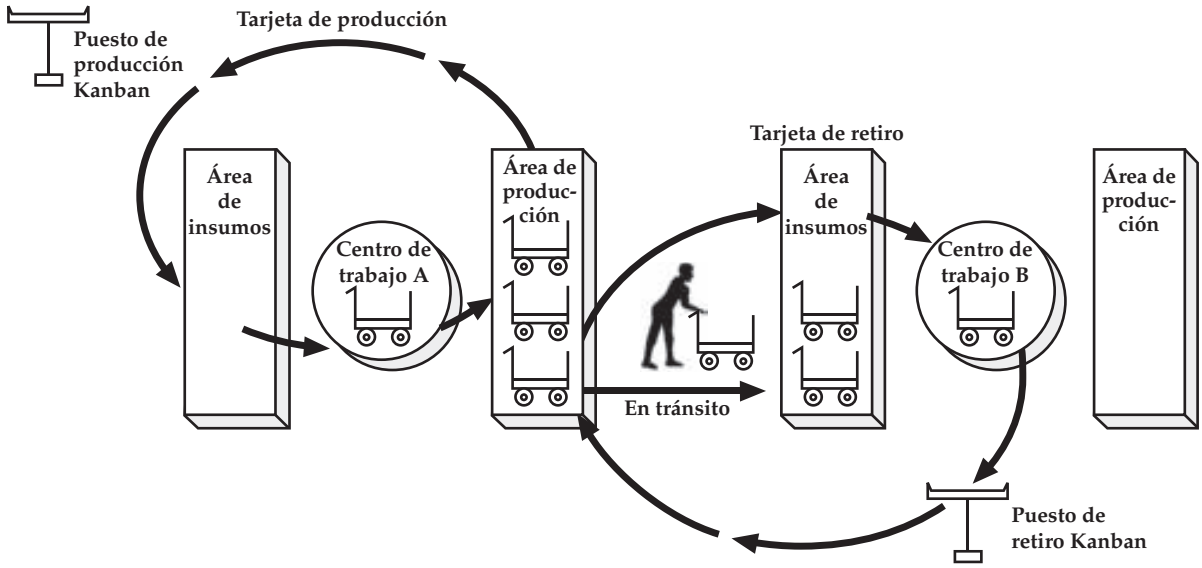
El programa final de ensamblado extrae partes de un centro de trabajo al siguiente justo a tiempo para dar apoyo a los requerimientos de producción. Tan sólo la línea final de ensamble recibe un programa de la oficina de despacho y éste es casi el mismo día con día. Todos los demás operadores y proveedores de las máquinas reciben órdenes de producción (tarjetas Kanban) de los centros de trabajos subsiguientes; si la producción se detiene durante un tiempo en los centros de trabajo que están en uso, los centros de trabajo abastecedores también se detendrían pronto ya que ya no recibirían órdenes Kanban solicitando más materiales y sus contenedores de partes quedarían llenos. El sistema Kanban puede ampliarse a los proveedores de modo que éstos también respondan sólo a la demanda generada por la fábrica.

Para comprender cómo funciona el sistema Kanban como un sistema de control físico, suponga que se emplean ocho contenedores entre los centros de trabajo A y B (A abastece a B) y que hay exactamente 20 partes por contenedor. El inventario máximo que puede existir entre estos dos centros de trabajo es de 160 unidades (8×20) ya que la producción en el centro de trabajo A se detendrá cuando se llenen todos los contenedores.

En el curso normal de los eventos, los ocho contenedores se podrían distribuir como se muestra en la figura 7.4. En el centro de trabajo A se localizan tres contenedores en el área de producción llenos de partes; en el momento actual una máquina llena un contenedor en el centro de trabajo A; la totalidad de un contenedor se desplaza desde A hasta B; dos contenedores llenos esperan en el área de insumos del centro de trabajo B y se usa un contenedor en B. Estos ocho contenedores son necesarios puesto que el centro de trabajo A también genera partes para otros centros de trabajo, las máquinas de A se pueden descomponer y los tiempos de desplazamiento desde A hasta B no siempre son previsibles en forma exacta.

Algunas compañías controlan el movimiento de los contenedores mediante el uso de dos tipos de tarjetas Kanban: de producción y de retiro (movilización). Estas tarjetas se utilizan para autorizar la producción y para identificar las partes de cualquier contenedor. Las tarjetas Kanban pueden estar hechas de papel, de metal o de plástico y, a menudo,

FIGURA 7.4 El sistema Kanban.



El cuadrilátero Kanban en Honeywell. El cuadrilátero Kanban, marcado por el rectángulo punteado, señala la necesidad de producción de un gabinete. Sólo se coloca un gabinete a la vez en este cuadrilátero. Cuando éste se vacía por una producción subsiguiente, se produce otro gabinete.

contienen la información que se presenta en la figura 7.5; toman el lugar del papeleo del taller empleado en la producción repetitiva en masa de tipo tradicional. En lugar de usar tarjetas, la producción puede controlarse por medio de los cuadriláteros Kanban, los cuales se muestran en la fotografía de Honeywell, o con un control visual de los contenedores vacíos.

El aspecto significativo acerca del sistema Kanban es que es de naturaleza visual; todas las partes se colocan ordenadamente en contenedores de un tamaño fijo. A medida que se acumulan contenedores vacíos, se vuelve evidente que el centro de trabajo de producción se atrasa; cuando se llenan todos los contenedores, la producción se detiene. El tamaño del lote de producción es exactamente igual a un contenedor de partes.

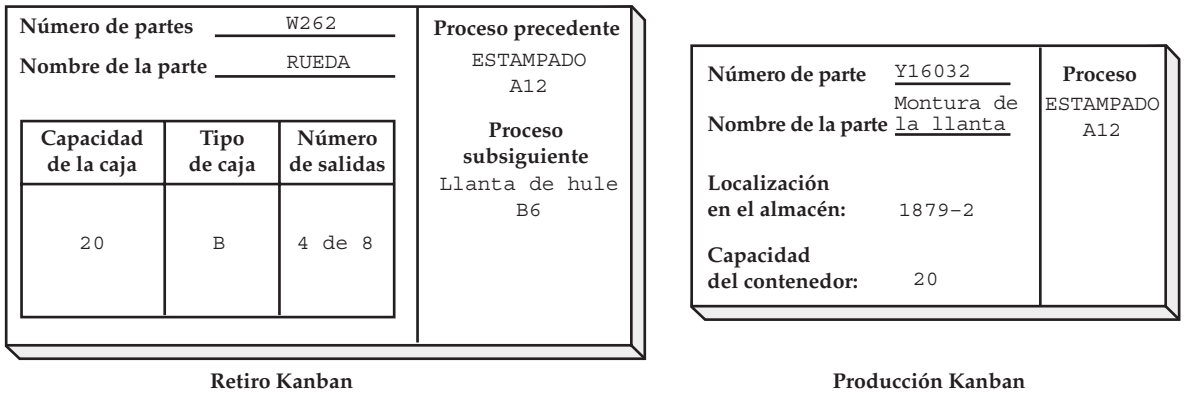
El número de contenedores que se necesitan para operar un centro de trabajo es una función del tiempo de la tasa de la demanda, el tamaño del contenedor y el plazo de tiempo para un contenedor. Esto se representa a través de la siguiente fórmula:[5]

$$n = \frac{DT}{C}$$

donde n = número total de contenedores
D = tasa de demanda del centro de trabajo en uso
C = tamaño del contenedor en número de partes, generalmente menos de 10% de la demanda diaria
T = tiempo para que un contenedor complete un circuito completo: llenando, espera, trasladado, usado y devuelto para ser llenado otra vez (también se llama guía).

[5] Puede añadirse un inventario preventivo al numerador de la fórmula para tener en cuenta la incertidumbre en la demanda o en el tiempo.

FIGURA 7.5 Tarjetas Kanban.



Estime que la demanda del siguiente centro de trabajo es de dos partes por minuto y que un contenedor estándar mantiene 25 partes. También, suponga que se requieren 100 minutos de tiempo de guía para que un contenedor realice un circuito completo desde el centro de trabajo A hasta el centro de trabajo B y nuevamente al centro de trabajo A, incluyendo la totalidad de la preparación de la máquina, la corrida, el traslado y el tiempo de espera. El número de contenedores que se necesitan, en este caso, es de 8:

$$n = \frac{2(100)}{25} = 8$$

El inventario máximo es igual al tamaño del contenedor multiplicado por el número de contenedores (200 unidades $= 8 \times 25$), puesto que lo más que podemos lograr es que se llenen todos los contenedores:

$$\text{Inventario máximo} = nC = DT$$

El inventario puede disminuirse por medio de la reducción del tamaño de los contenedores o del número de contenedores que se usa. Esto se consigue acortando el tiempo que se requiere para que circule un contenedor, incluyendo el tiempo de preparación de su máquina, el tiempo de la corrida, los tiempos de espera o los tiempos de traslado. Cuando se ha reducido cualquiera de dichos tiempos, la administración puede eliminar las tarjetas Kanban del sistema y el número correspondiente de contenedores. Es responsabilidad de los administradores y de los trabajadores de un sistema esbelto reducir el inventario a través de un ciclo constante de mejoramiento. La **reducción en los tiempos guía** es la clave.

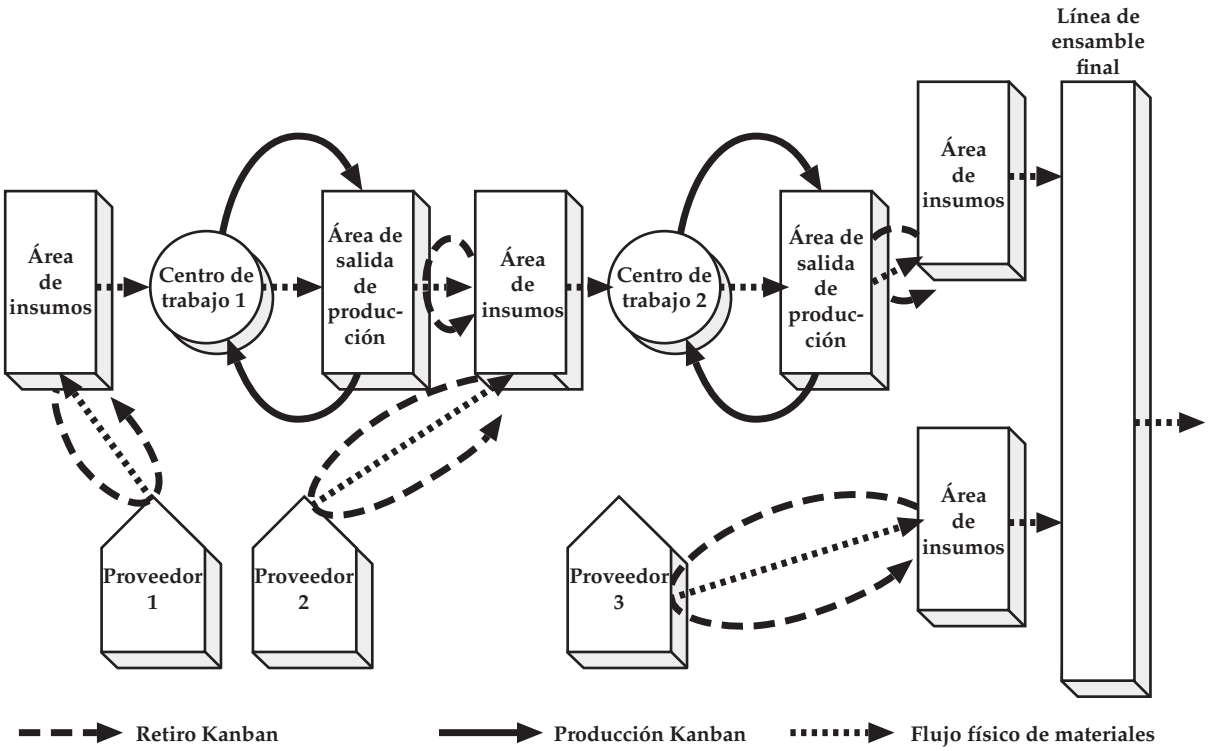
Un sistema Kanban completo puede vincular todos los centros de trabajo en las instalaciones de producción; además, es posible asociar las instalaciones de producción con sus proveedores, como se ilustra en la figura 7.6. Con un sistema Kanban de este tipo, todo el material es impulsado a través del programa final de ensamble con base en un área del taller altamente visible y en un sistema de control de los proveedores.

7.6 REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PREPARACIÓN Y DEL TAMAÑO DE LOS LOTES

La reducción del tiempo de preparación de las máquinas es importante en los sistemas esbeltos porque ello aumenta la capacidad disponible, incrementa la flexibilidad para satisfacer los cambios en los programas y reduce el inventario. A medida que el tiempo de preparación de las máquinas se aproxima a cero, puede alcanzarse el tamaño ideal de un lote de una unidad.

FIGURA 7.6 Forma de vincular los centros de trabajo y los proveedores con un sistema Kanban.

Fuente: Robert W. Hall, *Driving the Productivity Machine: Production Planning and Control in Japan* (Falls Church, VA: American Production and Inventory Control Society, 1981).



La producción convencional en masa se concentraba en la reducción de los tiempos de las corridas por unidad e ignoraba, más o menos, el tiempo de preparación de las máquinas. Cuando se anticipan corridas largas de millares de unidades, los tiempos de las corridas son, obviamente, más relevantes que los tiempos de preparación de las máquinas. Una mejor solución es concentrarse tanto en la reducción de los tiempos de preparación de las máquinas como en los de las corridas; ello implica una atención adicional por parte de los ingenieros, administradores y trabajadores al proceso de preparación del proceso.

Ya que el tiempo de preparación de las máquinas ha recibido tan poca atención, es posible lograr enormes reducciones; por ejemplo: en General Motors, el tiempo necesario para cambiar un dado de una prensa troqueladora de gran tamaño se redujo de seis horas a 18 minutos, lo que permitió reducciones espectaculares en el inventario de 1 millón a 100 000 dólares, una disminución en los tiempos guía y una mayor utilización de la capacidad.

Muchas compañías están buscando la adopción de **preparaciones de un solo dígito**, lo cual alude a un tiempo de preparación de las máquinas que tenga un solo dígito en minutos. Asimismo, se están buscando las **preparaciones de un solo toque**; es decir, una preparación de menos de un minuto. Estos bajos tiempos de preparación pueden obtenerse en dos pasos: primero, se separan las preparaciones externas y las internas. El término **preparación interna** se refiere a las acciones que requieren que la máquina se detenga, mientras que puede hacerse una **preparación externa** cuando la máquina está operando. Después de que se separan las preparaciones internas y externas, la preparación debe convertirse tanto como sea posible de una interna a una externa; ello se consigue, por dar un ejemplo, con la utilización de dos conjuntos de dados: uno dentro de la máquina y el otro fuera de ella, haciendo rápidos ajustes de cambios y empleando herramientas y aparatos ingeniosamente diseñados. Una vez que la máquina se detiene, puede convertirse con rapidez al nuevo producto puesto que la preparación interna se ha minimizado. Una vez que

Las cuadrillas especializadas hacen cambios rápidos en los coches de carreras.

las personas comprenden la importancia de lograr un cambio rápido, puede hacerse mucho; en algunas compañías, los trabajadores incluso practican las preparaciones de las máquinas para reducir el tiempo. El mejor ejemplo de un cambio rápido proviene del autódromo: los coches de carreras reciben combustible rápidamente, las llantas se cambian con gran rapidez y el parabrisas se lava durante cortas entradas a los *pits* mediante el uso de cuadrillas altamente coordinadas y capacitadas.

La reducción de los tiempos de preparación de las máquinas, de los tamaños de los lotes y de los tiempos guía es el motor que da impulso a los sistemas esbeltos de producción. Tales disminuciones hacen posible eliminar las tarjetas Kanban y reducir, así, continuamente el inventario.

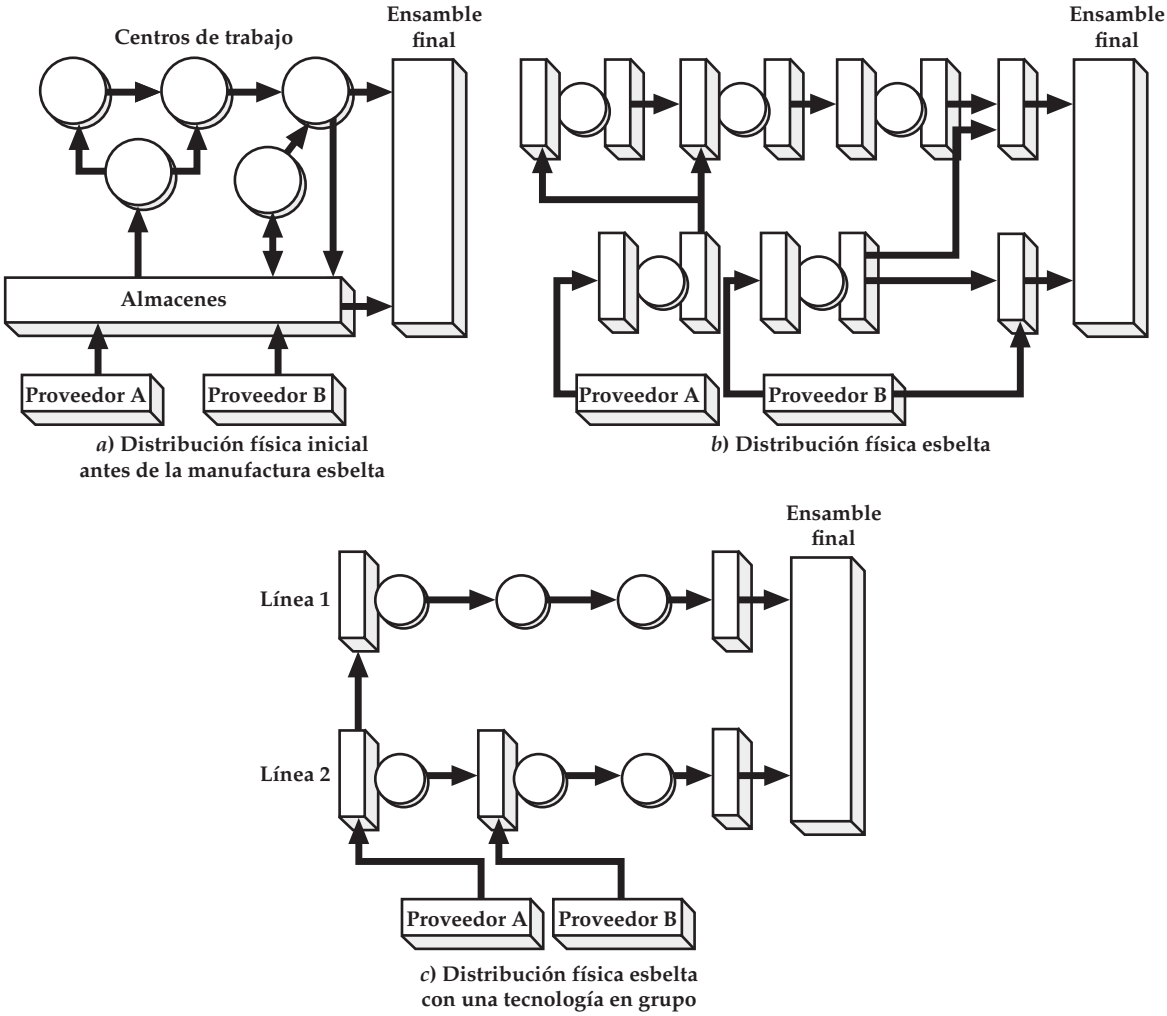
7.7 CAMBIO DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

La instalación de un sistema de producción esbelta tiene un efecto natural sobre la distribución física y el equipo. La planta evoluciona hacia un flujo más simplificado y hacia una planta automatizada porque los tamaños de los lotes se reducen, el inventario se guarda en el área de los talleres y se mantiene al aire libre, y los problemas se resuelven en forma constante, haciendo posible la automatización. Además, ya que el inventario se mantiene, de ordinario, a un nivel bajo —sólo unas cuantas horas o días de suministro—, las plantas pueden conservarse a un nivel mucho más pequeño debido a la reducción en el espacio de almacenamiento necesario. Una comparación demostró que, en contraste con las plantas convencionales, sólo requerían una tercera parte del espacio.

El efecto de una filosofía de la manufactura esbelta sobre la distribución física se expone en la figura 7.7. En el inciso *a*) de la figura, se presenta la distribución física de una producción en masa en la cual los proveedores entregan a un cuarto de almacén y las partes se colocan en los depósitos de los almacenes después de que se han completado ciertas etapas de producción. En el inciso *b*), se ha implantado un sistema de producción esbelta y todos los almacenes han sido eliminados. En este caso, todo el inventario permanece en el piso de la planta como parte del sistema esbelto. El inciso *c*) de la figura muestra que la distribución física esbelta ha evolucionado a una distribución física de **tecnología de grupo (GT, *group technology*)**, o de **manufactura celular**. En este caso, se han vuelto a definir los centros de trabajo de modo que las partes puedan fluir uniformemente de un centro de trabajo al siguiente. La mayoría de los inventarios preventivos, los cuales están cerca de cada máquina, han sido eliminados ya que las partes fluyen de una estación a la siguiente. Una consecuencia lógica de una filosofía de manufactura esbelta es la evolución hacia distribuciones físicas de manufactura celular o distribuciones físicas de tipo de líneas de alimentación. A medida que los lotes se aproximen a una unidad, también será posible una mayor automatización.

Con un sistema de producción esbelta, se requiere de un excelente mantenimiento del equipo. Ya que los inventarios se redujeron a un mínimo, los equipos deben mantenerse en muy buen estado. Los trabajadores asumen la responsabilidad de la mayor parte de su propio mantenimiento y eso les da más control sobre la producción. Entre los cambios de turno se otorga un tiempo para el mantenimiento y para las acciones de mantenimiento preventivas.

FIGURA 7.7 Mejoramiento de la distribución física con una tecnología de manufactura esbelta y una tecnología en grupo.



7.8 CAPACITACIÓN INTERFUNCIONAL, REMUNERACIÓN Y CONTRATACIÓN DE TRABAJADORES

Uno de los aspectos primordiales que se requieren para hacer funcionar un sistema de producción esbelta son los **trabajadores con funciones múltiples**, quienes tienen un conjunto de habilidades mucho más amplio que sus contrapartes en los ambientes tradicionales de manufactura. La **capacitación interfuncional** de los empleados es, por lo tanto, una responsabilidad esencial de recursos humanos. En la mayoría de los casos, cada trabajador debe ser capaz de operar varias máquinas en un grupo, yendo desde una máquina hasta la siguiente para elaborar las partes requeridas. Ya que las partes no se producen a menos de que se soliciten, el empleado debe tener la capacidad de apagar la máquina y desplazarse a otro trabajo donde se necesiten otras partes; asimismo, debe ser capaz de preparar las máquinas, de hacer el mantenimiento de rutina e inspeccionar las partes.

Desplazarse hacia una fuerza de trabajo flexible puede implicar modificar el modo en el que se paga y se remunera a los trabajadores. Con frecuencia, los sistemas tradicionales de remuneración se basan en la antigüedad y en el nivel de habilidades en el puesto de trabajo. Se necesitan nuevos sistemas de remuneración que recompensen a los empleados con base en el número de los distintos trabajos que pueden ejecutar; eso los motivará para que adquieran más habilidades y se vuelvan más flexibles.

Se demandan esfuerzos especiales para crear un sistema de producción esbelta en un ambiente sindicalizado. A menudo, los sindicatos laborales se organizan a lo largo de líneas de habilidades u oficios y no tienden a fomentar la flexibilidad en la mano de obra. En consecuencia, la administración deberá trabajar estrechamente con los sindicatos para desarrollar el tipo de mano de obra que exigen los sistemas esbeltos.

Se requiere de ciertos métodos para hacer participar en forma activa a los empleados y a los ingenieros en las actividades de resolución de problemas. En los sistemas de producción esbelta se usan equipos de calidad y sistemas de sugerencias para este propósito. Ya que el inventario no debe estar disponible para ocultar los problemas del sistema, debe fomentarse un ambiente de participación y de trabajo en grupo para lograr que todos contribuyan de manera individual y participativa hacia la solución de problemas en el área del taller de producción.

Los sistemas de producción esbelta no pueden implantarse sin un entendimiento y una cooperación total por parte del trabajador. La administración debe asegurarse de que éste comprenda sus nuevos papeles y acepte el enfoque esbelto. Como se indicó arriba, son indispensables tantos cambios que la manufactura esbelta no podrá alcanzarse sin el apoyo activo y entusiasta de todos los administradores, de la función de recursos humanos y de los empleados.

7.9 GARANTÍA DE LA CALIDAD

La calidad es absolutamente indispensable en un sistema de producción esbelta, ya que los bienes y servicios que se producen y se entregan a los clientes presumen calidad. Un bien o un servicio defectuoso conduce a clientes insatisfechos.

Los defectos, evidentemente, producen desperdicios; lo que es más importante, pueden llevar a un alto al proceso de producción. Los problemas de calidad llaman rápidamente la atención de toda la planta, pues la línea de producción se detiene cuando éstos ocurren. Ya que no hay un inventario que permita cubrir los errores, en un sistema de producción esbelta se requiere de una calidad perfecta o casi perfecta. Cuando se aplican los principios y las técnicas de la manufactura esbelta, puede garantizarse la calidad ya que los defectos se descubren con rapidez en el siguiente proceso. Se diseña un sistema de producción esbelta para exponer los errores y para que se corrijan en la fuente en lugar de cubrirlos con el inventario. Como resultado de ello, se hace posible un mejoramiento continuo del proceso y de la calidad. En los capítulos 8 y 9, exponemos la calidad, la administración de la misma y los mejoramientos continuos con mayor detalle.

7.10 CAMBIOS DE RELACIONES CON LOS PROVEEDORES

Finalmente, en el desplazamiento de la producción en masa a los sistemas de producción esbelta, también es fundamental que los **proveedores** de la compañía efectúen cambios radicales. En un sistema de producción esbelta, los proveedores son tratados de una forma muy similar a como se trata a los centros de trabajo internos. Los proveedores reciben tarjetas Kanban y contenedores especiales, y se espera que hagan entregas frecuentes justo a tiempo para la siguiente etapa de producción. Los proveedores se visualizan como una fábrica externa y como parte del equipo de producción. Esto va muy de acuerdo con el pensamiento moderno de la administración de la cadena de suministro (que se expone en el capítulo 10), en el cual los proveedores clave se consideran como socios y no como adversarios.

Bajo un sistema de producción esbelta, pueden realizarse varias entregas cada día siempre y cuando el proveedor se localice en un lugar cercano; en ocasiones, ello se denomina como **colocalización**. Los proveedores que se ubican a una distancia mayor pueden tener almacenes locales donde reciban embarques a granel y, posteriormente, los dividan para llevar a cabo entregas frecuentes al cliente; sin embargo esto no es deseable debido a que se

acumula demasiado inventario en la línea y el tiempo de reacción es muy prolongado. Son preferibles, en cambio, los proveedores locales con plazos de entrega cortos; no obstante, en algunos casos, el desplazamiento hacia sistemas de producción esbeltas simplemente ha trasladado una parte del inventario desde el cliente hasta los proveedores cuando se tienen distancias muy grandes o cuando los proveedores todavía demandan largos tiempos de preparación de las máquinas y lotes de tamaños grandes.

En un sistema de producción esbelta, a los proveedores se les dan tiempos de entrega específicos en lugar de fechas de embarques; por ejemplo: puede pedirse a un proveedor que suministre ciertas partes a las 8 am, 10 am, a mediodía, y a las 2 pm. En cada entrega, el proveedor recoge los contenedores vacíos y las tarjetas Kanban asociadas de retiro. Sólo se llena ese número de contenedores vacíos para la siguiente entrega. Las entregas se hacen directamente a la línea de ensamble sin recepción o inspección, lo que involucra una confianza total en la calidad del proveedor. Ello, además, reduce los trámites en papel, los tiempos de espera, el inventario, el número de áreas de recepción y el espacio para almacenamiento.

En aquellos casos en los cuales es demasiado costoso efectuar varias entregas cada día, los proveedores se reúnen y realizan entregas conjuntas. En este caso, por ejemplo, un proveedor puede ponerse de acuerdo con otros tres proveedores para realizar las entregas: él la de las 8 am, otro hará la corrida de las 10:00 am y así sucesivamente. Este método puede ahorrar gastos de transporte para entregas de lotes pequeños.

En un sistema de producción esbelta, existe la tendencia de recurrir a un menor número de proveedores para establecer una relación a largo plazo con éstos y para asegurar la calidad de las partes necesarias. Aquí, es indispensable una transformación total de la forma de pensamiento ya que, por lo común, suponemos que un menor número de proveedores podrían imponer precios abusivos sobre los clientes y que se necesitan más fuentes de abastecimiento para que los proveedores sean honestos; a pesar de eso, los precios de los proveedores pueden mantenerse en conformidad con contratos a largo plazo que incluyan una estabilidad de precios negociada, lo cual entraña un tipo de relación proveedor-cliente totalmente distinto respecto al pasado bajo la producción en masa.

Muchas compañías han establecido un *programa integral de proveedores* para desplazarse hacia un sistema de producción esbelta. Las características de dicho tipo de programas son las siguientes:

1. **Selección anticipada de proveedores.** Los proveedores se seleccionan antes de que las partes lleguen al diseño final y, por lo tanto, el diseño puede ser totalmente elaborado con los proveedores.
2. **Abastecimiento de familias de partes.** Un proveedor asume la responsabilidad de la totalidad de una familia de partes y ello le permite al proveedor establecer distribuciones físicas basadas en tecnologías de grupo y volúmenes económicos.
3. **Relación estratégica a largo plazo.** Puede darse al proveedor un contrato exclusivo por la vida de una parte a cambio de un programa de precios específicos a lo largo de la vida de dicha parte. Algunas veces en el programa se especifican reducciones futuras de precio o incrementos máximos; en otros casos pueden solicitarse dos o más proveedores para asegurar una oferta confiable y, sin embargo, se establecen relaciones estratégicas a largo plazo.
4. **Reducción de los trámites en la recepción e inspección.** Esto da como resultado un ahorro directo para el cliente y para el proveedor.

Los cambios en las relaciones con el proveedor son uno de los aspectos más destacados en la creación de un sistema de producción esbelta.

7.11 IMPLANTACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA

Los principios de la manufactura esbelta, cuando se implantan adecuadamente en un ambiente de manufactura, finalmente crean un sistema de producción esbelta. Los mismos

principios se aplican por igual en los ambientes de servicios; por ejemplo: pueden emplearse las ocho formas de desperdicio para evaluar el diseño y el desempeño del suministro de cuidados para la salud, como se presenta en la tabla 7.3. Incluso, los servicios gubernamentales pueden beneficiarse de una filosofía de la manufactura esbelta (consulte el cuadro de Liderazgo operativo *El Departamento de Recursos Naturales de Iowa y filosofía de la manufactura esbelta*). La implantación de los principios y los sistemas esbeltos se están manifestando con rapidez en muchos procesos administrativos e industrias de servicios.

Por lo regular, la implantación de la filosofía de la manufactura esbelta empieza y se mantiene a través de eventos **Kaizen** (o corridas Kaizen).[6] Un evento Kaizen puede necesitar entre dos días y una semana. El aspecto de importancia acerca de la implantación de la manufactura esbelta es que el establecimiento de su filosofía suena fácil, pero, en realidad, es muy difícil. Ésta no es una decisión que deba tomarse a la ligera o sin un compromiso sostenido. Requiere de un cambio en la filosofía y en la cultura junto con modificaciones en las prácticas. Para facilitar su implantación, se sugiere el siguiente enfoque:

1. Establecer un equipo de empleados que lidie con el proceso que demanda un mejoramiento. Dichos trabajadores pueden provenir de distintos departamentos y niveles de la organización para representar a todos los grupos de interés involucrados en el proceso.
2. El equipo debe determinar qué valor necesita el cliente, el cual puede ser interno (el siguiente proceso) o externo a la organización. Sólo el cliente puede especificar lo que se requiere como el valor creado por el proceso.
3. Construir un mapa de la corriente de valor de todos los pasos del proceso y de los tiempos asociados o del valor que se agrega. Posteriormente, debe analizarse el mapa de la corriente de valor y eliminar las actividades que no aportan valor mediante el uso de las ocho formas de desperdicio que se identificaron anteriormente en este capítulo. Las técnicas de 5S y de los 5 Por qués pueden aplicarse en este paso para reducir el desperdicio.
4. Impulsar la demanda a partir del cliente. No deberá proporcionarse ningún producto hasta que el cliente lo requiera. Permitir que el consumidor solicite el producto que deberá resultar del proceso cuando él así lo necesite.
5. Implantar los cambios convenientes para lograr un mejoramiento duradero y, después, repetir el ciclo sobre otro proceso en forma interna o ampliar la implantación de la ma-

TABLA 7.3
Desperdicios en el área de cuidados para la salud

Desperdicio	Ejemplo de cuidados de la salud
Sobreproducción	• Formatos múltiples que preguntan la misma información • Copias múltiples de reportes • Pruebas múltiples de laboratorio
Tiempo de espera	• Espera del paciente • Espera los resultados de las pruebas de laboratorio
Transportes innecesarios	• Pacientes que están siendo transportados entre hospitales
Procesamientos adicionales	• Recaptura de información de los pacientes en el sistema
Demasiado inventario	• Almacenamiento excesivo de medicamentos • Almacenamiento excesivo de suministros
Movimientos innecesarios	• Desplazamientos dentro y fuera del almacén • Búsqueda de información y gráficas faltantes de los pacientes
Defectos	• Errores médicos y quirúrgicos • Errores en el ingreso de las órdenes • Formas incompletas
Subutilización de los trabajadores (personas)	• Los doctores desempeñan tareas que pueden ser ejecutadas por enfermeros • Los enfermeros ejecutan trabajos de oficinas

[6] *Kaizen* es una palabra japonesa que significa mejoramiento continuo.

Liderazgo operativo Departamento de Recursos Naturales de Iowa y filosofía de la manufactura esbelta

El Departamento de Recursos Naturales de Iowa (DRN, Department of Natural Resources) emite permisos para las instalaciones industriales que crean contaminación del aire; por ejemplo: plantas de tratamiento de desechos, fábricas y hornos de pintura). Estos permisos se requieren antes de que empiece la construcción de las nuevas instalaciones. Los ciudadanos esperan que el departamento sea cuidadoso y diligente en la emisión de permisos que pudieran dar como consecuencia una contaminación significativa del aire.

En 2003, el Departamento de Recursos Naturales de Iowa ya era una de las agencias más rápidas en conceder permisos en Estados Unidos, dado el proceso de autorización, requería de 62 días en promedio desde la solicitud inicial hasta que se emitía el permiso. Considerando que el proceso de concesión de permisos podría modernizarse sin perjudicar el ambiente, el departamento formó un equipo de clientes y de varios empleados que participaban en el proceso de autorización y lanzó un evento Kaizen de cinco días. El equipo identificó y creó la manera en que el cliente percibía el valor y, luego, estudió el mapa de la corriente del valor. Este mapa mostró 20 pasos desde el inicio hasta el final que incluyó la asignación de revisiones de permisos, la discusión de problemas con los clientes y, por último, la aprobación o el rechazo del permiso solicitado. Al analizar la corriente de valor, el equipo descubrió que sólo aproximadamente un día de trabajo estaba realmente agregando valor; es decir, un día era todo lo que se necesitaba para emitir un permiso que en aquella época demandaba entre 45 y 80 días trayendo como consecuencia un atraso significativo en la concesión de permisos, un tiempo muerto de espera en todas partes dentro del proceso y solicitudes incompletas provenientes de los clientes que estaban conduciendo a prolongados intercambios de una parte y de la otra. La corriente de valor representaba un flujo de trabajo no descubierto y en forma de espagueti.

Con base en esta evaluación, el equipo sugirió e implantó cambios al flujo de trabajo dentro del proceso de la concesión de permisos, se eliminaron los pasos y las transferencias innecesarias a la vez que se mantenía la protección ambiental. La cantidad de tiempo que los ingenieros pasaban examinando los permisos quedó sin cambio alguno, pero el número total de pasos se redujo de 20 a 7 y las transferencias disminuyeron de 18 a 4. El promedio del tiempo total de procesamiento se contrajo de 62 días a seis días hábiles. Se instaló una línea especial de ayuda telefónica para auxiliar a los solicitantes con el fin de garantizar que la información que planeaban presentar fuera exacta y completa. Lo más impresionante fue la eliminación total del cúmulo de 600 permisos pendientes en seis meses. En la actualidad, todo el trabajo está al día y las solicitudes se procesan tan pronto como se reciben.

Fuente: http://www.dnrec.state.de.us/DNREC2000/VSM//Index.htm; http://www.epa.gov/lean/lean-initiatives-iowa.htm.

nufactura esbelta más allá de las fronteras internas a los procesos de los proveedores hacia arriba de la cadena de suministro y, en forma potencial, a los clientes hacia abajo de la cadena de suministro.

Los conceptos, principios y técnicas de la manufactura esbelta están siendo crecientemente implantados en diversos ambientes. En algún momento, se pensó que los principios de producción esbelta eran aplicables sólo a las manufacturas repetitivas. Esto ya no es verdad dado el impacto y los beneficios de estos principios de la producción esbelta que se han demostrado una y otra vez en múltiples ambientes de manufactura de tipo no repetitivo, en los ambientes de servicios y a lo largo de la cadena de suministro. La manufactura esbelta ha influido tan fuerte que se compara con la línea de ensambles móviles de Ford y la administración científica de Taylor como una de las grandes innovaciones en la administración de operaciones de todas las industrias.

7.12 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Los conceptos, principios y fundamentos de la manufactura esbelta pueden implantarse para reducir el desperdicio en las empresas de manufactura y de servicios. Hemos visto la manera en la que los principios generan sistemas esbeltos de manufactura con la elimina-

ción de las actividades que no agregan valor y con una minimización de los desperdicios. Los aspectos esenciales de este capítulo incluyen lo siguiente:

- La filosofía de la manufactura esbelta es una forma de pensar acerca de los procesos que incluye cinco principios: la especificación del valor para el cliente; la representación gráfica de la corriente de valor; la construcción del flujo de producto o del servicio; el impulso de la demanda a partir del cliente y el esfuerzo hacia la perfección.
- Estos cinco principios buscan eliminar el desperdicio por medio de la utilización de toda la capacidad de los trabajadores y los socios con esfuerzos continuos hacia el mejoramiento. Las herramientas de la manufactura esbelta incluyen las 5S, los 5 Por qués, y la representación gráfica de la corriente de valor.
- El objetivo de la implantación de esta filosofía es crear sistemas esbeltos que consigan un mejor rendimiento sobre la inversión. Ello se obtiene aumentando los ingresos (a través de mejoramientos en la calidad, la entrega y la flexibilidad), reduciendo los costos y disminuyendo la inversión requerida.
- En la manufactura, un sistema de producción esbelta está apoyado por un programa maestro estable y uniforme, lo que implica una producción diaria constante dentro del marco de tiempo del programa maestro y de un modelo mixto de ensamblado. Como resultado de ello, la demanda sobre los centros de trabajo precedentes es casi constante. El tiempo *takt* acopla la tasa de producción con la tasa promedio de demanda del mercado.
- En la manufactura, el sistema Kanban se utiliza para impulsar las partes a través de un proceso con miras al cumplimiento del programa maestro de ensamblado. Se proporciona un número fijo de contenedores para cada parte, limitando de este modo el monto del inventario de producción en proceso. La mentalidad de producir sólo sobre demanda requerida también puede aplicarse a las operaciones de servicio al brindar sólo lo que se necesita y cuando los consumidores lo requieran.
- La reducción del tamaño de los lotes, de los tiempos de preparación de las máquinas y de los tiempos de espera es la clave para disminuir los inventarios en un sistema de producción esbelta. Asimismo, las actividades de servicios y de administración deben tener una rápida transferencia de un cliente al siguiente y un tiempo de espera reducido para el servicio.
- En un sistema de producción esbelta, la distribución física de la planta entraña mucho menos espacio y fomenta la evolución hacia distribuciones físicas basadas en tecnología de grupos.
- Un sistema de producción esbelta requiere de trabajadores con funciones múltiples que puedan ejecutar diferentes tareas. El desplazamiento hacia una fuerza de trabajo flexible en la manufactura o en el servicio demandará que se hagan cambios en la forma en la que los trabajadores se seleccionan, se capacitan, se evalúan y se remuneran.
- Deben establecerse nuevas relaciones con los proveedores para que una producción esbelta funcione. Se requiere de entregas frecuentes y de una calidad confiable. Con frecuencia, se negociarán contratos a largo plazo de una sola fuente de abastecimiento con los proveedores.
- El sistema Kaizen hace énfasis en un mejoramiento continuo. Los eventos Kaizen se aplican para implantar con rapidez mejoramientos en la filosofía de la manufactura esbelta, en una semana o menos, sobre un proceso en particular.
- Los conceptos, principios y técnicas de la manufactura esbelta pueden trasladarse al diseño, a la manufactura, a la distribución, a los servicios y a la cadena de suministro.

Términos clave

Manufactura repetitiva
Sistema de producción de Toyota (TPS)
Manufactura justo a tiempo
Producción esbelta
Filosofía de la producción esbelta
Corriente de valor
Mapeo de la corriente de valor
Gemba
Desperdicio (muda)
Demanda propuesta por la empresa
Demanda requerida por el mercado

Perfección
5 Por qués
5S
A prueba de errores
Tiempo *takt*
Kaizen
Estabilización del programa maestro
Carga uniforme
Producción de una sola unidad
Kanban
Reducción del tiempo guía
Reducción del tiempo de preparación de las máquinas
Preparaciones de un solo dígito
Preparaciones con un solo toque
Preparación interna
Preparación externa
Tecnología de grupo (GT)
Manufactura celular
Trabajadores multifuncionales
Capacitación cruzada
Proveedores
Colocalización

Usted **decida**

¿Deberían todos los tipos de organizaciones —de manufactura y de servicios, lucrativas y no lucrativas— adoptar la filosofía de la manufactura esbelta y eliminar todas las formas de desperdicio? ¿Por qué sí o por qué no?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. Toyota Production System
   http://www.toyota.co.jp/en/vision/production_system/index.html

Visite el sitio web de Toyota y revise los documentos y los videos acerca del sistema de producción de Toyota y del sistema justo a tiempo. Conteste el cuestionario en línea y reporte su marcador en el ensayo inicial. Esté preparado para comentar las preguntas que no haya contestado en forma correcta en el ensayo inicial.

2. Lean Enterprise Institute
   www.lean.org

En este sitio web, administrado por James Womack y otros, lea un artículo sobre las operaciones de manufactura esbelta y acuda a clase preparado para comentarlo.

3. La manufactura esbelta y la Agencia de Protección al Ambiente
   http://www.epa.gov/lean/

Visite el sitio web Lean para la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos y lea acerca de la manera en la que la implantación de una manufactura esbelta puede beneficiar el ambiente. Seleccione una compañía y entregue su reporte en clase.

4. Strategos
   www.strategosinc.com/kanban_game.htm

Visite este sitio y descargue el juego Kanban. Siga las instrucciones que se proporcionan para jugar el juego y exponga sus resultados en clase para discusión.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema

1. **Kanban y tiempo *takt***. Suponga que un centro de trabajo utiliza contenedores Kanban que pueden sostener 300 partes. Para producir suficientes partes para llenar el contenedor, se necesitan 90 minutos para la preparación de la máquina más el tiempo de la corrida. El traslado del contenedor a la siguiente estación de trabajo, el tiempo de espera, el tiempo de procesamiento en la siguiente estación de trabajo y la devolución del contenedor vacío requieren de 140 minutos. Se tiene una tasa general de demanda de nueve unidades por minuto.

   a) Calcule el número de contenedores que se necesitan para el sistema.
   b) ¿Cuál es el inventario máximo en el sistema?

c) Un equipo de calidad ha descubierto cómo reducir el tiempo de preparación de las máquinas en 65 minutos. Si se hacen estos cambios, ¿se podrá reducir el número de contenedores?

d) ¿Cuál es el tiempo *takt* de este proceso?

Solución

a) T es el tiempo que se requiere para que un contenedor complete un circuito entero, en este caso 90 minutos para la preparación de la máquina y el tiempo de la corrida más 140 minutos para desplazar el contenedor a través del resto del circuito.

$$n = DT \div C = (9 \times (90 + 140))/300 = 6.9 \text{ (redondeado a 7)}$$

b) Ya que la producción se detendrá cuando todos los contenedores estén llenos, el inventario máximo ocurre cuando todos los contenedores están llenos, es decir, nC:

$$nC = 7(300) = 2\,100$$

c) $n = DT/C = (9 \times (25 + 140)) \div 300 = 4.95$ (redondeado a 5); por lo tanto, la respuesta es afirmativa, el número de contenedores puede reducirse de 7 a 5.

d) Tiempo *takt* = 1/9 minutos = 60/9 = 6.66 segundos. Puesto que el proceso produce nueve unidades por minuto, el tiempo *takt* es igual a 1 dividido entre 9 minutos por unidad.

Problema

2. **Kanban**. El centro de trabajo A elabora partes que posteriormente son procesadas por el centro de trabajo B. Los contenedores Kanban utilizados por los centros de trabajo mantienen 100 partes. La tasa general de la demanda es de 4.5 partes por minuto en el centro de trabajo B. La tabla que se muestra más abajo presenta los tiempos de preparación de las máquinas, de las corridas, de los traslados y los tiempos de espera para las partes en cada uno de los centros de trabajo.

	Centro de trabajo	
	A	**B**
Tiempo de preparación de las máquinas	4	3
Tiempo de la corrida por unidad	0.1	0.4
Tiempo de traslado	2	6
Tiempo de espera	10	20

a) ¿Cuál es la cantidad mínima de contenedores que se necesitan entre estos dos centros de trabajo?

b) Suponga que se dispone de dos contenedores adicionales (sin ningún costo extra). Si estos centros de trabajo emplean los dos contenedores, ¿cuál sería la cantidad máxima de partes por minuto que podría esperarse que fluyera a través de estos dos centros de trabajo? ¿Podrían los centros de trabajo manejar una demanda de 8.5 partes por minuto?

Solución

a) T es el tiempo que se requiere para que un contenedor pase a través de ambos centros de trabajo y regrese a su punto de partida; por lo tanto, $T = 4 + 3 = 7$ minutos de tiempo de preparación, $100 \times (0.1 + 0.4) = 50$ minutos del tiempo de la corrida, $2 + 6 = 8$ minutos de tiempo de traslado, y $10 + 20 = 30$ minutos de tiempo de espera; entonces, $T = 7 + 50 + 8 + 30 = 95$ minutos.

$$n = DT \div C = (4.5 \times (95)) \div 100 = 4.275 \text{ (redondeado a cinco contenedores)}$$

b) Estime que se dispone de dos contenedores adicionales.

$$\begin{aligned} n &= DT/C \\ 5 + 2 &= (\mathrm{D} \times (95)) \div 100 \\ D &= 7 \times (100 \div 95) = 7.37 \text{ partes por minuto} \end{aligned}$$

Ya que 7.37 = <8.50, los centros de trabajo no pueden manejar una tasa de demanda de 8.5 unidades por minuto si tienen siete contenedores.

Preguntas de análisis

1. Visite una planta de manufactura repetitiva dentro de su área. ¿Cuáles son las principales causas del inventario? Asegúrese de preguntar acerca de los tamaños de los lotes y de los tiempos de preparación de las máquinas. ¿Funcionaría el sistema de producción esbelta en esta planta? ¿Por qué sí o por qué no?
2. Defina la manufactura repetitiva y compárela con los lotes de trabajos o la manufactura en lotes.
3. ¿Por qué los conceptos, principios y técnicas de la manufactura esbelta emergieron y evolucionaron en Japón y no en los países occidentales?
4. Exponga los principios de la manufactura esbelta con sus propias palabras.
5. ¿Por qué se requiere un programa maestro estable en un sistema de producción esbelta? ¿Qué tan estable considera usted que deba ser el programa maestro?
6. ¿Cómo pueden reducirse los tamaños de los lotes y los inventarios en un sistema de producción esbelta? Mencione algunos enfoques específicos.
7. Describa las relaciones con los proveedores antes y después de adoptar los principios de manufactura esbelta.
8. ¿Cómo difieren los trabajadores y los administradores de un sistema de producción esbelta respecto a sus contrapartes en los ambientes tradicionales de manufactura?
9. Explique la manera en la que la filosofía de la manufactura esbelta puede conducir a una reducción de los costos (materiales, mano de obra y gastos indirectos), sin incluir al inventario. Sea específico.
10. ¿Existen empresas de manufactura repetitiva que no deberían usar la producción esbelta? Descríbalas.
11. Encuentre un ejemplo en internet acerca de la aplicación de la filosofía de la manufactura esbelta a una operación de servicios.
12. ¿Cómo puede aplicarse la filosofía de la manufactura esbelta a los procesos de contabilidad, finanzas, recursos humanos y mercadotecnia?
13. ¿Qué implicaciones tienen los principios de la manufactura esbelta sobre otras funciones dentro de una empresa?
14. Identifique algunas de las siete formas originales de desperdicio en las siguientes situaciones:
    a) Un banco.
    b) El consultorio de un doctor.
15. Construya un mapa de la corriente de valor para los siguientes procesos:
    a) Cafetería.
    b) Tienda de abarrotes.

Problemas

1. Calcule las cantidades diarias de producción y las secuencias a partir de los siguientes requisitos mensuales. Suponga que el mes tiene 20 días de producción:
    a) 5 000 A, 2 500 B, y 3 000 C
    b) 2 000 A, 3 000 B, y 6 000 C
2. Estime que un centro de trabajo esbelto está siendo operado con contenedores que tienen un tamaño de 25 unidades y una tasa de demanda de 100 unidades por hora. También, suponga que se requieren 180 minutos para que circule un contenedor.
    a) ¿Cuántos contenedores se necesitan para operar este sistema?
    b) ¿Qué cantidad máxima de inventarios puede acumularse?
    c) ¿Cuántas tarjetas Kanban son necesarias?
3. En una operación en particular, el tiempo de preparación de las máquinas de 10 minutos y el tiempo de la corrida es de 50 minutos para producir un lote estándar de 40 partes. Se necesitan tres horas adicionales para circular un contenedor después de que se completa la producción. La tasa de la demanda es de 20 000 partes por mes. Hay 160 horas de producción en un mes.
    a) ¿Cuántos contenedores estándar se requieren?
    b) ¿Cuál es el tiempo *takt* de este proceso?
4. Suponga que una planta opera 2 000 horas por año y que la tasa de demanda de las partes es de 10 000 unidades anuales. El tiempo de circulación para cada contenedor Kanban es de 24 horas.
    a) ¿Cuántos contenedores Kanban se demandan para un tamaño de contenedor de 100 partes?
    b) ¿Cuál sería el efecto de reducir el tamaño del contenedor a 60 partes?
    c) ¿Cuál es el tiempo *takt* para este proceso?
    d) ¿Qué tiempo *takt* se requiere para 80 000 unidades al año?
5. Calcule que un centro de trabajo tiene un tiempo de preparación de máquinas más un tiempo de corridas de 30 minutos para elaborar 50 partes. Suponga, además, que se necesitan 10 minutos para trasladar un contenedor estándar de 50 partes al siguiente centro de trabajo y que la tasa de la demanda es de una parte por minuto a lo largo de todo el día.
    a) Programe esta situación preparando un dibujo que demuestre el momento en el que el centro A debería producir y el momento en el que debería estar inactivo, así como aquellos en los que los traslados de los contenedores deben ocurrir de A a B, el centro de trabajo en uso.
    b) ¿Cuántos contenedores estándar se necesitan para que esta parte circule a partir del dibujo anterior en el inciso *a*)?
    c) Use la fórmula $n = DT \div C$ para calcular el número de contenedores.

6. Una compañía se dedica a tornear partes que pasan a través de diversos centros de trabajo. Suponga que el centro de trabajo A alimenta al centro de trabajo B con partes. Se proporcionan los siguientes tiempos (en minutos) para cada centro de trabajo.

	Centro de trabajo	
	A	**B**
Tiempo de preparación de las máquinas	3	2
Tiempo de la corrida (por parte)	0.5	0.1
Tiempo de desplazamiento	6	8

Un contenedor Kanban estándar mantiene 50 partes que se transfieren del centro de trabajo A al centro de trabajo B. La tasa de demanda en el centro de trabajo B es de cuatro partes por minuto.

a) ¿Cuántos contenedores Kanban se requieren para esta situación?
b) Si el tiempo de desplazamiento se reduce a la mitad, ¿cómo afecta esto al número de contenedores que se necesitan? ¿Qué tanto reducirá esto el inventario?

7. Suponga que un centro de trabajo esbelto está siendo operado con un tamaño de lote de 50 unidades. Estime que se están demandando 200 partes por hora y que se requiere de tres horas para que un contenedor circule, incluyendo la totalidad de la preparación de las máquinas, el tiempo de corridas, el tiempo de desplazamientos y el tiempo inactivo.

a) Calcule el número de contenedores Kanban que se requieren.
b) ¿Cuál es el inventario máximo que se acumulará?
c) ¿Qué puede hacerse para reducir el nivel del inventario? Sugiera tres opciones.

8. Un proveedor suministra partes a una compañía de manufactura que requiere entregas frecuentes. En el momento actual, se necesitan seis horas para hacer un viaje redondo entre el almacén del proveedor y el cliente, incluyendo las operaciones de carga, de viaje y el tiempo de descarga. El tamaño de lote es de 12 cargas de tarima en un camión y el productor usa dos tarimas por hora.

a) ¿Cuántos camiones son necesarios para embarcar las tarimas al productor?
b) ¿Qué es lo que probablemente sucederá si el camión se descompone?
c) ¿Cómo puede garantizar el proveedor que el cliente no se quede sin partes aun a la luz de problemas de entrega o de otras incertidumbres?
d) ¿Qué le ocurrirá al proveedor si el productor tiene problemas y cierra por seis horas?

Bibliografía

Ahmad, Sohel, Roger G. Schroeder y K. K. Sinha. "The Role of Infrastructure Practices in the Effectiveness of JIT Practices: Implications for Plant Performance". *Journal of Engineering and Technology Management* 20, núm. 3 (2003), pp. 161-191.

Bushell, Sylvia, Joyce Mobley y Becky Shelest. "Discovering Lean Thinking at Progressive Health Care". *The Journal for Quality & Participation* 25, núm. 2 (verano de 2002), pp. 20-25.

Chapman, Christopher D. "Clean House with Lean 5S". *Quality Progress* 38, núm. 6 (junio de 2005), pp. 27-32.

Fine, David, Maia A. Hansen y Stefan Roggenhofer. "From Lean to Lasting: Making Operational Improvements Stick". *McKinsey Quarterly* (noviembre de 2008), pp. 1-11.

Garrigues, Franklin y Melinda Tan. "Adapting Lean for Customized Bank Processes". *McKinsey Quarterly* (septiembre de 2008), pp. 16-17.

Gupta, Surendra M. y Yousef A. Y. AI-Turki. "Flexible Kanban System". *International Journal of Operations & Production Management* 19 (1999), pp. 1065-1094.

Hall, Robert. *Driving the Productivity Machine: Production Planning and Control in Japan*. Falls Church, VA: American Production and Inventory Control Society, 1981.

_____ "The Americanization of the Toyota Production System". *Target* 15, núm. 1 (1999).

Harris, A. "Automotive Special Report-Made in the USA-Uprooting the Toyota Production System and Transplanting It to Kentucky in the United States Has Proved to be a Great Success for Toyota". *Manufacturing Engineer* 86, núm. 1 (2007), pp. 14-19.

Huls, Kristi. "The Antioch Company Brings Lean into the Office". *Journal of Organizational Excellence* 24, núm. 4 (otoño de 2005), pp. 31-38.

Liker, Jeffrey K. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Nueva York: McGraw-Hill, 2004.

Lovelle, Jared. "Use Value-Stream Mapping to Reveal the Benefits of Lean Manufacturing". *IIE Solutions*, febrero de 2001, pp. 26-33.

Monden, Yasuhiro. *Toyota Production System: Practical Approach to Production Management*. Atlanta: Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineering, 1983.

Nakane, J. y Robert W. Hall. "Management Specs for Stockless Production". *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1983, pp. 84-92.

Ohno, Taiichi. *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Nueva York: Productivity Press, 1988.

Sakakibara, Sadao, Barbara Flynn, Roger Schroeder y William Morris. "The Impact of Just-in-Time Manufacturing and Its Infrastructure on Manufacturing Performance". *Management Science* 43, núm. 9 (1997), pp. 1246-1257.

Sansevero, Bobbie y Connie Gunther. "A Successful Extended Enterprise". *Inside Supply Management* 19, núm. 4 (2008), pp. 10-11.

Schonberger, Richard J. *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*. Nueva York: Free Press, 1982.

_____ *World Class Manufacturing*. Nueva York: Free Press, 1986.

Schonberger, Richad J. *World Class Manufacturing*: *The Next Decade*.
Falls Church, VA: APICS, 1996.
Shah, Rachna y Peter Ward. "Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles and Performance". *Journal of Operations Management* 21, núm. 2 (marzo de 2003), pp. 129-149.
Spear, Steven y H. Kent Bowen. "Decoding the DNA of the Toyota Production System". *Harvard Business Review*, septiembre-octubre de 1999, pp. 97-106.
Sugimori, Y., K. Kusunoki, F. Cho y S. Uchikawa. "Toyota Production System and Kanban Systems Materialization of Just-in-Time and Respect for Human System". *International Journal of Production Research* 15, núm. 6 (1977), pp. 553-564.
Swank, Cynthia K. "The Lean Service Machine". *Harvard Business Review* 18, núm. 10 (octubre de 2003), pp. 123-129.
Tardif, Valerie. "An Adaptive Approach to Controlling Kanban Systems". *European Journal of Operational Research* 132, núm. 2 (16 de julio de 2001), pp. 411-425.
Vincent, Chad. "Back in Circulation". *Quality Progress* 52, núm. 3 (marzo de 2009), pp. 16-23.
Vonk, Jeff. "Process Improvement in Business Permits through Kaizen". *Spectrum: The Journal of State Government* 78, núm. 2 (primavera de 2005) pp. 33-34.
Womack, James E. y Daniel T. Jones. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Nueva York: Simon & Schuster, 1996.
_____ *Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (ed. rev.). Nueva York: Free Press, 2003.
Womack, James P., Daniel T. Jones y Daniel Roos. *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Nueva York: Rawson Associates, 1990.

Parte **tres**

Calidad

8. Administración de la calidad

9. Control y mejoramiento de la calidad

La calidad es uno de los cuatro objetivos de las operaciones, junto con el costo, la entrega y la flexibilidad. Para satisfacerlo, es importante administrar y controlar todos los aspectos del sistema de calidad. El capítulo 8 inicia esta parte con una exposición de la administración de la calidad. El capítulo 9 analiza el control y el mejoramiento de la calidad.

La principal contribución de la parte tres es un amplio tratamiento de la calidad, el cual incluye aspectos de la administración, de la planeación y de políticas además de los más tradicionales temas estadísticos. En la práctica, la calidad es, en esencia, un problema administrativo, y se usan métodos estadísticos para obtener un mejoramiento continuo de un sistema estable.

Capítulo **8**

Administración de la calidad

Presentación del capítulo

8.1 Definiciones de calidad
8.2 Calidad de los servicios
8.3 Planeación, control y mejoramiento de la calidad
8.4 Pioneros de la calidad
8.5 Estándares ISO 9000
8.6 Reconocimiento Malcolm Baldrige
8.7 Calidad de la cadena de suministro
8.8 Calidad y desempeño financiero
8.9 Razón por la cual fracasan algunos esfuerzos hacia el mejoramiento de la calidad
8.10 Aspectos y términos clave
Usted decida
Ejercicios por internet
Preguntas de análisis
Bibliografía

La calidad es uno de los cuatro objetivos fundamentales de las operaciones, junto con el costo, la flexibilidad y en la entrega. Aun cuando la administración de la calidad es de carácter interfuncional e involucra a toda la organización, el área de operaciones tiene una responsabilidad especial en cuanto a la elaboración de un producto de calidad para el cliente. Ello requiere la cooperación de toda la organización y una cuidadosa atención de la gerencia y control de la calidad. Este capítulo expone la administración de la calidad y, el siguiente, estudia el control y el mejoramiento de la misma.

En años recientes, ha habido un gran interés en la administración de la calidad; en Estados Unidos es difícil tomar un periódico sin leer acerca del reconocimiento Baldrige, el ISO 9000, Seis Sigmas, o algún enfoque utilizado por una compañía en particular para mejorar su calidad. Estos temas se abordan aquí junto con otros aspectos de la administración de la calidad.

La administración de la calidad ha tenido diversos significados a lo largo de los años. A principios del siglo xx, la calidad significaba inspección y que era el método primordial que se aplicaba para asegurar productos de calidad. En la década de 1940, la calidad adquirió una connotación estadística dado el comienzo del uso de métodos estadísticos para controlarla dentro de la variación natural de los procesos. El pionero en estadística Walter Shewhart desarrolló gráficas de control estadístico para mantener un proceso dentro de un estado de control estadístico y reducir, de este modo, la cantidad de inspecciones requeridas. En la década de 1960, el significado del término *administración de la calidad* se amplía

Liderazgo operativo — The Ritz-Carlton Hotel Company, L.L.C., ganador del reconocimiento Malcolm Baldrige

The Ritz-Carlton Hotel Company, L.L.C., es una compañía de excelencia en la administración de hoteles la cual desarrolla y opera 73 hoteles y centros de descanso de lujo en todo el mundo. En esencia, la empresa se concentra en ejecutivos industriales, planificadores de reuniones y viajeros de prestigio. Emplea 38 000 personas altamente capacitadas y motivadas para proporcionar un servicio de calidad. The Ritz-Carlton Hotel Company, actualmente propiedad de Marriott, ha ganado numerosos premios de calidad y es la única corporación hotelera que ha recibido dos reconocimientos Malcolm Baldrige.

Ritz-Carlton traduce las peticiones de sus huéspedes en exigencias a los empleados, a través de sus Estándares de Oro y su proceso de planeación estratégica. Ellos han elegido aquello que más desean sus clientes y se los ofrecen de las formas más sencillas. Los datos de Ritz-Carlton comprueban que el entendimiento que su personal tiene respecto a los Estándares de Oro está directamente correlacionado con la satisfacción del consumidor.

Los trabajadores responden a las peticiones de los clientes tanto a nivel de equipo como a nivel individual. Brindan un servicio altamente personalizado e individual. Los gustos y las aversiones de los huéspedes se capturan y se registran en una historia computarizada la cual aporta información de las preferencias personales de cientos de miles de clientes frecuentes del Ritz-Carlton. Cuando un cliente regresa, esa información se proporciona a los empleados que lo atienden; así, el servicio se da a los niveles más bajos posibles de la organización.

Si un trabajador detecta una aversión o un problema, se le dota de autoridad para que complazca de inmediato al cliente, o bien, puede llamarle a cualquier otro empleado para que lo asista; a ello se le denomina servicio lateral y depende de personal bien capacitado, perceptivo y motivado junto con un sistema bien definido para la entrega del servicio. Con más de un millón de contactos con el cliente en un día muy activo, Ritz-Carlton asume que las peticiones de sus huéspedes y los requisitos de calidad deben ser impulsados por cada empleado al nivel más bajo de la corporación.

Los resultados indican que los hoteles Ritz-Carlton están haciendo un trabajo excepcional al traducir los deseos de sus clientes en un comportamiento de los empleados y en excelentes sistemas. El 97% de los huéspedes de Ritz-Carlton reportan haber tenido una *experiencia memorable* mientras se alojaron en uno de sus hoteles.

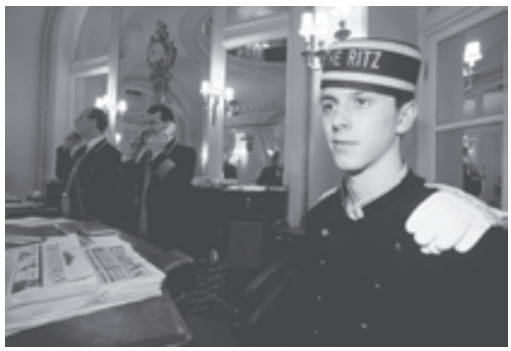
Fuente: Adaptado de Stephen George y Arnold Weimerskirch (1998); y www.ritzcarlton.com (2009). Logo reimpreso con permiso. Se reservan todos los derechos.

para incluir a toda la organización así como a todas las funciones que contribuyen en el diseño y en la producción de calidad. La calidad era interpretada no sólo como un acto de producción; además de ello, era algo en lo que la totalidad de la organización se debería esforzar por dar al cliente. En la actualidad, la calidad está asumiendo un significado más amplio, incluyendo un mejoramiento continuo, una ventaja competitiva y un enfoque centrado en el consumidor. El cuadro de Liderazgo operativo muestra la manera en la que el Hotel Ritz-Carlton, el cual ha ganado dos veces el Reconocimiento Nacional de Calidad Malcolm Baldrige en Estados Unidos, implantó los principios modernos de calidad.

8.1 DEFINICIONES DE CALIDAD

La calidad se define aquí como el hecho de *satisfacer o superar las peticiones del cliente ahora y en el futuro*. Ello significa que el producto o el servicio es apto para el uso del cliente. La **aptitud para el uso** se relaciona con los beneficios que el consumidor recibe y con la satisfacción del mismo; sólo él, y no el productor, la puede determinar.

Además, la **satisfacción del cliente** es un concepto relativo que varía de un consumidor a otro; de la misma forma, uno puede estar satisfecho con los productos de hoy, pero puede no estarlo en el futuro. Por ejemplo: mientras que alguien podría considerar un automóvil Ford como perfectamente satisfactorio, otro puede no pensar así, pero si el cliente de Ford gana la lotería, dicho automóvil podría ya no ser satisfactorio para él; ahora, quizá prefiera un Mercedes o un Jaguar. Cada persona define la calidad en relación con sus propias expectativas en un punto particular en el tiempo.



Ritz-Carlton. Cualquiera de las damas y caballeros del Ritz-Carlton puede gastar hasta 2 000 dólares para corregir de inmediato un problema de un huésped o para lidiar con quejas. Sus empleados fueron el factor clave para que Ritz-Carlton obtuviera el Reconocimiento Nacional de Calidad Malcolm Baldrige y el nivel más alto de satisfacción de los huéspedes en la industria de los hoteles de lujo.

Desde el punto de vista del productor, no puede tolerarse alguna variación respecto a las especificaciones. Éste debe detallar los atributos de la calidad del producto o servicio tan cuidadosamente como sea posible y, acto seguido, debe esforzarse por cumplir con ellas a la vez que se mejora el proceso a través del tiempo; si el producto resultante cubre los deseos del consumidor, será juzgado por el cliente mismo.

En la siguiente sección, definimos la calidad del servicio; sin embargo, cuando el producto es un bien manufacturado, pueden establecerse las siguientes dimensiones de la calidad:

- Calidad del diseño.
- Calidad de la conformidad.
- *Capacidades.*
- Servicio de campo.

La **calidad del diseño** se determina antes de que se elabore un producto y es, de ordinario, la responsabilidad fundamental de un equipo interfuncional de diseño del producto, incluyendo a los miembros de mercadotecnia, ingeniería, operaciones y otras funciones.

La calidad del diseño se estipula a través de una investigación de mercado, el concepto del diseño y las especificaciones; por lo común, la investigación de mercado se centra en evaluar las necesidades del cliente. Puesto que hay distintas formas de satisfacer tales requerimientos, debe desarrollarse un concepto particular de diseño; por ejemplo: el cliente puede solicitar un transporte económico y eficiente en cuanto al consumo de energía —una necesidad que puede ser satisfecha a través de un gran número de automóviles, donde cada uno representa un concepto diferente del diseño—. El concepto del diseño da, entonces, como resultado, un conjunto de especificaciones para el producto, como un plano de diseño del proceso digitalizado y una lista de materiales.

La **calidad de la conformidad** alude a la elaboración de un producto capaz de satisfacer las especificaciones. Cuando éste se ajusta a ellas, el área de operaciones lo considera de calidad indistintamente de la calidad de las especificaciones del diseño; por ejemplo: unos zapatos de bajo precio tendrán una alta calidad de conformidad si se hacen de acuerdo con ciertas especificaciones y una baja calidad de conformidad si no las satisfacen. De este modo, la calidad del diseño y la de la conformidad representan dos aplicaciones diferentes del término *calidad*.

Otro aspecto de la calidad se asocia con las llamadas capacidades: disponibilidad, confiabilidad y condiciones de mantenimiento. Cada uno de tales términos entraña una dimensión de tiempo y, por lo tanto, amplía el significado de la calidad más allá del nivel de calidad inicial. La adición del tiempo a la definición de calidad es, desde luego, indispensable para reflejar una satisfacción continua por parte del cliente.

La **disponibilidad** define la continuidad del servicio para el consumidor. Un producto está disponible si se encuentra en un estado operacional y no inactivo a causa de reparaciones o mantenimiento. En el contexto militar, la disponibilidad se iguala con la prontitud operacional. La disponibilidad puede medirse cuantitativamente como sigue:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de buen funcionamiento}}{\text{Tiempo de buen funcionamiento} + \text{tiempo inactivo}}$$

La **confiabilidad** se refiere a la cantidad de tiempo que puede usarse un producto antes de que falle. Formalmente hablando, es la probabilidad de que un producto funcione durante un periodo especificado sin fallas. La confiabilidad de un foco en términos de 1 000 horas de servicio puede ser, por ejemplo, de 80%; en este caso, si se prueban muchos bulbos con base en periodos de 1 000 horas, 80% de ellos permanecerá encendido la totalidad del

tiempo y 20% fallará dentro de ese lapso. Asimismo, la confiabilidad de un producto se vincula con el tiempo medio entre las fallas (MTBF, *mean time between failure*), lo que constituye, precisamente, el tiempo promedio que el producto funciona de una falla a la siguiente. Entre más prolongado sea el tiempo medio entre las fallas, más confiable será el producto.

Las **condiciones de mantenimiento** remiten a la restauración de un producto o servicio una vez que ha fallado. Todos los clientes consideran el mantenimiento o las reparaciones como una molestia; por lo tanto, un alto grado de condiciones de mantenimiento es deseable, de modo que un producto se pueda restaurar para utilizarlo con rapidez; por ejemplo: Caterpillar Company brinda excelentes condiciones de mantenimiento mediante el suministro de partes de refacciones en cualquier parte del mundo en 48 horas. Las condiciones de mantenimiento pueden medirse a través del tiempo medio para la reparación (MTTR, *mean time to repair*) del producto.

Entonces, la disponibilidad es una combinación de la confiabilidad y de las condiciones de mantenimiento. Si un producto tiene una evaluación alta tanto en la confiabilidad como en las condiciones de mantenimiento, también poseerá un nivel alto en cuanto a disponibilidad. La relación anterior acerca de la disponibilidad puede reexpresarse en términos de tiempo medio entre fallas y tiempo medio para su reparación:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo medio entre fallas}}{\text{Tiempo medio entre fallas} + \text{tiempo medio para su reparación}}$$

Por ejemplo: si un producto cuenta con un tiempo medio entre fallas de ocho horas y un tiempo medio para su reparación de dos horas cada vez que falla, su disponibilidad será de 80 por ciento.

El **servicio de campo**, la última dimensión de la calidad, representa la garantía y la reparación o reemplazo del producto después que se ha vendido. El servicio de campo también se denomina servicio al cliente, servicio de ventas o, simplemente, servicio; es intangible, ya que está relacionado con variables como la prontitud, la competencia y la integridad. El cliente espera que cualquier problema se corrija rápidamente, de una manera satisfactoria, y con un alto grado de honestidad y de cortesía.

En la figura 8.1 se resumen las cuatro distintas dimensiones de la calidad.[1] Como puede observarse, la calidad es algo más que sólo un buen diseño del producto; se amplía al

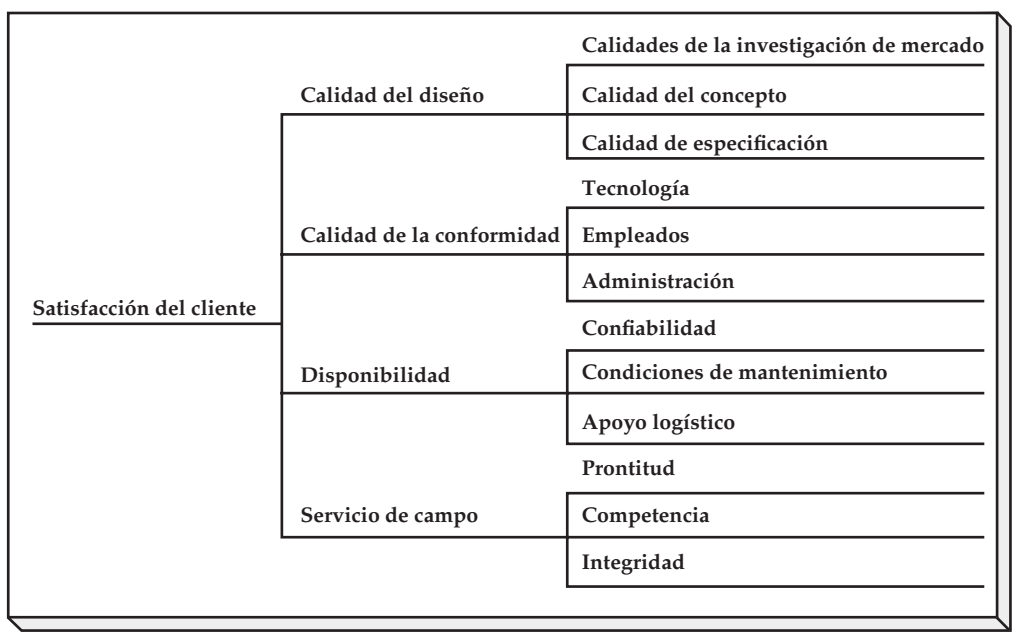


FIGURA 8.1
Diferentes tipos de calidad.

[1] Estas dimensiones están estrechamente vinculadas con las conocidas dimensiones de la calidad de Garvin (1987).

control de calidad de la producción, a la calidad a lo largo de la vida del producto y a la calidad del servicio de campo luego de la venta.

8.2 CALIDAD DE LOS SERVICIOS

La definición y la medición de la **calidad de un servicio** son del todo distintas a las de la calidad de la manufactura. Como se definió en el capítulo 5, la calidad de servicio entraña dimensiones que consisten en el producto expedido, el servicio tangible (explícito) y el servicio psicológico (implícito). Aunque la calidad del producto que se ofrece puede medirse mediante el uso de las dimensiones de manufactura, los servicios tangible y psicológico requieren de mediciones distintas.

Las mediciones de la manufactura pueden ser altamente objetivas mientras que muchas medidas de servicio son perceptivas o subjetivas; como la calidad del diseño de la manufactura puede evaluarse con las características que el producto ofrece, como la velocidad de aceleración de un automóvil y su distancia normal para frenar. La calidad de la conformidad puede calcularse a través del costo de los desperdicios y de los reprocesamientos de la fábrica. Aunque no todo se mide en forma objetiva en la manufactura, en la calidad del servicio el caso es exactamente el opuesto: casi todas las medidas son subjetivas.

La medida más popular de la calidad del servicio se conoce como **SERVQUAL**[2] y se mide a través de un cuestionario para el cliente con base en cinco medidas perceptivas del servicio:

1. **Consideraciones tangibles.** La apariencia de las instalaciones físicas de la compañía, de sus equipos y de su personal; por ejemplo: si un restaurante está sucio y no es presentable y si los empleados tienen una apariencia desarreglada, la calidad de las consideraciones tangibles será baja.
2. **Confiabilidad.** La capacidad de la empresa para ejecutar el servicio prometido de un modo confiable y exacto sin errores; si un restaurante toma una reservación para las 7:00 pm y si el cliente no es sentado en la mesa rápidamente o si los meseros le llevan una comida equivocada, la confiabilidad será baja. Observe que la confiabilidad del servicio (denominada de una manera más precisa como conformidad) se define de una forma diferente de la confiabilidad para la manufactura.
3. **Receptividad.** La disposición de la corporación para proporcionar un servicio que sea rápido y útil para el cliente. En un restaurante, la comida debería servirse de manera oportuna y con la ayuda respectiva cuando ésta sea necesaria para entender el menú.
4. **Seguridad.** El conocimiento y la cortesía de los empleados de la organización así como su capacidad para transmitir confianza. En el ejemplo del restaurante: ¿conoce el mesero el menú y es cortés al brindar el servicio?
5. **Empatía.** La atención cuidadosa e individualizada que la compañía les ofrece a sus clientes. ¿Ayuda el mesero del restaurante a cada cliente y les muestra interés?

Como puede verse, dichas dimensiones del servicio son muy distintas de las de la manufactura y reflejan la estrecha interacción que los empleados poseen con los consumidores en el suministro de un servicio.

SERVQUAL aplica un cuestionario que consta de 22 reactivos (o preguntas) que miden de modo agregado esas cinco dimensiones. La calidad del servicio se basa en la brecha (o diferencia matemática) entre lo que espera el cliente en cada dimensión y lo que realmente se le suministra; en el caso de que el cliente no espere una gran cantidad de empatía, la calidad puede ser alta aun cuando no se le ofrezca mucha. El empleo de brechas como una medida de la calidad del servicio ha sido muy debatido; mientras algunos argumentan que el nivel percibido del servicio proporcionado debe medir sólo la calidad del servicio, otros alegan que la brecha entre lo que se otorga y lo que se espera es una mejor medida de

[2] Parasuraman *et al*. (1991, 1988).

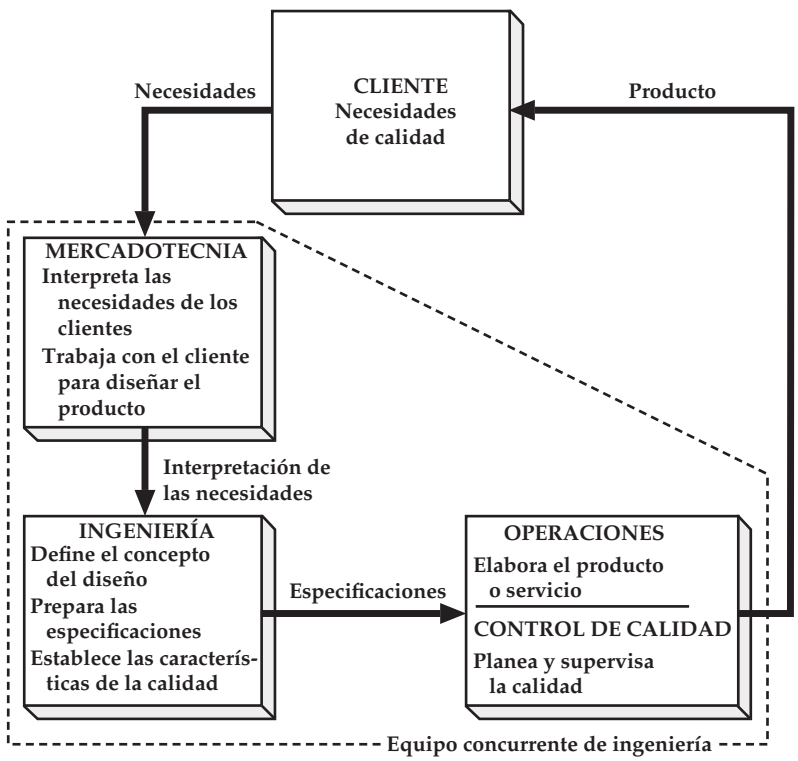
la calidad. A pesar de que las cinco dimensiones de SERVQUAL cuentan con un alto nivel de aceptación para la medición general de la calidad, los aspectos específicos de la medición a través del SERVQUAL han sido fuertemente debatidos en la literatura;[3] no obstante, SERVQUAL se usa extensamente en la práctica para medir tanto los servicios al menudeo como los bancarios, los telefónicos, las tiendas minoristas y los servicios de reparaciones.

8.3 PLANEACIÓN, CONTROL Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD

En esta sección, explicaremos la manera en la que las dimensiones de la calidad de la manufactura o del servicio pueden ser parte de un proceso para la administración de la calidad. El proceso para la planeación, control y mejoramiento de la calidad implica una interacción continua entre el cliente, las operaciones y otras partes de la organización. La figura 8.2 ilustra cómo ocurren tales interacciones por medio de un *ciclo de calidad*. A menudo, las necesidades del cliente se determinan a través de la función de mercadotecnia. Estas necesidades son directamente expresadas por el consumidor o se descubren mediante un proceso de investigación de mercado. Ingeniería, en conjunción con otros departamentos, diseña un producto para satisfacer esas necesidades o trabaja con el cliente para diseñar especificaciones que se ajusten dentro de las capacidades actuales o futuras de producción. La implantación de la función de la calidad, la cual se cubrió en el capítulo 3, es una técnica de gran utilidad para alinear la voz de los clientes (las necesidades de los clientes) con las especificaciones de ingeniería.

Una vez que se han completado el concepto del diseño y las especificaciones, se ha establecido la calidad del diseño. Las operaciones, como parte del equipo de calidad, elaboran, entonces, el producto como se haya especificado. Las operaciones aseguran en forma continua que el producto se elabore como se especificó, insistiendo en la calidad de la conformidad. Por lo regular, ello se hace por medio de una capacitación adecuada, de

FIGURA 8.2
El ciclo de la calidad.



[3] L. J. Morrison Coulthard (2004).

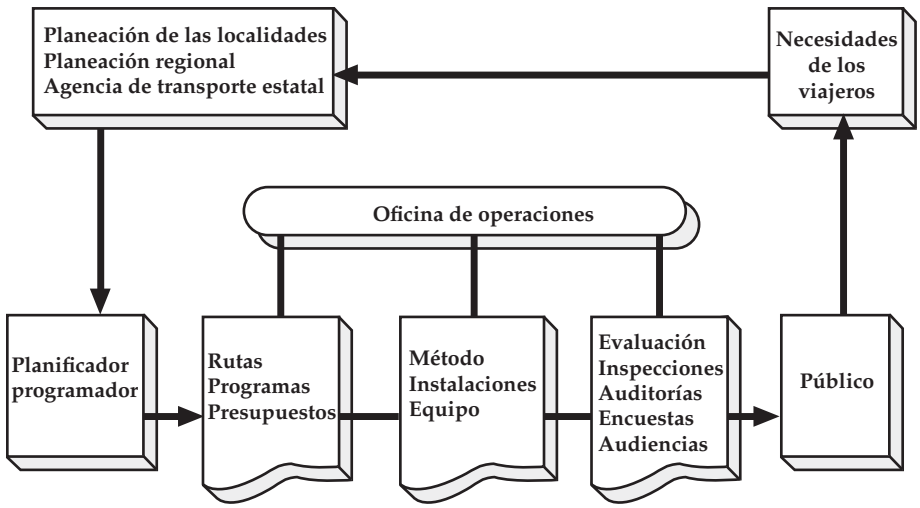


FIGURA 8.3
El ciclo de calidad en un sistema de tránsito en masa.

la supervisión, el mantenimiento de máquinas e inspecciones del operador. Además de satisfacer las especificaciones, el área de operaciones debe esforzarse por reducir la variación de sus procesos y productos a lo largo del tiempo; de esta manera ocurre un mejoramiento continuo.

La figura 8.3 es una descripción del ciclo de calidad para un sistema de tránsito en masa; en este caso, una agencia de planeación, en lugar de mercadotecnia, interpreta las necesidades de los clientes. Otro planificador, trabajando con mayor detalle, determina, entonces, el concepto del diseño y las especificaciones para el servicio. La función de operaciones proporciona el servicio y el público vuelve a expresar sus necesidades o confirma que el servicio actual es satisfactorio. El ciclo de calidad debe existir en toda organización para garantizar que todos los aspectos de la calidad sean planificados, controlados y continuamente mejorados. La realimentación proveniente del consumidor es esencial para elaborar productos y servicios de calidad.

La implantación de la planeación, el control y el mejoramiento de la calidad en el ciclo de calidad demanda la siguiente secuencia de pasos:

1. Definir los atributos de la calidad con base en las necesidades del cliente.
2. Decidir cómo se medirá cada atributo.
3. Fijar los estándares de calidad.
4. Establecer las pruebas apropiadas para cada estándar.
5. Encontrar y corregir las causas de una calidad deficiente.
6. Continuar haciendo mejoramientos.

El cuadro de Liderazgo operativo describe la forma en la que este enfoque de seis pasos se lleva a cabo en la práctica dentro de la empresa Motorola, ganadora del reconocimiento Baldrige.

La planeación de la calidad siempre debe empezar con los atributos del producto. El planificador de la calidad determina qué atributos son importantes para la satisfacción del cliente y cuáles no lo son; por ejemplo, el productor de las pantimedias L'eggs estableció tres principales atributos de calidad para su producto: 1) un ajuste cómodo, 2) una apariencia atractiva y 3) una vida de uso que el consumidor considere razonable. Asimismo, decidió que la cantidad correcta de material en varias partes de la pantimedia brindará un ajuste cómodo, que deberá emplearse una tela que sea teñida con colores de moda y que se halle libre de defectos para aportar una apariencia atractiva, y que ciertos estambres selectos y formaciones de costuras darán lugar a una vida de uso aceptable.

Por tanto, debe diseñarse un método para probar y medir la calidad de cada uno de los atributos del producto; por ejemplo: el productor de L'eggs ha desarrollado un estirador transversal especial que puede probar la fuerza de su producto y se utiliza en un cierto

Liderazgo operativo Proceso de mejoramiento de la calidad de Motorola

Motorola es un líder global de las comunicaciones que fabrica productos que incluyen sistemas de localización, teléfonos celulares y radios de comunicación bidireccional. Dispone de más de 60 000 empleados en todo el mundo, los cuales están comprometidos con un mejoramiento continuo de la calidad. Motorola fue el primer ganador del Reconocimiento Nacional de Calidad Malcolm Baldrige y ha sido nombrado por Business Roundtable como el mejor practicante de administración de la calidad de Estados Unidos.

El objetivo fundamental de Motorola es la satisfacción total del cliente y para alcanzarlo ha desarrollado cinco iniciativas:

- Elaborar productos y servicios con base en un estándar Seis Sigmas (no más de 3.4 defectos por cada millón de acciones).
- Reducir el tiempo total del ciclo de todas las actividades.
- Ser líder en el área de productos, manufactura y ambiente.
- Mejorar la rentabilidad.
- Ofrecer un lugar de trabajo creativo y cooperativo en el cual se dote de autoridad a los trabajadores.

Tales iniciativas para la satisfacción del consumidor son conducidas por todos los niveles de la administración, desde los más bajos hasta los más altos.

Motorola cree con gran firmeza en el valor de la educación para todos los empleados; para dotarlos de autoridad, ellos han descubierto que existe la necesidad de una educación continua. Los trabajadores renuevan continuamente sus habilidades y sus conocimientos acerca de la calidad, el diseño, la manufactura y sus propias especializaciones.

Motorola considera que ha sido muy exitosa debido a su proceso administrativo; en términos sencillos, el proceso consiste en: 1) tener parámetros establecidos, 2) determinar los resultados, 3) eligir un problema, 4) tratar el problema, 5) analizar la solución y 6) seguir adelante. Este proceso está muy lejos de causar conmoción; sólo es una aplicación de un mejoramiento continuo y de la planeación de la calidad y del ciclo de control.

Las metas optimizadas de Motorola estriban en lograr un mejoramiento de 10 veces en dos años en cualquier cosa que se esté evaluando. Si el tiempo del ciclo de una actividad fuera de 100 días, se reduciría a 10 días. Si los defectos fueran de 100 partes por millón (ppm), se reducirían a 10 ppm.

En Motorola, todos los empleados se responsabilizan de la calidad; ésta no es una tarea asignable. Debe enraizarse e institucionalizarse en todo proceso. La empresa considera que mejorar el sistema en pro de una satisfacción total del cliente es responsabilidad de todos.

Fuente: Adaptado de Karen Bemowski, "Motorola's Fountain of Youth", *Quality progress*, octubre de 1995, pp. 29-31; Stephen George y Arnold Weimerskirch, *Total Quality Management* (Nueva York: Wiley, 1998); y sitio web de Motorola: www.Motorola.com (2009). MOTOROLA y el logo estilizado M se han registrado en la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos. © Motorola Inc. 2001. El logo de Motorola se usó con el permiso de Motorola, Inc.

porcentaje de todas sus pantimedias. Los productos de L'eggs también son visualmente inspeccionados en busca de defectos en el material o en la costura y de variaciones en las sombras.

Después de decidir sobre las técnicas de medición que se buscarán, el planificador de la calidad debe fijar **estándares** que describan la cantidad de calidad que se requerirá en cada atributo; por lo común, dichos estándares se expresan como tolerancias (cantidades ±) o límites mínimos y máximos aceptables. También, los estándares pueden plantearse como objetivos deseados; un estándar de las pantimedias de L'eggs es la cantidad de presión que la prenda debe resistir en el estirador transversal.

Luego que se han precisado los estándares, debe establecerse un programa de prueba. En el caso de L'eggs, este programa se basa en procedimientos de muestreo puesto que sería demasiado costoso probar e inspeccionar cada uno de los millones de pares de pantimedias producidas cada año. La forma en la que se ponen en práctica tales planes de pruebas y de inspección se explicará en el siguiente capítulo.

No basta simplemente con inspeccionar los productos en cuanto a sus defectos; como lo dice el dicho: *No puede inspeccionarse la calidad de un producto, debe incorporársele*. Al descubrir los defectos, el personal y los trabajadores de calidad deben encontrar las causas fundamentales y corregirlas. Las causas de una calidad deficiente pueden incluir materias primas inadecuadas, falta de capacitación, procedimientos confusos, una máquina defectuosa y así sucesivamente. Si las causas de una calidad deficiente se descubren y se

FIGURA 8.4
Ejemplos de situaciones a prueba de errores (Poka-yoke).

Las tomas médicas de gas se diseñan de tal modo que sólo puedan insertarse las válvulas adecuadas en únicamente una toma de salida.

Los protectores de quemaduras cierran el flujo del agua si la temperatura de la misma llega a ser demasiado alta.

La nueva generación de cajeros automáticos ejecuta transacciones sin que la tarjeta abandone la mano del usuario.

Estos camiones escolares tienen un anillo de cable en el parachoques el cual se extiende hacia fuera para asegurar que no haya niños ocultos bajo el cofre.

corrigen con regularidad, el sistema de producción estará bajo un control constante y serán posibles los mejoramientos.

Incluso, un mejor planteamiento consiste, en primer lugar, en prevenir la ocurrencia de errores. Ello requiere diseñar productos y procedimientos internos a prueba de errores, trabajar con proveedores para prevenir errores, capacitar empleados antes de que ocurran los problemas y ejecutar un mantenimiento preventivo de las máquinas; sin embargo, cuando los errores realmente ocurren, deben corregirse rápidamente y el sistema mismo necesita cambiarse para prevenir que errores del mismo tipo se repitan.

El concepto de **situaciones a prueba de errores** fue desarrollado en la década de 1960 por Shigeo Shingo, quien trabajó para Toyota Motors en Japón. Se le denominó *Poka-yoke*, que es un término japonés que significa a prueba de errores. La idea del Poka-yoke es diseñar el producto y el proceso de modo que sea imposible cometer errores o que los errores se detecten con facilidad cuando ocurran; por ejemplo, un horno de microondas no arranca si la puerta está abierta y las puertas de un automóvil no se cierran cuando la llave está en el arrancador. Deben diseñarse partes que no puedan permitir retrasos u omisiones que conduzcan a errores. El servicio debe formularse de modo que el cliente obtenga exactamente lo que ordenó; si no puede prevenirse que ocurra el error, debe ser fácil de detectar. Éste es el enfoque a prueba de errores. Para más ejemplos acerca de las situaciones a prueba de errores, consulte la figura 8.4.

8.4 PIONEROS DE LA CALIDAD

Una vez definida la calidad y la teoría general de la planeación, el control y el mejoramiento aplicados a la calidad, nos dirigimos a diversos enfoques para la administración de la calidad. Esta exposición inicia con una breve revisión histórica de los enfoques defendidos por los pioneros de la calidad: Deming y Juran. Después, describimos el ISO 9000 y el enfoque Baldrige para la calidad, los cuales tienen actualmente un amplio uso en la industria.

Existen muchos pioneros de la calidad, incluyendo a Deming, Juran, Crosby, Feigenbaum, Shewhart e Ishikawa, para nombrar sólo algunos de ellos.[4] En esta sección, nos concentramos en Deming y Juran, quienes han destacado sobre todo por sus enseñanzas de calidad a los japoneses y por la restauración de la atención a la calidad por parte de compañías estadounidenses y europeas.

W. Edwards Deming

W. Edwards **Deming** resaltó el papel que debe tomar la administración en el mejoramiento de la calidad. Deming definió a esta última como un mejoramiento continuo de un sistema estable. Tal definición pone de relieve dos cosas: primero, todos los sistemas (administrativos, diseño, producción y ventas) deben estar estables en un sentido estadístico, lo que implica que se tomen mediciones de los atributos de calidad a través de toda la compañía y que se supervisen a lo largo del tiempo; si estas mediciones tienen una variación constante alrededor de un promedio fijo, el sistema es estable. El segundo aspecto de la definición de Deming es el mejoramiento continuo de los diferentes sistemas para reducir la variación y para cubrir mejor las necesidades de los clientes.

Deming expresó su filosofía de la calidad en sus famosos *14 puntos*, los cuales se presentan en la tabla 8.1. Él hizo énfasis en que los altos ejecutivos deben administrar sus empresas con miras al largo plazo y no sacrificar la calidad por las utilidades a corto plazo. Deming argumentó que una atención excesiva a los reportes trimestrales de utilidades y a los objetivos a corto plazo distrae a la alta administración de su concentración en el servicio a los clientes y en el mejoramiento de la calidad a largo plazo. Asimismo, argumentó, como lo hacen otros, que la administración debe terminar su dependencia a las inspecciones en masa para conseguir la calidad y debe ponderar, más bien, la prevención de defectos. Deming indicó que eso debe lograrse al capacitar a todos los empleados, con una buena supervisión y con el uso de procedimientos estadísticos.

TABLA 8.1
14 principios de administración de Deming

Fuente: Adaptado de W. Edwards Deming, *Out of the Crisis* (Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986).

Requisitos para un negocio cuya administración planea ser competitiva en el suministro de bienes y servicios que tengan un mercado.

1. **Crear una constancia de propósito** hacia el mejoramiento de productos y servicios con la meta de ser competitivo y permanecer en el negocio a largo plazo en lugar de buscar las utilidades a corto plazo.
2. **Adoptar la nueva filosofía** rehusándose a permitir los niveles de errores, defectos y retrasos comúnmente aceptados. Asumir la necesidad del cambio.
3. **Abandonar la dependencia sobre las inspecciones en masa.** En lugar de ello, basarse en la incorporación de la calidad en el producto en primer lugar y en medios estadísticos para el control y el mejoramiento de la calidad.
4. **Terminar con la práctica de conceder operaciones de negocios únicamente con base en la etiqueta de precio.** En vez de ello, minimizar el costo total. Reducir el número de proveedores eliminando aquellos que no puedan proporcionar una evidencia de control estadístico de los procesos.
5. **Mejorar constantemente, y para siempre, los sistemas de producción** con el fin de optimizar la calidad y la productividad y para reducir, de esta manera, constantemente los costos.
6. **Instituir la capacitación** y la recapacitación de todos los empleados.
7. **Hacer que la administración y los supervisores se concentren en el liderazgo** de sus trabajadores para ayudarlos a realizar un mejor trabajo.
8. **Expulsar el temor.** No culpe a los empleados por *problemas de sistema*. Motivar comunicaciones eficaces bidireccionales. Eliminar la administración por control.
9. **Abolir las barreras entre los departamentos.** Fomentar un equipo de trabajo entre áreas diferentes como investigación, diseño, manufactura y ventas.
10. **Eliminar programas, exhortaciones y eslóganes** que requieran nuevos niveles de productividad sin aportar mejores métodos.
11. **Quitar las cuotas arbitrarias**, los estándares de trabajo y los objetivos que interfieran con la calidad. En lugar de ello, sustituir el liderazgo y el mejoramiento continuo de los procesos de trabajo.
12. **Apartar las barreras** (sistemas deficientes y administración deficiente) que privan a la gente de un orgullo en su trabajo.
13. **Fomentar una educación y un automejoramiento** de por vida en todos los empleados.
14. **Hacer que todo mundo trabaje en la implantación de estos 14 puntos.**

[4] Consulte el libro de Schultz (1994) donde se presenta una revisión completa de los pioneros de la calidad.

Deming procedió a exhortar a la administración para que derribara las barreras entre los departamentos y para que motivara a las personas a trabajar en conjunto para elaborar productos y servicios de calidad. Él consideraba que muchos de los estándares de trabajo, de los sistemas individuales de remuneración del desempeño y cuotas que emplean las empresas obstruyen el camino hacia la cooperación entre individuos y departamentos y, por lo tanto, impiden el mejoramiento de la calidad.

Deming era un gran defensor de las ideas acerca del control estadístico de los procesos, lo cual se explica en el siguiente capítulo. La calidad no puede mejorarse haciendo un esfuerzo más intenso; los trabajadores y los administradores deben tener las herramientas necesarias para identificar las causas de variación, para controlarla y para reducirla en el producto.

Deming y los demás pioneros de la calidad son partidarios de la idea de que la mayoría de los problemas de calidad se originan por sistemas deficientes y no por los empleados; ellos argumentan que no debe culparse a los trabajadores por los problemas de calidad. En lugar de ello, la administración debe modificar el sistema para mejorar la calidad. Todos los niveles de la administración deben aceptar la responsabilidad de la calidad.

Deming transmitió exitosamente sus ideas a los japoneses y ha recibido reconocimientos, junto con Juran, por ayudar a mejorar la calidad en la industria japonesa. Los japoneses atribuyen gran parte de su éxito a ideas estadounidenses, las cuales han sido totalmente implantadas. A últimas fechas, la industria estadounidense ha estado redescubriendo muchas de dichas propuestas básicas y, una vez más, está implantando conceptos de calidad como una clave para la supervivencia y el éxito.

Joseph Juran

Juran propuso la idea de la **trilogía de la calidad**: planeación, control y mejoramiento de la calidad. En el área de planeación, indicó que las compañías deben identificar las principales metas del negocio, los clientes y los productos requeridos. Deben introducirse nuevos productos sólo después de que hayan sido cuidadosamente probados y cuando satisfagan una necesidad de un cliente previamente verificada; asimismo, advirtió que gran parte del mejoramiento de la calidad involucra una cuidadosa planeación para asegurarse de que los problemas primordiales de calidad sean atacados primero: *pocos, pero vitales*.

El autor del texto Schroeder (izquierda) aprende de Joseph Juran durante una conferencia.

Juran subrayó el control de la calidad a través del uso de los métodos estadísticos que se exponen en el capítulo siguiente. Argumentó que la administración debe instituir los procedimientos y los métodos necesarios para asegurar la calidad y, entonces, trabajar para mantener al sistema continuamente bajo control. Al igual que Deming, creía firmemente en el enfoque estadístico para la calidad como una forma de conseguir el control del proceso.

La tercera rama de la trilogía de la calidad es el mejoramiento. Juran sugería tanto un mejoramiento radical como uno continuo de los procesos. Proponía que esto podría hacerse una vez que el sistema estuviera bajo control estadístico; además, consideraba que la capacitación y la participación de todos los empleados eran indispensables para garantizar un mejoramiento continuo de la calidad.

Aun cuando los detalles específicos del mejoramiento de la calidad pueden variar entre Deming y Juran, tienen mucho en común. Algunas de sus ideas frecuentes y las de otros pioneros de la calidad se muestran en la tabla 8.2; como puede observarse, existe un hilo conductor que corre a través de la filosofía de la calidad.

TABLA 8.2
Supuestos cambiantes de la calidad

De	A
Reactivo	Proactivo
Inspección	Prevención
Cumplimiento de las especificaciones	Mejoramiento continuo
Orientado hacia el producto	Orientado hacia el proceso
Definición de culpas	Solución de problemas
Calidad *vs.* programa	Calidad y programa
Costo o calidad	Costo y calidad
Únicamente operaciones	Mercadotecnia, ingeniería y operaciones
Causado predominantemente por obreros	Causado predominantemente por equipo gerencial
Los defectos deben ocultarse	Los defectos deben destacarse
El departamento de calidad tiene problemas de calidad	Compras, investigación y desarrollo, mercadotecnia y operaciones tienen problemas de calidad
Subordinado al equipo administrativo	Parte del equipo administrativo
Administradores generales no evaluados sobre la calidad	El desempeño de la calidad es parte de la revisión del administrador general
La calidad cuesta más	La calidad cuesta menos
La calidad es técnica	La calidad es gerencial
Primero el programa	La calidad primero

8.5 ESTÁNDARES ISO 9000

ISO 9000 es una de las principales propuestas que las compañías emplean para asegurar la calidad en la actualidad. Cuando se estableció en 1987, el ISO 9000 estaba orientado hacia el cumplimiento o lo que hemos denominado como calidad de conformidad. Las necesidades de los clientes no se incluyeron en el estándar original ISO 9000: podía fabricarse cualquier producto que se deseara, incluso si no se vendía, en tanto la compañía tuviera un sistema de calidad para asegurar que podía hacer aquello con lo que se había comprometido. En 2000, el estándar del ISO 9000 se revisó para incluir los deseos del cliente, el mejoramiento continuo y el liderazgo administrativo con la intención de garantizar que la calidad pudiera satisfacer los requerimientos del consumidor y no simplemente la conformidad con las especificaciones. Otra actualización ocurrió en 2008 y ésta sirvió para aclarar el lenguaje de los estándares, pero no se hicieron modificaciones mayores en los principios o en las prácticas.

El ISO (International Organization for Standardization) es un cuerpo internacional integrado por miembros provenientes de 155 países. Los estándares del ISO 9000 tienen como finalidad describir cómo debería proceder una compañía para asegurar la calidad sin importar su tamaño o si el producto fabricado es complejo o sencillo. Asimismo, los estándares ISO 9000 se aplican a los servicios y al desarrollo de programas de cómputo.

Los estándares de ISO 9000 especifican que una organización debe tener un sistema de calidad instalado, incluyendo procedimientos, políticas y capacitación, a efecto de ofrecer una calidad que satisfaga en forma consistente las peticiones de los clientes. Como parte de esta documentación, de ordinario, se requiere un manual de calidad y un cuidadoso mantenimiento de registros. El ISO 9000 exige que la empresa cuente con diagramas de flujo del proceso, instrucciones para operadores, métodos de inspección y de prueba, descripciones de puestos, organigramas, medidas de la satisfacción de los clientes y procesos continuos de mejoramiento. También, se espera que los empleados capacitados en los procedimientos realmente los apliquen. Para asegurar el cumplimiento, los funcionarios certificados de ISO 9000 auditan la organización y determinan si la compañía tiene un sistema de calidad bien documentado, si la capacitación se ha completado y si el sistema en uso se ajusta a la descripción formal del sistema. Si no se encuentran discrepancias, el certificador, que es externo a la corporación, certificará la planta o las instalaciones examinadas. El producto no se certifica en sí mismo como un producto de alta calidad, sólo lo hacen los procesos para la elaboración del producto. La certificación ISO 9000 debe ser renovada en forma periódica a través de nuevas auditorías ejecutadas por un certificador.

ISO 9000 ha tenido un enorme impacto sobre las prácticas de calidad en todo el mundo. Muchas compañías están requiriendo la certificación del ISO 9000 como una condición

para efectuar operaciones de negocios. La Comunidad Europea ha adoptado el ISO 9000 como un estándar para la realización de ventas en sus mercados y algunos clientes europeos solicitan el cumplimiento con el ISO 9000. La certificación del ISO 9000 está ganando popularidad no sólo en Europa; empresas de muchos otros países, incluyendo Estados Unidos, también están requiriendo la certificación del ISO 9000 de sus proveedores.

El ISO 9000 no proporciona un sistema completo de calidad porque no trata con la estrategia competitiva, los sistemas de información y los resultados de los negocios. Una corporación puede estar elaborando un producto que satisfaga a clientes de un mercado cada vez más reducido y destinado a salir de los negocios y todavía puede tener la certificación del ISO 9000; sin embargo, éste es un buen primer paso que aborda los procesos fundamentales necesarios para asegurar un producto de calidad y altos niveles de satisfacción del cliente. El sistema Baldrige posee requisitos similares a los del ISO 9000, aunque también involucra estrategia, sistemas de información y resultados de negocios.

8.6 RECONOCIMIENTO MALCOLM BALDRIGE

El Congreso de Estados Unidos estableció el Reconocimiento Nacional de Calidad Malcolm Baldrige en 1987 para promover el desarrollo de mejores prácticas de administración de la calidad y un mejoramiento en los resultados de calidad de la industria estadounidense. Los criterios para este reconocimiento han tenido una amplia aceptación y se han convertido en un estándar de facto para las *prácticas de la mejor calidad* en Estados Unidos. Resumiremos los criterios Baldrige como un marco conceptual para evaluar e implantar los principios y los conceptos de la calidad. Los criterios Baldrige no sólo se aplican a las buenas prácticas de la calidad, sino a la excelencia en el desempeño, ampliamente definida.

Cada año, el **reconocimiento Baldrige** se otorga a un máximo de tres organizaciones en cada una de seis categorías: manufactura, servicios, negocios pequeños, cuidados de la salud, educación y sector no lucrativo. Algunos de los últimos ganadores son Motorola, Milliken & Co., Federal Express, Sunny Fresh Foods, Ritz-Carlton, 3M, IBM, University of Wisconsin en Stout y Pearl River School District. Para obtener este reconocimiento, tales organizaciones o las subsidiarias que ganaron el reconocimiento mostraron altos niveles de prácticas de administración de la calidad y excelencia en el desempeño, como lo indican los criterios Baldrige.

Los criterios Baldrige reconocen los esfuerzos de la calidad que han logrado un liderazgo administrativo de la alta gerencia, resultados de negocios, participación de los empleados, control de los procesos internos, una alta satisfacción del cliente y así sucesivamente. Las categorías específicas de calidad evaluadas por los examinadores Baldrige se presentan en la tabla 8.3. Estas siete categorías se juzgan a partir de un reporte de autoevaluación preparado por cada solicitante del reconocimiento y una visita al sitio por parte de los examinadores Baldrige para aquellos solicitantes que aprueben una revisión inicial del reporte de autoevaluación.

Los criterios Baldrige tienen 1 000 puntos en total, los cuales se distribuyen entre las siete categorías que se muestran en la tabla 8.3. La primera, liderazgo (120 puntos), se evalúa con base en el compromiso de la alta gerencia, la visión, la participación activa por parte de todos los administradores del proceso y la medida en la que los valores de calidad hayan permeado a toda la organización; además, incluye las responsabilidades sociales, el comportamiento ético y la participación de la comunidad, lo cual asegura una *compañía de calidad*.

La segunda categoría, la planeación estratégica (85 puntos), es el adhesivo que mantiene unido el esfuerzo de la calidad. Los solicitantes exitosos han establecido metas y planes de alto nivel para la calidad que son específicos y que han sido implantados. Con frecuencia, los planes estratégicos para la administración de la calidad son indistinguibles del plan estratégico de la compañía siempre y cuando se halle un componente del plan alusivo a la calidad.

La categoría tres se refiere a la concentración en el cliente (85 puntos). Las empresas ganadoras recopilan datos objetivos a partir de una variedad de fuentes, incluyendo gru-

TABLA 8.3
Reconocimiento Nacional de Calidad Malcolm Baldrige: criterios para un desempeño de excelencia, 2009-2010

Fuente: U.S. Department of Commerce, 2009.

Categorías y conceptos 2009-2010			Valores en puntos	
1	**Liderazgo**			**120**
	1.1	Liderazgo de la alta gerencia	70	
	1.2	Gobierno interno y responsabilidades sociales	50	
2	**Planeación estratégica**			**85**
	2.1	Desarrollo de la estrategia	40	
	2.2	Implantación de la estrategia	45	
3	**Concentración en el cliente**			**85**
	3.1	Participación del cliente	40	
	3.2	Voz del cliente	45	
4	**Medición, análisis y administración de conocimientos**			**90**
	4.1	Medición, análisis y mejoramiento del desempeño organizacional	45	
	4.2	Administración de la información, conocimiento y tecnología de la información	45	
5	**Concentración de la fuerza de trabajo**			**85**
	5.1	involucramiento de la fuerza de trabajo	45	
	5.2	Ambiente de la fuerza de trabajo	40	
6	**Administración del proceso**			**85**
	6.1	Sistemas de trabajo	35	
	6.2	Procesos de trabajo	50	
7	**Resultados**			**450**
	7.1	Resultados del producto	100	
	7.2	Resultados enfocados hacia el cliente	70	
	7.3	Resultados financieros y de mercado	70	
	7.4	Resultados enfocados en la fuerza de trabajo	70	
	7.5	Resultados de efectividad del proceso	70	
	7.6	Resultados de liderazgo	70	
		PUNTOS TOTALES		**1 000**

pos de enfoque, encuestas de investigación de mercado y contactos de uno a uno. Debe actuarse de acuerdo con la información y debe utilizarse para encaminar a la organización hacia las necesidades de los clientes y hacia los clientes satisfechos. Los ganadores Baldrige se esfuerzan por deleitar a sus clientes y no por satisfacerlos a un nivel mínimo. Por lo regular, superan las expectativas de los consumidores y anticipan sus necesidades.

La categoría cuatro alude a la medición, análisis y a la administración del conocimiento (90 puntos). Esa categoría incluye la toma de decisiones con base en datos duros, algunas veces denominados *administración por hechos*. La base de datos de la corporación debe ser accesible a los empleados y debe contener información vasta acerca de los proveedores, los procesos internos y los clientes. El sistema de información debe estar integrado y emplearse para la toma de decisiones en la compañía.

La quinta categoría es la concentración de la fuerza de trabajo (85 puntos), un área muy amplia y muy extensa que incluye el involucramiento de los empleados, la educación continua y la capacitación, el trabajo en equipo y la toma de decisiones por parte de los trabajadores. Asimismo, existe una evaluación de la motivación, los estímulos, el reconocimiento y el desarrollo del liderazgo. Los ganadores anteriores del reconocimiento Baldrige han sido fuertes defensores de la concentración en la fuerza de trabajo como la base de todos los esfuerzos para el mejoramiento de la calidad.

La administración del proceso (85 puntos), la sexta categoría, abarca la definición del proceso, la documentación, el control estadístico del proceso y las herramientas para el mejoramiento de la calidad. Las empresas con un desempeño muy deficiente tienen poco entendimiento de sus procesos, no los han integrado ni definido y no los han controlado.

La séptima y última categoría Baldrige remite a los resultados, y da cuenta de 450 puntos. Esa categoría incluye los resultados del producto, los de la concentración en el cliente, los financieros y de mercado, los de la concentración en la fuerza de trabajo, los de la

efectividad del proceso, y los del liderazgo. Se considera un número de medidas estándar de calidad como el porcentaje de productos defectuosos, las devoluciones de los clientes y las entregas puntuales, junto con la rentabilidad, el rendimiento sobre la inversión y la participación de mercado. Las compañías exitosas pueden demostrar tendencias de mejoramiento a través del tiempo y no resultados estelares de sólo un año.

Estas siete categorías constituyen un amplio marco conceptual para la administración de la calidad y para el mejoramiento del desempeño en general. No se requiere de algún enfoque estándar para obtener el reconocimiento Baldrige; cada organización es libre de elegir sus propias técnicas y enfoques específicos dentro de las metas y criterios generales que se describieron anteriormente y existe una enorme variedad entre los que han sido ganadores. Ésta es una fortaleza del reconocimiento Baldrige: no requiere de un dogma en particular, sino que permite la flexibilidad en la definición de una *buena administración de la calidad* por parte de compañías individuales.

Las corporaciones están aplicando ahora los criterios Baldrige como un vehículo para la evaluación interna de sus sistemas de mejoramiento de la calidad y del desempeño; capacitan a sus propios administradores para que hagan las evaluaciones Baldrige de otras divisiones. El objetivo no es ganar un reconocimiento, sino diagnosticar las fortalezas y las debilidades de su sistema administrativo en las diversas divisiones de la compañía.

Como lo ha indicado la amplitud de estos criterios, el reconocimiento Baldrige representa algo más que el mero aseguramiento de la calidad y equivale a un sistema amplio para la administración de la empresa y la excelencia en el desempeño. En realidad, la calidad no puede aislarse de la administración y se necesita una administración progresiva para entregar consistentemente un producto o servicio que satisfaga las verdaderas necesidades del cliente ahora y en el futuro.

8.7 CALIDAD DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Ya hemos expuesto la trascendencia de la interacción con el cliente al definir y al administrar la calidad. En el capítulo 3, introdujimos la implantación de la función de la calidad como un método para conectar la voz del cliente con las especificaciones del diseño de ingeniería. Anteriormente, en este capítulo, hicimos notar que la calidad debe definirse por el cliente y que el ciclo de la planeación, el control y el mejoramiento de la calidad es impulsado por sus necesidades; por lo tanto, el consumidor es una parte importante de la cadena de suministro para el impulso del desempeño de la calidad en una empresa. Más adelante, nos concentraremos en el papel del proveedor en la calidad de la cadena de suministro.

En el caso de muchos productos y servicios, más de 50% del producto es adquirido a partir de proveedores. En efecto, bajo una subcontratación, 100% del producto puede ser abastecido a partir de los proveedores; por ejemplo: el iPod y el iPhone son completamente subcontratados por Apple, Inc., excepto el diseño, el cual se hace internamente.

Reconocimiento Nacional de Calidad Malcolm Baldrige.

Al trabajar con proveedores, existen varios principios que deben seguirse. Primero, el proveedor debe participar en el diseño del producto para maximizar la prevención de defectos del diseño desde el principio (a prueba de errores). Con frecuencia, los proveedores pueden recomendar materiales o servicios que pueden mejorar la calidad o prevenir defectos en los procesos de los proveedores.

Cuando un producto es complejo, es esencial que los proveedores mantengan niveles muy altos de calidad para garantizar que el producto final tenga la calidad requerida. Un concepto denominado *rendimiento rotativo* da cuenta de la tasa acumulativa de defectos observada por el cliente final; por ejemplo, suponga que un

producto o servicio posee 100 componentes o partes y que cada una tiene un rendimiento de 99% (1% defectuoso). De este modo, el rendimiento general del producto final se obtiene multiplicando los rendimientos de todos los productores individuales. Ya que existen 100 productores con el mismo rendimiento (.99), en este caso el rendimiento rotativo es de $99 \times .99 \times .99 \ldots \times .99$ (100 veces):

$$\text{Rendimiento rotativo} = (.99)^{100} = .366$$

Como puede observarse, el rendimiento rotativo es sólo de 36.6% para el producto final; por lo tanto, la calidad proporcionada por los proveedores debe ser mucho más alta para asegurar un rendimiento rotativo de, digamos, 99% en el producto o servicio final. Para un rendimiento rotativo de 99%, la calidad del proveedor debe ser de 99.99% para cada uno de los 100 proveedores.

La administración de los proveedores involucra más que sólo seleccionarlos y medir el cumplimiento de la calidad. Las operaciones también deben administrar el riesgo y garantizar un control continuo del proceso por parte de los proveedores. La U.S. Consumer Product Safety Commission lanzó 473 retiros de productos sobre 110 millones de unidades producidas en 2007. Tales retiros de productos incluyeron juguetes peligrosos, productos del hogar y artículos recreativos. Los juguetes llamaron la mayor parte de la atención con advertencias acerca de los peligros de la pintura con plomo, así como peligros de ahogamiento, de ingestión del producto, cortadas y estrangulación. Se concedió mucha atención a los juguetes defectuosos y a otros productos subcontratados en China. En 2007, asimismo, hubo 400 retiros de drogas, alimentos y alimentos para mascotas ejecutados por la Food and Drug Administration y 600 retiros de vehículos motorizados por razones de seguridad. En muchos casos, éstos obedecieron a fallas en la calidad por parte de los proveedores del producto y no por parte de la empresa vendedora; sin embargo, la empresa vendedora fue legalmente responsable por el retiro.

De este modo, la administración de la calidad de los proveedores requiere un sistema no sólo para seleccionar a los proveedores, sino para administrarlos sobre una base continua. La administración de los proveedores va más allá de asegurar el cumplimiento con los estándares a través de una inspección de los productos entrantes; se requiere un control sobre los procesos subcontratados. La **certificación del proveedor** puede lograr esto, pues implica que dicho proveedor tiene control sobre sus procesos y puede aprobar una auditoría del tipo ISO 9000, por lo menos. La auditoría testifica que existe un sistema de calidad instalado, incluyendo procedimientos documentados, capacitación y un control estadístico continuo del proceso para prevenir la ocurrencia de defectos. La auditoría de certificación la hace el cliente mismo o un auditor de ISO 9000 y también puede obtenerse para el proceso de diseño de un nuevo producto.

Algunos proveedores todavía no comprenden la necesidad de que un sistema planee, controle y mejore la calidad. En Estados Unidos, a menudo, se hace énfasis en el precio y los proveedores pueden tener sistemas de calidad deficientes. Lo que se requiere es una selección de proveedores que avale que se tenga instalado un sistema adecuado de calidad a través de la certificación del proveedor.

Al seleccionar un proveedor, el precio y las muestras del producto pueden verse bien, pero ¿eso es suficiente? Un artículo común abastecido a partir de un proveedor remoto encontró los siguientes problemas:

- Las muestras entregadas al comprador eran *joyería*; es decir, eran artículos cuidadosamente seleccionados que no eran producidos por un proceso de producción confiable. En realidad, las muestras habían sido cuidadosamente hechas a mano e inspeccionadas para asegurar su calidad.
- En el proceso de producción, la calidad era realmente inspeccionada dentro del producto con sólo 60% de rendimiento en la inspección final. Ello significa que el proceso no era capaz de generar una calidad consistentemente buena.
- Los lotes pequeños no eran factibles, ya que el equipo de producción había sido preparado para corridas largas y, posteriormente, se descubría una calidad cuestionable, después de la producción.

- El tiempo del ciclo de producción era largo y variable, dando como resultado grandes inventarios.

Este ejemplo resalta la razón por la cual se necesitan proveedores certificados para ratificar que sus productos son respaldados por un buen sistema de calidad y que no estén meramente aportando buenas muestras a un precio bajo, sólo para producir con baja calidad posteriormente.

8.8 CALIDAD Y DESEMPEÑO FINANCIERO

La calidad y el desempeño financiero están íntimamente relacionados. Primero, consideremos la relación entre la calidad y el costo. Una propuesta muy eficaz en el área de la calidad es calcular el **costo de la calidad**, el cual incluye las categorías de prevención, evaluación, fallas internas y fallas externas; todas éstas, excepto la prevención, son los costos que resultan de no hacer bien las cosas desde la primera vez. Cuando se asigna un costo a una calidad deficiente, puede ser administrado y controlado como cualquier otro. Ya que los gerentes hablan el lenguaje del dinero, expresar la calidad en términos de costos constituye un poderoso medio de comunicación y de control.

La mayoría de las empresas no tienen idea de cuánto gastan para administrar la calidad; aquellos que la han medido descubren que el costo de la calidad es de, aproximadamente, 30% de las ventas, con ámbitos de variación de entre 20 y 40%. Puesto que estas cifras son dos o tres veces más grandes que los márgenes de utilidad de muchas corporaciones, una reducción en el costo de la calidad puede conducir a un mejoramiento significativo en las utilidades. Las organizaciones mejor administradas han sido capaces de reducir sus costos de calidad desde 30% de las ventas hasta una cantidad tan pequeña como 3% a lo largo de un periodo de varios años; ello se ha hecho a la vez que se mejora la calidad de los productos. En la mayoría de las compañías, la capacidad para conseguir lo anterior no ha sido explotada.

El costo de la calidad puede dividirse en dos componentes: **costos del control** y **costos de fallas**. Los costos del control se relacionan con las actividades que eliminan defectos de la corriente de producción, lo que puede hacerse de dos maneras: por prevención y por evaluación. Los costos de prevención incluyen actividades como la planeación de la calidad, las revisiones de nuevos productos, la capacitación y el análisis de ingeniería, las cuales ocurren antes de la producción y tienen como finalidad prevenir defectos antes de que se manifiesten. La otra categoría de costos de control abarca una evaluación o inspección encaminada a la eliminación de los defectos después de que sucedan, pero antes de que lleguen al cliente.

Los costos de las fallas se incurren ya sea durante el proceso de producción (interno) o después de que se embarca el producto (externo). Los costos de las fallas internas incluyen aspectos como los desperdicios, los reprocesamientos, los productos que se tienen que liquidar, y los tiempos inactivos de las máquinas. Los costos de las fallas externas incluyen a los cargos por garantías, a los bienes devueltos y a las rebajas y bonificaciones. En la tabla 8.4 se presenta una lista más amplia de todos estos costos.

El costo de la calidad puede ser un término confuso. Tres de los cuatro costos que se muestran en la tabla 8.4, pueden denominarse como costos de la falta de conformidad o costos de una calidad deficiente (evaluación, fallas internas o fallas externas). Los tres costos de una calidad deficiente pueden reducirse si se aumenta el cuarto costo: la prevención. Muchas compañías han encontrado que al invertir en actividades de prevención como la capacitación, la planeación de procesos y la revisión de nuevos productos, pueden evitar costos que ocurren más tarde en la producción (evaluación, fallas internas) o luego de la producción (fallas externas). La prevención es un factor de potenciación de gran importancia. Suponga, por ejemplo, que una empresa está gastando 2% de sus ventas en prevención y 18% en el costo de una calidad deficiente (evaluación, fallas internas y fallas externas). Estime, además, que si la organización duplica la cantidad gastada en prevención (a 4%), el

TABLA 8.4
Costos de la calidad

Fuente: Adaptado de J. M. Juran y A. B. Godfrey (eds.), *Juran's Quality Handbook*, 5a. ed. (Nueva York: McGraw-Hill, 1999).

Costos de prevención
Planeación de la calidad: costos de la preparación de un plan general, numerosos planes especializados, manuales de calidad, procedimientos.
Revisión de un nuevo producto: revisión o preparación de especificaciones de calidad para los nuevos productos, evaluación de los nuevos diseños, preparación de pruebas y programas experimentales, evaluación de los proveedores, estudios de mercadotecnia para determinar los requisitos de calidad de los clientes.
Capacitación: desarrollo y conducción de programas de capacitación.
Planeación del proceso: diseño y desarrollo de mecanismos para el control de los procesos.
Datos acerca de la calidad: recopilación de datos, análisis de datos y preparación de reportes.
Proyectos de mejoramiento: investigaciones planeadas de las fallas encaminadas a la detección de problemas frecuentes de calidad.
Costos de evaluación
Inspección de materiales entrantes: el costo de determinar la calidad de las materias primas entrantes.
Inspección del proceso: todas las pruebas, procedimientos de muestreo e inspecciones efectuadas mientras se está elaborando el producto.
Inspección final de bienes: todas las inspecciones o pruebas realizadas sobre el producto terminado en la planta o en el mercado.
Laboratorios de calidad: el costo de operar laboratorios para la inspección de materiales en todas las etapas de producción.
Costos de fallas internas
Desperdicio: el costo de la mano de obra y de los materiales del producto que no puedan usarse o venderse.
Reprocesamiento: el costo de volver a elaborar el producto para que se ajuste a la conformidad.
Liquidación: un producto que debe venderse a una cantidad inferior al valor total debido a problemas de calidad.
Realización de pruebas nuevas: el costo de la inspección y de las pruebas después del reprocesamiento.
Tiempo inactivo: instalaciones y personas inactivas debido a fallas en la calidad.
Costos de fallas externas
Garantía: el costo de los reembolsos, de las reparaciones o el reemplazo de productos por garantía.
Mercancía devuelta: mercancía que se devuelve al vendedor.
Quejas: el costo de liquidación de las quejas de los clientes debido a una calidad deficiente.
Bonificaciones: el costo de las concesiones hechas a los clientes debido a una calidad inferior al estándar.

costo de la calidad deficiente puede reducirse a la mitad, a 9% y que una serie de inversiones adicionales en prevención hasta un total de 6% pueden reducir aún más el costo de una calidad deficiente a una cantidad tan pequeña como de 2%. En este punto, el costo total de la calidad es sólo de 8% de las ventas en lugar de 20%. Debe hacerse notar que la totalidad de 12% de las ventas, que se ahorra, fluiría hasta el renglón de la utilidad neta, lo cual, en muchas corporaciones, daría como resultado más del doble de utilidades.

Una compañía constructora investigó el costo de las deficiencias de su calidad y halló un total de 72 casos de falta de conformidad en un proyecto para la construcción de una carretera.[5] Esos casos se pudieron clasificar en los siguientes tipos de errores prevenibles.

- Problemas de diseño que ocasionaron el reprocesamiento de una porción de la carretera varias veces.
- Falta de conformidad por parte de un contratista de cemento, lo que implicó la reparación del concreto puesto.
- Problemas de un subcontratista que dieron como resultado una falla en la entrega por parte de algunos otros subcontratistas.

La empresa encontró que podía ahorrar costos considerables de los proyectos futuros al tratar de prevenir dichos errores antes de que se manifestaran.

Un estudio de investigación de los cuidados de la salud estimó que una combinación de ineficiencias administrativas y un uso excesivo de servicios médicos así como su mal uso

[5] H. Abdul-Rahman (1995).

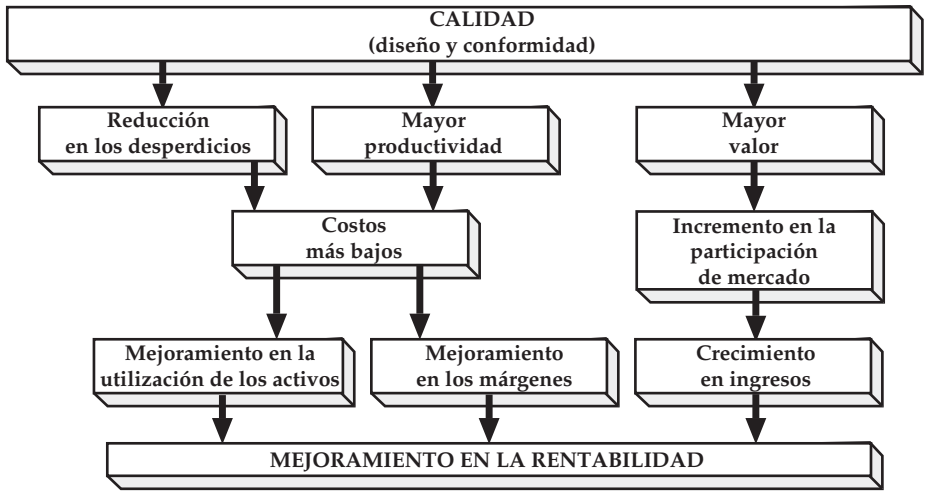


FIGURA 8.5
Manera en la que la calidad contribuye a la rentabilidad.

Fuente: Adaptado de Stephen George y Arnold Weimerskirch, *Total Quality Management* (Nueva York: Wiley, 1998).

desperdicia 30 centavos de cada dólar gastado en cuidados de la salud.[6] Todos estos costos pueden considerarse como el resultado de una calidad deficiente y son prevenibles. La aplicación de los principios de la administración y el control de la calidad pueden reducirlos.

El costo de la calidad puede ser una poderosa herramienta para el mejoramiento de la calidad cuando se usa de manera adecuada. Concentra la atención de la administración en el desperdicio debido a un exceso de fallas o altos costos de control. También aporta una base cuantitativa para supervisar el progreso en la reducción de los costos de calidad. El costo de la calidad puede entenderse fácilmente y ubica la calidad fuera de un área de *bondad* subjetiva que no puede medirse y la coloca en una base de dólares y centavos.

Asimismo, los programas para el mejoramiento de la calidad pueden aumentar espectacularmente los ingresos ya sea a través de un producto más consistente o de nuevos productos o servicios que puedan satisfacer mejor las necesidades de los clientes. El mejoramiento de la satisfacción del cliente puede ser un poderoso mecanismo de impulso de los ingresos y de la participación de mercado cuando los consumidores reciben un producto o servicio que realmente les gusta.

El efecto de la reducción de costos *y* del mejoramiento de los ingresos se ilustra en la figura 8.5, la cual indica la forma en la que la calidad afecta los resultados financieros. Tanto la calidad de la conformidad como la calidad del diseño afectan la reducción en los desperdicios, una mayor productividad y un mayor valor. Ello crea un efecto en cadena sobre la reducción de costos y una participación de mercado creciente, lo que, finalmente, da como resultado un mejoramiento en la calidad. Tanto la calidad de la conformidad como la del diseño poseen un efecto significativo sobre las utilidades.

8.9 RAZÓN POR LA CUAL FRACASAN ALGUNOS ESFUERZOS HACIA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD

El mejoramiento de la calidad es una estrategia probada que ha producido beneficios financieros significativos para muchas compañías; sin embargo, los esfuerzos de la calidad también han fracasado o producido resultados marginales en otras. Algunos estudios indican que sólo la tercera parte de las empresas obtuvieron resultados considerables a partir de sus programas de mejoramiento de la calidad, una tercera parte logró resultados moderados y la otra tercera parte quedó insatisfecha con los resultados. ¿Por qué ha sucedido esto, y qué es lo que separa a los ganadores de los perdedores?

[6] C. Gunsauley (2002).

No es el enfoque que usa una organización para mejorar la calidad lo que hace la diferencia, es el proceso de implantación. Para mejorar la calidad, una corporación debe cambiar valores y su filosofía administrativa, lo cual no es sencillo. Brown, Hitchcock y Willard (1994) describen algunas de las razones por las cuales ha fallado la implantación de la siguiente manera.

Los administradores pueden continuar concentrándose en los resultados financieros a corto plazo con la exclusión del mejoramiento del sistema. Una concentración excesiva sobre los resultados financieros tiende a destruir el sistema de calidad fundamental a medida que ocurran despidos o se reduzca la capacitación para mejorar las cifras financieras a corto plazo. El mejoramiento de la calidad entraña un cambio de pensamiento para administrar el sistema fundamental y no el resultado financiero inmediato.

Algunos administradores culpan por instinto a los empleados cuando hay fallas en la calidad; no se les ocurre mirarse en el espejo. Sólo los administradores pueden modificar el sistema fundamental que ocasiona el problema de calidad y no los empleados. Es más fácil que los administradores culpen a alguien más en lugar de culparse a sí mismos o al sistema que controlan.

Hay administradores que creen en las intercompensaciones entre ventajas y desventajas; para ellos, no puede conseguirse una calidad consistente sin sacrificar el programa o el costo. Cuando deben decidir si embarcar el producto o resolver un problema de calidad, estos administradores embarcan el producto y arreglan el problema después. Además, consideran que es demasiado costoso tener una alta calidad, no se dan cuenta de que pueden tener todo esto si usan una calidad consistente y la prevención como un mecanismo de motivación hacia mejores resultados en la programación, la flexibilidad y el costo.

Algunas veces los administradores interfieren con un verdadero trabajo en equipo, o bien, no delegan en realidad la toma de decisiones al equipo y continúan recompensando el desempeño individual sobre el desempeño en equipo. En realidad, deberían recompensar a los equipos por lo que los equipos hacen y a los individuos por lo que los individuos hacen. El sistema de retribución está incrustado en la organización y es una de las cosas más difíciles de transformar.

Como se resaltó antes, muchos esfuerzos de calidad fracasan porque los proveedores no están certificados para un sistema de calidad funcional. Los proveedores tratan de inspeccionar la calidad en el producto en lugar de desarrollar un enfoque preventivo para el diseño del sistema de calidad. Como consecuencia, el cliente no puede confiar en una calidad consistente por parte del proveedor.

Así, el logro de la calidad requiere de un enfoque de sistemas para la administración que debe promoverse por las necesidades del cliente. Este enfoque está en conflicto con las filosofías y los valores de algunas compañías; por lo tanto, el mejoramiento de la calidad implica un profundo cambio cultural. Los administradores tienen que poner el ejemplo para hacer la transformación. Un programa de mejoramiento de la calidad introducido como el *sabor del mes* o un programa de moda ciertamente fracasará.

La única forma de instaurar un verdadero mejoramiento de la calidad es a través de una amplia educación de todos los empleados y de un liderazgo constante en todos los niveles de la administración. Con este enfoque, puede introducirse un sistema de calidad en cualquier organización de servicios o de manufactura junto con su cadena de suministro, y los resultados financieros, humanos y comerciales serán impresionantes.

8.10 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Los principales aspectos de este capítulo incluyen lo siguiente:

- La calidad puede definirse como aquello que debe satisfacer o superar las exigencias del cliente ahora y en el futuro. Las cuatro dimensiones de la calidad de un producto son la calidad del diseño, la calidad de la conformidad, las *capacidades* y el servicio de campo.

- Existen cinco dimensiones que definen la calidad del servicio: los aspectos tangibles, la confiabilidad, la receptividad, el aseguramiento y la empatía. Estas medidas pueden obtenerse a través de encuestas sobre los clientes.
- Hay un ciclo de la calidad del producto: desde las necesidades del consumidor hasta la calidad del diseño, la producción y el uso por parte del cliente. Tal ciclo se controla por la especificación de los atributos de la calidad, la determinación de cómo medir cada atributo, el establecimiento de estándares de calidad, el establecimiento de programas de prueba y el descubrimiento y la corrección de las causas de una calidad deficiente. El mejoramiento continuo del sistema por medio de la prevención de defectos es el enfoque preferido.
- Dos pioneros de la calidad, Deming y Juran, han adoptado algunos enfoques un tanto distintos para la calidad, pero, también, tienen mucho en común. Deming ha argumentado que la administración debe cambiar para que la calidad mejore y ha defendido el uso de las técnicas estadísticas para el control de la calidad. Juran ha defendido la trilogía de la calidad: planeación, control y mejoramiento.
- La certificación del proceso ISO 9000 es un enfoque de calidad que se basa en la satisfacción de las exigencias del cliente y en el mejoramiento continuo; requiere de procedimientos bien definidos y documentados junto con operadores capacitados que los implementan para asegurar el proceso de calidad, un producto de calidad consistente y un mejoramiento.
- El reconocimiento Baldrige premia a las compañías que logran un sistema total de calidad como lo definen y lo miden los criterios Baldrige. Los criterios especificados para el reconocimiento se han convertido en la definición de facto para la excelencia en la administración de la calidad y del desempeño.
- La certificación de los proveedores es una buena forma de garantizar que éstos tengan un sistema de calidad instalado para prevenir la ocurrencia de defectos.
- La calidad puede mejorar los ingresos y reducir los costos. El costo de la calidad mide la falta de conformidad con las exigencias de los clientes. Los costos de la calidad pueden dividirse en costos de control y en costos de fallas. Los de control se deben a la prevención o evaluación. Los de fallas pueden deberse a fallas internas o externas.
- Los esfuerzos en el mejoramiento de la calidad fracasan cuando la administración no pone el ejemplo y no asume un enfoque de sistemas motivado por las necesidades de los consumidores.

Términos clave

Aptitud de uso
Satisfacción del cliente
Calidad del diseño
Calidad de la conformidad
Disponibilidad
Confiabilidad
Condición de mantenimiento
Servicio de campo
Calidad del servicio
SERVQUAL
Aspectos tangibles
Confiabilidad
Receptividad
Aseguramiento
Empatía
Estándares
A prueba de errores
Deming
Juran
Trilogía de la calidad
ISO 9000
Reconocimiento Baldrige
Certificación del proveedor
Costo de la calidad
Costos del control
Costos de fallas

Usted **decida**

1. ¿Cómo fue que los japoneses pudieron superar a Estados Unidos en lo referente a productos de calidad?
2. ¿Cuesta más o menos la adopción de una calidad más alta?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. The Ritz-Carlton Hotels
   http://corporate.ritzcarlton.com/en/about/goldstandards.htm

Visite el sitio web de Ritz-Carlton y encuentre la información acerca del *Estándar de Oro*. Asista a clase preparado para discutir el Estándar de Oro y su relación con la calidad.

2. Malcolm Baldrige National Quality Award
   http://www.quality.nist.gov

Encuentre a los últimos ganadores de este reconocimiento en este sitio y redacte un nuevo reporte sobre el enfoque usado por uno de los ganadores recientes.

3. American Society for Quality (ASQ)
   http://www.asq.org

Haga clic en *Learn About Quality* y encuentre materiales de su interés acerca de la administración de la calidad. Algunos temas sugeridos podrían ser las secciones Basic Concepts y Using Data. Escriba un breve reporte acerca de sus descubrimientos con ayuda de los resúmenes y los artículos proporcionados por la búsqueda.

Preguntas de análisis

1. ¿Cómo puede medirse la calidad en los siguientes productos?
   a) Servicio telefónico.
   b) Reparaciones de automóviles.
   c) Manufactura de bolígrafos.
2. Escriba las diferencias entre la calidad del diseño y la calidad de la conformidad.
3. El producto A tiene un tiempo medio entre fallas de 30 horas y un tiempo medio para la reparación de cinco horas. El producto B tiene un tiempo medio entre fallas de 40 horas y un tiempo medio para la reparación de dos horas.
   a) ¿Qué producto posee la confiabilidad más alta?
   b) ¿Qué producto cuenta con las mejores condiciones de mantenimiento?
   c) ¿Qué producto tiene mayor disponibilidad?
4. Consulte en internet o en su biblioteca artículos sobre SERVQUAL. Resuma uno de los aspectos que haya encontrado en un párrafo o dos.
5. Describa los problemas de servicios que usted haya detectado en una experiencia reciente de servicio. Posteriormente, clasifique las fallas del servicio que ocurrieron como aspectos tangibles, confiabilidad, receptividad, aseguramiento o empatía.
6. Suponga que usted manufactura 10 000 lápices de madera por día. Describa un sistema de planeación y control de la calidad para este producto, incluyendo los posibles atributos, medidas de calidad, pruebas, etcétera.
7. Enumere algunos productos o servicios que, en su opinión, tengan una calidad relativamente deficiente.
8. Nombre algunos productos que tengan un alto grado de calidad. ¿Se asocian, por lo general, con compañías exitosas?
9. Se han registrado los siguientes costos:

Inspección de materiales entrantes	$20 000
Capacitación del personal	40 000
Garantías	45 000
Planeación del proceso	15 000
Desperdicios	13 000
Laboratorio de calidad	30 000
Reprocesamientos	25 000
Bonificaciones	10 000
Quejas	14 000

   ¿Cuáles son los costos de la prevención, de la evaluación, de las fallas externas y de las fallas internas?
10. ¿Con cuáles de los 14 aspectos de Deming está usted de acuerdo y con cuáles no?
11. Contraste y compare los enfoques de Deming y Juran para el mejoramiento de la calidad.
12. Critique las siete categorías utilizadas por el reconocimiento Baldrige. ¿Existen algunos aspectos que usted considere que faltan? ¿Reciben algunas categorías demasiada ponderación?
13. ¿Cómo podría emplear una compañía las categorías del reconocimiento Baldrige para mejorar la calidad y la excelencia en el desempeño? Explique su respuesta.
14. Compare el enfoque basado en Baldrige con el uso del ISO 9000.
15. ¿Por qué se considera el ISO 9000 un primer paso o un enfoque básico para la calidad?
16. Use la internet para encontrar ejemplos de proveedores o compañías certificadas que requieran que los proveedores también estén certificados.
17. ¿Por qué debería buscar una compañía la certificación de los proveedores?
18. ¿Cuál de las cuatro dimensiones de la calidad de la manufactura tiene más probabilidades de mejorar los ingresos? ¿Cuáles de ellas están más relacionadas con la reducción de los costos o cuáles están asociadas tanto con los ingresos como con los costos?

19. Mencione un ejemplo de una falla en la calidad y determine las razones para la misma. Utilice la bibliografía que se presenta al final de este capítulo o algunos artículos recientes de periódicos o revistas para encontrar un ejemplo.
20. Defina lo que se quiere decir con un esfuerzo exitoso de implantación del mejoramiento de la calidad. ¿Cómo ha definido usted el éxito?

Bibliografía

Abdul-Rahman, H., "The Cost of Non-conformance during a Highway Project: A Case Study". *Construction Management and Economics* 13 (1995), pp. 23-32.

Adrian, Nicole, "Quality Tools, Teamwork Lead to Boeing System Redesign". *Quality Progress*, noviembre de 2007, pp. 43-48.

Bemowski, Karen. "Motorola's Fountain of Youth". *Quality Progress*, octubre de 1995, pp. 29-31.

Brown, Mark. *Baldrige Award Winning Quality, 16 Edition: How to Interpret the Baldrige Criteria for Performance*. 16 ed., Milwaukee, WI: ASQ Quality Press, 2007.

Brown, Mark G., Darcy E. Hitchcock y Marsha L. Willard. *Why TQM Fails and What to Do about It*. Burr Ridge, IL: Irwin, 1994.

Crosby, Philip B. *Quality Is Free*. Nueva York: McGraw-Hill, 1979.

Deming, W. Edwards. *Out of the Crisis*. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.

Evans, James R. y William M. Lindsay. *Managing for Quality and Performance Excellence*. 7a. ed. Mason, OH: Thomson South-Western Publishing, 2007.

Feigenbaum, A. V. *Total Quality Control*. 4a. ed., Nueva York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2004.

Flynn, Barbara B., Roger G. Schroeder y Sadao Sakakibara. "The Impact of Quality Management Practices on Performance and Competitive Advantage". *Decision Sciences*, septiembre-octubre de 1995, pp. 659-691.

Funk, Valerie. "Employee and Patient Focus Earns the Baldrige". *Quality Progress* 39, núm. 8 (2006), pp. 33-40.

Garvin, David A. "Competing on the Eight Dimensions of Quality". *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre de 1987, pp. 101-109.

George, Stephen y Arnold Weimerskirch. *Total Quality Management: Strategies and Techniques Proven at Today's Most Successful Companies (Portable MBA Series).* 2a. ed., Nueva York: John Wiley and Sons, 1998.

Goodden, Randall L., "Better Safe Than Sorry". *Quality Progress*, mayo de 2008, pp. 28-30.

Gunsauley, C. "Estimate: 30% of Health Spending Is Wasted". *Employee Benefit News* 16, núm. 10 (agosto de 2002), pp. 1-4.

Hendricks, K. B. y V. R. Singhal. "Firm Characteristics, Total Quality Management and Financial Performance". *Journal of Operations Management* 19, núm. 3 (mayo de 2001), pp. 269-285.

Juran, J. M. *Juran on Quality by Design: The New Steps for Planning Quality into Goods and Services*. Ed. rev., Nueva York: Free Press, 1992.

Juran, J. M. y A. B. Godfrey (eds.). *Juran's Quality Handbook*. 5a. ed., Nueva York: McGraw-Hill, 2000.

Linderman, K., R. G. Schroeder, S. Zaheer, C. Liedtke y A. S. Choo. "Integrating Quality Management Practices with Knowledge Creation Processes". *Journal of Operations Management* 22, núm. 6 (diciembre de 2004), pp. 589-607.

Morrison Coulthard, L. J., "Measuring Service Quality: A Review and Critique of Research Using SERVQUAL". *International Journal of Market Research* 46, núm. 4, 2004, pp. 479-497.

Naveh, Eitan y Alfred Marcus. "Achieving Competitive Advantage through Implementing a Replicable Management Standard: Installing and Using ISO 9000". *Journal of Operations Management* 24, núm. 1 (diciembre de 2005), pp. 1-26.

Parasuraman A, L. Berry y V. Zeithmal. "Refinement and Reassessment of the SERVQUAL Scale". *Journal of Retailing* 67, núm. 4, 1991, pp. 420-450.

Parasuraman, A., V. Zeithmal y L. Berry. "SERVQUAL: A Multiple Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality". *Journal of Retailing* 64, núm. 1, 1988, pp. 14-40.

Salegna, Gary y Farzaneh Fazel. "Obstacles to Implementing Quality". *Quality Progress* 33, núm. 7 (julio de 2000), pp. 53-57.

Sechnoll, Les, "Ensuring Supplier Quality", *Quality Progress*, agosto de 2008, pp. 64-66.

Schroeder, Roger G., Kevin Linderman y Dongli Zhang. "Evolution of Quality: First Fifty Issues of Production and Operations Management". *Production and Operations Management* 14, núm. 4 (invierno de 2005), pp. 468-481.

Schu1tz, Louis E. *Profiles in Quality: Learning from the Masters*. White Plains, NY: Quality Resources, 1994.

Scott, John. "ISO 9000 in Service: The Good, the Bad, and the Ugly". *Quality Progress* 38, núm. 9 (septiembre de 2005), pp. 42-48.

Shingo, Shigeo. *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka- Yoke System*, trans. A. P. Dillon. Portland, OR: Productivity Press, 1986.

United States Department of Commerce. 2009-2010 *Criteria for Performance Excellence: Malcolm Baldrige National Quality Award*. Washington, DC: National Institute of Standards and Technology, 2009.

Wilson, Darryl y David A. Collier. "An Empirical Investigation of the Malcolm Baldrige National Quality Award Causal Model". *Decision Sciences* 31, núm. 2 (primavera de 2000), pp. 361-391.

Zeitmal, V. A., A. Parasuraman y L. Berry. *Delivering Quality Service*. Nueva York: Free Press, 1990.

Capítulo 9

Control y mejoramiento de la calidad

Presentación del capítulo

9.1 Diseño de los sistemas de control de la calidad
9.2 Control de la calidad del proceso
9.3 Control de atributos
9.4 Control de variables
9.5 Uso de gráficas de control
9.6 Capacidad del proceso
9.7 Mejoramiento continuo
9.8 Seis Sigma
9.9 La manufactura esbelta y los Seis Sigma
9.10 Control y mejoramiento de la calidad en la industria
9.11 Aspectos y términos clave

Usted decida
Ejercicios por internet
Problemas resueltos
Preguntas de análisis
Problemas
Bibliografía

En el último capítulo, revisamos la larga historia de la administración de la calidad. A principios del siglo xx, la inspección pasó de los trabajadores a un departamento formal de control de la calidad. Ello generó tensión entre los empleados y los inspectores, lo cual es aún evidente en algunas compañías de la actualidad, pero aquellos que usan las ideas modernas del control de la calidad pueden evitar tales tensiones y crear un ambiente positivo para el mejoramiento de la calidad.

En 1924, **Walter A. Shewhart**, de Bell Telephone Labs, diseñó una gráfica estadística del control de la calidad. Otras dos personas de Bell Labs, H. F. Dodge y H. G. Romig, desarrollaron aún más la teoría del control estadístico de la calidad en la década de 1930; no obstante, se hizo poco en la industria hasta la Segunda Guerra Mundial, a principios de la década de 1940. La guerra generó la demanda de enormes cantidades de bienes militares provenientes de la industria. El ejército de Estados Unidos requirió que ésta adoptara los nuevos métodos del control estadístico de la calidad para ayudar a garantizar que los bienes que ordenaran satisficieran los estándares del gobierno estadounidense. En consecuencia, durante los primeros años de la década de 1940, la industria adoptó ampliamente

los métodos estadísticos para el control de la calidad; sin embargo, en años posteriores, dichos métodos se abandonaron sólo para ser redescubiertos en la década de 1980 como una forma válida de asegurar productos y servicios de calidad.

Las industrias de servicios han sido muy renuentes a la adopción de los métodos de control estadístico de la calidad; aunque algunas empresas de servicios han efectuado avances impresionantes en el uso de tales métodos, muchas otras se han quedado atrás. Como resultado, en las compañías de servicios existe una gran oportunidad de emplear los métodos del control estadístico de la calidad y de conseguir progresos.

Tras la Segunda Guerra Mundial, en 1946, se formó la American Society for Quality (ASQ).[1] Si bien el énfasis inicial era en los métodos de control estadístico de la calidad, el foco de atención se ha ampliado para incluir las necesidades de los clientes, la administración total de la calidad y el mejoramiento continuo. Asimismo, la ASQ se concentró en extender las ideas de la administración de la calidad a las industrias de servicios.

En este capítulo, se subrayará la **definición del proceso**, el **control estadístico de la calidad** y el **mejoramiento continuo**. Anticipamos la noción de que el control de la calidad es la estabilización y el mantenimiento de un proceso para elaborar un producto consistente, lo que implica que el proceso no varía de modo significativo en las características relevantes de la calidad que se controlan. El mejoramiento continuo sólo puede ocurrir después de que el proceso está bajo control y estabilizado.

También, adelantamos la idea de que la organización se integra por muchos procesos interrelacionados que deben estar controlados para producir productos y servicios de calidad. De ello se desprende que el control de la calidad y el mejoramiento continuo son de carácter altamente interfuncional y requieren la participación y el apoyo de toda la compañía. El cuadro de Liderazgo operativo acerca de la implantación del **control estadístico de procesos** (SPC, *statistical process control*) en Milliken & Co. explica cómo se están aplicando estos conceptos en la industria.

9.1 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE LA CALIDAD

Todo control de calidad debe empezar con el proceso mismo; en realidad, un proceso de producción consta de muchos subprocesos y cada uno tiene su propio producto o servicio intermedio. Un proceso puede ser una máquina individual, un grupo de máquinas o cualquiera de los muchos procesos de oficina y administrativos que existen en la organización. Cada uno de ellos posee sus propios **clientes internos** y sus productos o servicios. El cliente es el siguiente proceso (o procesos) que recibe el resultado final del trabajo; por ejemplo: el cliente del departamento de diseño es el taller de maquinados, donde se harán las partes que se diseñaron y el cliente del taller de maquinados es el departamento de ensamblado, el cual usará las partes que se fabriquen en el taller. Cuando un sistema de producción de gran tamaño se divide en muchos sistemas o procesos más pequeños, la calidad puede definirse y controlarse en cada punto a lo largo de toda la secuencia.

Luego de identificar cada uno de los procesos que deben controlarse, pueden elegirse **puntos críticos de control** donde debe ocurrir la inspección o la medición. Deben determinarse los tipos de medición o de pruebas y la cantidad de inspección en cada uno de esos puntos. Por último, la administración debe decidir quién hará la inspección: la fuerza de trabajo misma o un número de inspectores externos. De ordinario, se prefiere la **inspección de un operador** porque establece la responsabilidad sobre aquellos que elaboran el producto o el servicio. Una vez que se han tomado tales decisiones, es posible diseñar un sistema completo de control de calidad que permita un mejoramiento continuo de un sistema estable.

[1] Esta sociedad se llamó American Society for Quality Control (ASQC) hasta 1997, cuando su nombre cambió para reflejar su alcance y su misión de una manera más exacta, más allá del mero control de la calidad.

Liderazgo operativo Implantación del control estadístico de procesos en Milliken & Co.

Milliken & Company es una de las compañías privadas de productos textiles y químicos más grandes del mundo, con oficinas centrales en Spartanburg, Carolina del Sur. Los más de 9 000 miembros de la empresa trabajan en más de 45 instalaciones de manufactura de todo el mundo para producir telas de alta calidad y productos químicos especializados. La corporación ha ganado el Reconocimiento Nacional de Calidad Malcolm Baldrige en Estados Unidos y el European Quality Award en Europa.

La implantación del control estadístico de procesos en Milliken & Co. no se trató como un programa de consultoría interna o como un edicto de la alta administración; cualquiera de ambos es una buena forma de aniquilar el control estadístico de procesos antes de que inicie. Además, la capacitación de los trabajadores en el control estadístico de procesos antes de que tengan la necesidad de usarlo puede producir resultados deficientes. La mejor manera de implantar el control estadístico de procesos es comenzar con un problema real relacionado con el control de un proceso importante. Con este enfoque, los empleados responsables del proceso verán no sólo la necesidad del control estadístico de procesos, sino los resultados provenientes del mejoramiento del proceso; es mejor empezar con el problema en lugar de con la solución.

Christopher Wozniak, un especialista en el mejoramiento del proceso en Milliken & Company, escribió lo siguiente: *Cuando estuve trabajando en mi primer programa de control estadístico de procesos, un superintendente de una planta me dijo: "No se emocione mucho con estas cosas del control estadístico de procesos. Tengo ya quince años de experiencias, y le doy un año al control estadístico de procesos antes de que el siguiente programa salga bien." Él tenía toda la razón. El programa comenzó a hacer agua por todas partes; sin embargo, poco tiempo después, se hizo un compromiso extensivo a toda la organización con el control estadístico de procesos y se desarrolló el sistema adecuado. Desde entonces, el programa del control estadístico de procesos ha prosperado*.

En un ejemplo de Milliken, se usó el control estadístico de procesos luego de que se detectó un proceso fuera de control. Para resolver el problema, varias personas de diferentes departamentos se unieron de modo espontáneo. El líder informal del equipo congregó a todo mundo alrededor del proceso fuera de control explicándoles la importancia del proceso, mostrándoles ejemplos de defectos y definiendo cómo podrían ayudar los miembros del equipo. A medida que procedía el mejoramiento, todo mundo recibía retroalimentación en relación con la manera en la que el proceso estaba mejorando. Como resultado, en un período de seis meses, la capacidad del proceso mejoró de un C_{pk} de 0.15 a un C_{pk} de 0.95.*

*El C_{pk} se explica posteriormente en este capítulo.

Fuente: Christopher Wozniak, "Proactive *vs*. Reactive SPC", *Quality Progress*, febrero de 1994 y el sitio web de la compañía en 2009: www.milliken.com.

1. El primer paso en el diseño de un sistema de control de calidad radica en identificar los puntos vitales de cada uno de los procesos que necesitan inspección y pruebas. Los lineamientos para la realización de dicha tarea son los siguientes:
   - Asegurarse de que las materias primas entrantes o los servicios adquiridos satisfagan las especificaciones. Idealmente, la inspección de entrada puede eliminarse mediante la **certificación del proveedor**. Por lo común, se concede una certificación a aquellos proveedores que han demostrado que aplican el control del proceso estadístico y otros métodos para conseguir un desempeño consistente en calidad; en este caso, el cliente puede emplear directamente los productos o servicios del proveedor sin una inspección de entrada.
   - Probar la producción en proceso o el servicio mientras se está entregando. Como regla general, el producto o servicio debe inspeccionarse por los operadores antes de que puedan ocurrir operaciones irreversibles o antes de que se añada una gran cantidad de valor al producto; en esos casos, el costo de la inspección es inferior al de añadir más valor al producto. A partir del diagrama de flujo del proceso, debe hacerse una determinación precisa de los puntos en los que el producto debe inspeccionarse.
   - El tercer aspecto vital de inspección es el producto o servicio terminado. Con frecuencia, en la manufactura, los productos finales se inspeccionan o se prueban antes de embarcarse o de que el producto se incluya en el inventario; por ejemplo: en una planta de ensamblado de automóviles, se toma una muestra de automóviles

directamente de la línea de ensamble y se inspecciona totalmente en cuanto a su apariencia y sus funciones. Se toma nota de los defectos y se da retroalimentación al personal de la línea de ensamble de modo que puedan corregir las causas raíz. Asimismo, los defectos se usan para calcular un puntaje de calidad con propósitos de comparación entre plantas de ensamble.

Por lo general, es preferible *prevenir la ocurrencia* de los defectos que inspeccionarlos y corregirlos después de la producción; sin embargo, se necesita alguna medición a través de una inspección de muestreo para mantener los procesos en un estado continuo de control y para facilitar el mejoramiento; por lo tanto, la inspección (o medición) no puede eliminarse, pero puede reducirse por medio de un vigoroso proceso de prevención.

2. El segundo paso en el diseño de un sistema de control de calidad es decidir el tipo de medición que deberá utilizarse en cada punto de inspección. A menudo, hay dos opciones: la medición basada en variables y la basada en atributos. La **medición de variables** recurre a una escala continua para factores como la longitud, la altura y el peso. Los ejemplos de una medición de variables son las dimensiones de las partes, la viscosidad de los líquidos y el tiempo que debe esperarse en las mesas de un restaurante.

   La **medición de atributos** usa una escala discreta mediante el conteo del número de artículos defectuosos o el número de defectos por unidad. Cuando las especificaciones de la calidad son complejas, de ordinario debe aplicarse una medición de atributos. En este caso, puede emplearse un complicado conjunto de criterios para definir una unidad defectuosa o un defecto; por ejemplo, un aparato de televisión puede clasificarse como defectuoso si cualquiera de un cierto número de pruebas funcionales falla o si la apariencia del gabinete no es satisfactoria. En la inspección de ropa, un defecto puede definirse como una alteración en el material y, durante la inspección, puede contarse el número de defectos por cada 100 metros. La determinación del tipo de medición que deberá usarse involucra la especificación del equipo de medición. Se dispone de una amplia variedad de mecanismos para la misma; no obstante, la selección de estos dispositivos va más allá del alcance de este texto.
3. El tercer paso al definir el sistema de control de calidad consiste en decidir acerca de la cantidad de inspección que deberá aplicarse. Por lo regular, se prefiere el control del proceso estadístico para minimizar la cantidad de inspección necesaria; las excepciones a ello podrían ser cuando las variables del proceso son difíciles de definir o cuando las consecuencias de una falla son muy altas; por ejemplo: cuando hay vidas humanas que corren peligro, puede recurrirse tanto al control del proceso como a pruebas de producción al ciento por ciento.
4. El paso final del diseño de un sistema de control de calidad consiste en decidir quién debería hacer la inspección. En general, es mejor que los trabajadores inspeccionen su propia producción y sean responsables de la calidad de su trabajo (algunas veces denominada calidad desde el origen). Hay una gran cantidad de evidencias para sugerir que un programa de prevención, junto con la responsabilidad del trabajador por la calidad, será menos costoso que un extenso programa de inspección externa. En los servicios de alto contacto, no hay más alternativa que tener la calidad desde el origen, pues el cliente percibe de inmediato los defectos.

   En algunos casos, el cliente está involucrado en la inspección del producto. Los clientes de servicios siempre asumen este papel a medida que reciben el servicio; algunos de ellos destinan inspectores a las plantas de los proveedores para que examinen y acepten o rechacen los embarques antes de que se les envíen. El gobierno de Estados Unidos tiene inspectores en una variedad de industrias para certificar la calidad en el interés de la salud pública y la seguridad. De este modo, en el proceso de inspección, pueden involucrarse muchas personas.

Un sistema de control de calidad bien diseñado requiere de una serie de juicios administrativos y de la participación de todas las funciones. En sí mismos, los principios de control son elementales, demandan estándares de desempeño, de mediciones y de retroalimentación de los resultados para corregir el proceso. La aplicación de estos

principios en cualquier situación específica es compleja; el principio orientador es controlar primero el sistema y, a continuación, fijar como meta un mejoramiento continuo del sistema estable resultante.

9.2 CONTROL DE LA CALIDAD DEL PROCESO

El **control estadístico del proceso** utiliza la inspección (o pruebas) del producto o servicio mientras se produce; se toman muestras periódicas del resultado final de un proceso de producción. Cuando, después de la inspección de la muestra, existe una razón para pensar que las características de la calidad del proceso han cambiado, éste se detiene y se efectúa la búsqueda de una **causa asignable**, la cual podría ser un cambio en el operador, en la máquina o en el material. Cuando la causa se encuentra y se corrige, el proceso comienza de nuevo.

El control del proceso se basa en dos supuestos básicos, uno de ellos es que la variabilidad aleatoria es inherente a cualquier proceso de producción. Aun si el diseño del proceso llegó al nivel de la perfección, habrá algo de variabilidad aleatoria, también denominada causas comunes, en las características de calidad entre una unidad y la siguiente; por ejemplo, una máquina cuya función sea llenar cajas de cereal no depositará exactamente el mismo peso en cada caja ya que la cantidad a llenar variará en torno de alguna cifra promedio. La meta de control del proceso es encontrar el ámbito de la variación natural aleatoria del proceso y asegurar que la producción permanezca en él.

El segundo principio del control del proceso afirma que, por lo regular, los procesos de producción no se hallan en un estado de control. Debido a la existencia de procedimientos descuidados, a operadores no capacitados y a un mantenimiento inadecuado de las máquinas, entre otros aspectos, la variación que se produce es, de ordinario, mucho más grande de lo necesario. La primera función de los administradores del control del proceso es determinar esas fuentes de variación innecesaria, también conocidas como causas especiales, y poner el proceso bajo control estadístico, de modo que la variación restante se deba a causas aleatorias.

Los procedimientos administrativos de contabilidad, recursos humanos, ventas, mercadotecnia y finanzas, en la mayoría de las organizaciones, tampoco están, a menudo, bajo un control estadístico; sin embargo, dichos procedimientos pueden controlarse. Los mismos principios que se aplican al control de la producción también se usan para controlar los procedimientos administrativos.

Un proceso puede llevarse a un **estado de control** y mantenerse en él con el uso de gráficas de control de calidad (también llamadas gráficas de procesos o gráficas de control). En la gráfica de control que se ilustra en la figura 9.1, el eje y representa la característica de calidad que se controla y el de x, el tiempo o una muestra particular tomada del proceso. La **línea central** de la gráfica es la característica promedio de calidad que se mide. El **límite superior del control** constituye la variación aleatoria máxima aceptable y, el **límite inferior del control**, la variación aleatoria mínima aceptable cuando existe un estado de control. Por lo común, tanto el límite superior como el inferior de control se establecen a ± tres desviaciones estándar de la media. Si se supone una distribución normal de probabilidad, estos límites de control incluirán 99.74% de las variaciones aleatorias observadas.

Al lado derecho de la figura 9.1, se presenta una distribución normal de probabilidad; indica que la media (promedio) de la distribución se localiza en la línea del centro de la gráfica de control y que las colas de la distribución se ubican fuera de los límites de control sólo en una pequeña cantidad; por lo tanto, 99.74% de las observaciones de la muestra que se toman y se representan en la gráfica de la figura 9.1 caerán dentro de los límites de control siempre y cuando el proceso todavía esté bajo control. Cuando la media del proceso cambia hacia arriba o hacia abajo, es más probable que los puntos muestrales caigan fuera de los límites de control y que, por lo tanto, indiquen una causa asignable que necesite una corrección.

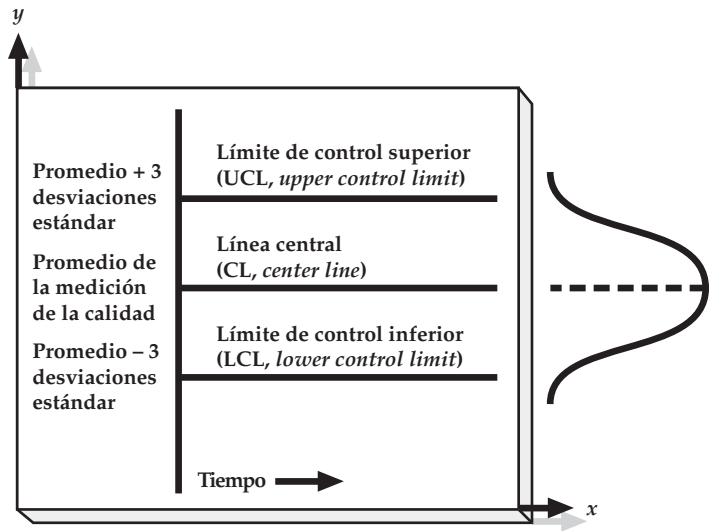


FIGURA 9.1
Gráfica de control de calidad.

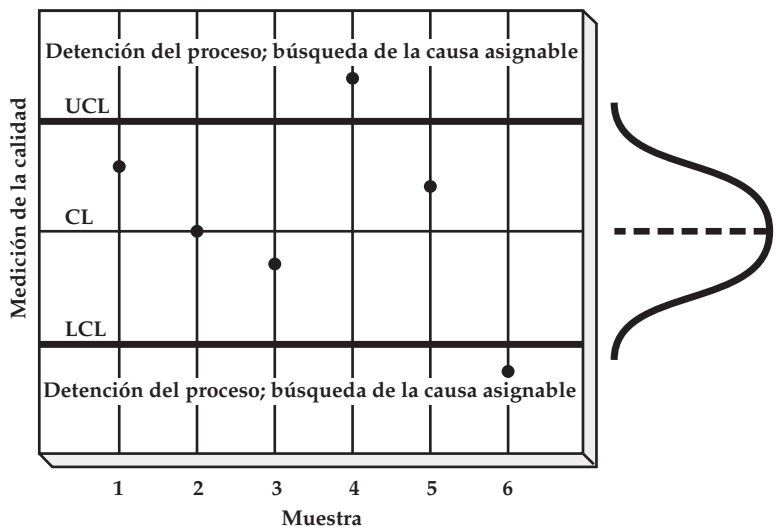


FIGURA 9.2
Ejemplo de una gráfica de control de la calidad.

Después de que un proceso ha sido llevado a una operación de estado estable, se toman muestras periódicas y se agregan en la gráfica de control (observe figura 9.2). Cuando la medición cae dentro de los límites de control, el proceso continúa; pero si cae fuera de éstos, el proceso se detiene y se hace una búsqueda de una causa asignable.[2] Las causas asignables también se conocen como **causas especiales**, aquellas que ocasionan que los puntos caigan fuera de los límites de control y que se pueden corregir para volver a llevar el proceso nuevamente a un estado de control. En contraste, las **causas comunes** de la variación son las que ocurren de manera aleatoria cuando el proceso está bajo control estadístico y no pueden modificarse a no ser que vuelva a diseñarse el proceso. A través del uso de gráficas de control, el proceso se mantiene en un estado constante de control estadístico y sólo existe una variación natural aleatoria (causas comunes) en el resultado final del proceso.

La calidad puede evaluarse en gráficas de control mediante atributos o variables. A continuación explicaremos cada uno de estos casos.

[2] Otra indicación de un cambio posible del proceso, pero fuera del alcance de esta discusión, es una tendencia en los puntos representados en la gráfica de control que revela un posible cambio descendente o ascendente en el promedio del proceso.

9.3 CONTROL DE ATRIBUTOS

El control de atributos ocurre cuando la característica de la calidad se mide en una escala discreta (por ejemplo: un artículo es bueno o defectuoso) en lugar de en una escala continua. En esta sección, consideramos el porcentaje de defectos que ocurren en una muestra como el atributo medido. Algunos ejemplos de medidas de atributos son el porcentaje de llamadas telefónicas no contestadas dentro de tres toques del teléfono, el porcentaje de clientes insatisfechos y los porcentajes de partes defectuosas de un proveedor. El porcentaje defectuoso se estima tomando una muestra de n unidades al azar de un proceso a intervalos especificados. Para cada muestra, se calcula el porcentaje defectuoso observado (p) en la muestra. Estos valores observados de p se alimentan en la gráfica de control de p, uno para cada muestra.

Para obtener la línea del centro y los límites de control de la gráfica de control de p, se toma un número amplio de muestras de n unidades cada una. Se calcula el valor de p para cada muestra y, posteriormente, se promedia sobre todas las muestras para producir un valor de $\bar{p}$; éste se usará como la línea del centro, ya que representa la mejor estimación disponible del verdadero promedio porcentual defectuoso del proceso. Asimismo, se emplea el valor de $\bar{p}$ para calcular los límites de control superiores e inferiores como sigue:

$$\text{UCL} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\text{LCL} = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

En este caso, la desviación estándar del proceso es la cantidad bajo el signo de la raíz cuadrada. Estamos añadiendo y sustrayendo tres desviaciones estándar respecto de la media para obtener los límites de control. En la siguiente página, se proporciona un ejemplo de este cálculo para el control de las operaciones de ingreso de datos a una computadora.

Luego de que se construye la gráfica de control de p con su línea del centro y los límites de control superiores e inferiores, se toman y se presentan en la gráfica las muestras del proceso que se controlan. Si el porcentaje de la muestra cae dentro de los límites de control, no se toma ninguna acción; si el porcentaje de la muestra cae fuera de los límites de control, el proceso se detiene y se busca una causa asignable (material, operador o máquina). Una vez que se detecta y se corrige la causa asignable, o, en casos muy raros, si no se encuentra una causa asignable, el proceso se restaura a la condición operativa y se reanuda la producción o el servicio.

9.4 CONTROL DE VARIABLES

Las gráficas de control también se usan para las mediciones de variables. En este caso, se hace una medición de una variable continua cuando se inspecciona cada artículo. Como resultado de ello, se calculan dos valores a partir de la muestra: una medida de tendencia central (de ordinario un promedio) y una medida de la variabilidad (ya sea amplitud del rango o desviación estándar). Con estos valores, se desarrollan dos gráficas de control: una para la tendencia central y otra para la variabilidad del proceso. Cuando se halla que el proceso está fuera de control en cualquiera de tales gráficas, se detiene y se busca una causa asignable.

Cuando se utiliza la medición de una variable, se requieren dos gráficas de control porque se supone una distribución normal y tiene dos parámetros (media y varianza). Puede haber cambios tanto en la media de la distribución como en la varianza (o amplitud del rango). Como resultado de ello, debe supervisarse el promedio de un proceso y la amplitud de rango para propósitos de control.

Ejemplo de control por atributos

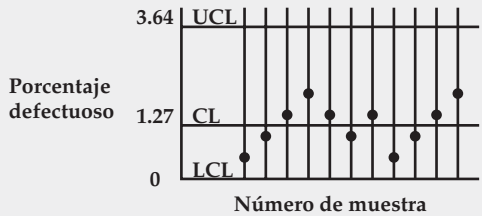
Ejemplo de gráfica de control de atributos

Suponga que se toman muestras de 200 registros de una operación de captura de datos a intervalos de dos horas para controlar el proceso de ingreso de datos. El porcentaje de registros equivocados en las 11 muestras anteriores resulta ser de .5, 1.0, 1.5, 2.0, 1.5, 1.0, 1.5, .5, 1.0, 1.5, y 2.0%. El promedio de estos 11 porcentajes muestrales es de $\bar{p} = 1.27$ que es la línea del centro de la gráfica de control. El límite superior y el límite inferior son de:

$$\text{UCL} = .0127 + 3\sqrt{\frac{.0127(.9873)}{200}} = .0364$$

$$\text{LCL} = .0127 - 3\sqrt{\frac{.0127(.9873)}{200}} = -.0110$$

Cuando el límite de control inferior es negativo, se redondea a 0 porque un porcentaje negativo es imposible; por lo tanto, se tiene la siguiente gráfica:



Ya que se ha descubierto que todos los puntos de la muestra están bajo control, pueden usarse estas 11 muestras para establecer la línea del centro y los límites de control.

Suponga que, cada vez que se toma una muestra, se calcula el promedio ($\bar{x}$) y la amplitud de rango (R). Posteriormente, se usa una gráfica de control para el promedio y otra para la amplitud de rango. Los límites de control de la gráfica del promedio se calculan del siguiente modo:

$$\text{CL} = \bar{\bar{x}}$$
$$\text{UCL} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$$
$$\text{LCL} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$$

donde $\bar{\bar{x}}$ es el gran promedio de varios promedios anteriores de $\bar{x}$ y $\bar{R}$ es el promedio de varios valores anteriores de R. Recuerde que la amplitud del rango (R) es, simplemente, el valor más grande menos el valor más pequeño de una muestra. En las fórmulas anteriores, A_2 es una constante que incluye tres desviaciones estándar en términos de la amplitud del

TABLA 9.1
Constantes de la gráfica de control

Fuente: Factores reproducidos a partir de 1950 *ASTM Manual on Quality Control of Materials* con permiso de la American Society for Testing and Materials, Filadelfia.

Tamaño de la muestra n	A_2	D_3	D_4
2	1.880		3.267
3	1.023	0	2.575
4	0.729	0	2.282
5	.577	0	2.115
6	.483	0	2.004
7	.419	.076	1.924
8	.373	.136	1.864
9	.337	.184	1.816
10	.308	.223	1.777
12	.266	.284	1.716
14	.235	.329	1.671
16	.212	.364	1.636
18	.194	.392	1.608
20	.180	.414	1.586
22	.167	.434	1.566
24	.157	.452	1.548

rango. La tabla 9.1 proporciona valores de A_2 para diversos tamaños muestrales de la distribución normal. Los límites de control de la gráfica de amplitud del rango se calculan así:

$$\text{CL} = \overline{R}$$
$$\text{UCL} = D_4\overline{R}$$
$$\text{LCL} = D_3\overline{R}$$

Las constantes D_3 y D_4 ofrecen tres desviaciones estándar para la amplitud del rango. Los valores de estas constantes también se señalan en el cuadro 9.1. El propósito de estas constantes es ayudar a calcular los límites de control superiores e inferiores como una función del tamaño de la muestra. En la tabla 9.1, puede usarse una muestra de un tamaño determinado para buscar los valores apropiados de A_2, D_3, y D_4 en términos de las gráficas de promedio y de amplitud de rango. El ejemplo de la gráfica de control de variables ilustra cómo calcular los límites de control y cómo establecer si una muestra está bajo control.

9.5 USO DE GRÁFICAS DE CONTROL

Existen múltiples aspectos de interés en el uso de las gráficas de control. Primero: debe enfrentarse el problema del tamaño de la muestra. Para una gráfica de control de atributos, las muestras deben ser lo bastante grandes, con frecuencia dentro del ámbito de 50 a 300 observaciones. Como regla general, la muestra debe ser por lo menos lo suficientemente grande como para permitir la detección de una unidad defectuosa; por ejemplo: si el proceso que se está controlando produce 1% de unidades defectuosas, debe emplearse un tamaño de muestra de por lo menos 100 para detectar una unidad defectuosa en promedio. Las gráficas de control para variables requieren de tamaños de muestras mucho más pequeños, casi siempre dentro del ámbito de tres a diez elementos, ya que la medición de cada variable aporta mucho más información.

El segundo aspecto alude a la frecuencia con la que debe tomarse la muestra. A menudo, esta decisión se toma con base en la tasa de producción y en el costo de producción de los defectos en relación con el costo de inspección. Un proceso de producción de alto volumen debería sujetarse a muestras frecuentes, ya que podría producirse un gran número de unidades defectuosas entre ellas. Cuando el costo de producción de unidades defectuosas es alto relacionadas al costo de la inspección, el proceso también debe sujetarse a muestras

Ejemplo de gráficas de control de variables

Ejemplo de control por variables

A la empresa Midwest Bolt le gustaría controlar la calidad de los pernos producidos por sus tornos de roscas automáticos. Cada máquina genera 100 pernos por hora y es controlada por una gráfica de control separada. Cada hora, se selecciona una muestra aleatoria de seis pernos a partir de la producción de la máquina y se mide el diámetro de cada muestra. De cada seis diámetros, se calcula un promedio y una amplitud del rango; por ejemplo: una muestra produjo las seis siguientes mediciones: .536, .507, .530, .525, .530 y .520. El promedio de éstas es $\bar{x} = .525$, y la amplitud del rango es $\overline{R} = .029$. También, se sabe que el promedio total de todas las muestras anteriores ha sido de $\bar{\bar{x}} = .513$ y que el rango del promedio total es de $\overline{R} = .020$. De estos grandes promedios, se calculan los parámetros de la gráfica de control de la siguiente manera (consulte la tabla 9.1 donde se presentan las constantes de la gráfica de control con $n = 6$).

Gráfica $\overline{X}$	Gráfica R
CL = .513	CL = .020
UCL = .513 + .483(.020) = .523	UCL = 2.004(.020) = .040
LCL = .513 − .483(.020) = .503	LCL = 0(.020) = 0

Con base en estos límites de control, se halla que la muestra de seis pernos está fuera de control en las mediciones promedio y que está bajo control en cuanto a la amplitud del rango. (Nota: $\bar{x} = .525$ está fuera del límite de control superior sobre la gráfica de las $\bar{x}$); por lo tanto, deberíamos detener el proceso y buscar una causa asignable que tendería a fabricar pernos que poseen un diámetro demasiado grande.

frecuentes. Un ejemplo de una situación costosa es aquella en la cual la totalidad de la producción final debe verificarse cuando se detecta que el proceso está fuera de control. En estos casos, deben tomarse muestras en forma frecuente, siempre y cuando el costo del muestreo no sea demasiado alto. ¿Cuál es el costo del muestreo aplicable a procesos contables, registros de personal o procesos que reciben órdenes de ventas? Estos costos pueden ser más bien altos y pueden justificar un control estadístico a través de un muestreo poco frecuente.

Otro aspecto de importancia en el uso de gráficas de control es la relación de las especificaciones del producto con los límites de control. Si el proceso está bajo control, pero hay demasiadas unidades fuera de las especificaciones, de acuerdo con los criterios de la administración, entonces el proceso no es capaz de satisfacer las especificaciones del producto; en ese caso, las especificaciones deben moderarse, debe usarse un mejor proceso o debe instituirse temporalmente una inspección al 100% para descartar los artículos defectuosos hasta que pueda modificarse el proceso o las especificaciones. Las gráficas de control ilustran con toda claridad la necesidad de acoplar las especificaciones del producto con las características del proceso. En la práctica, un producto puede estar sujeto a un exceso de especificaciones y, entonces, aparentemente, tendrá una calidad de conformidad deficiente cuando el proceso, en sí mismo, es inadecuado.

Las gráficas de control se emplean ampliamente en la industria tanto para manufactura como para servicios. En el caso de compañías manufactureras, por lo común, se localizan en cada máquina para controlar la producción de calidad de esa máquina. Las mediciones de calidad se toman en forma periódica y se presentan en la gráfica para asegurar que la máquina todavía esté produciendo en sus tolerancias requeridas y que el promedio y la amplitud del rango no hayan cambiado.

En las industrias de servicios, las gráficas de control se utilizan para controlar el tiempo o el porcentaje de defectos resultantes de distintos procesos; por ejemplo: el tiempo que se necesita para contestar un teléfono, el que se requiere para atender a un cliente o el que se demanda para hacer efectiva una cuenta por cobrar. Asimismo, las industrias de servicios usan gráficas de control para supervisar y controlar el porcentaje de clientes insatisfechos o el de pagos extemporáneos, por ejemplo.

9.6 CAPACIDAD DEL PROCESO

Una vez que un proceso se ha puesto bajo control estadístico, puede evaluarse su **capacidad** la cual es, simplemente, su habilidad para satisfacer o superar las especificaciones técnicas de un proceso. Es importante conocer la capacidad del proceso, pues no es prudente emplear uno que inherentemente no sea capaz de satisfacer las especificaciones que se hayan definido ya que se provocarán demasiados defectos.

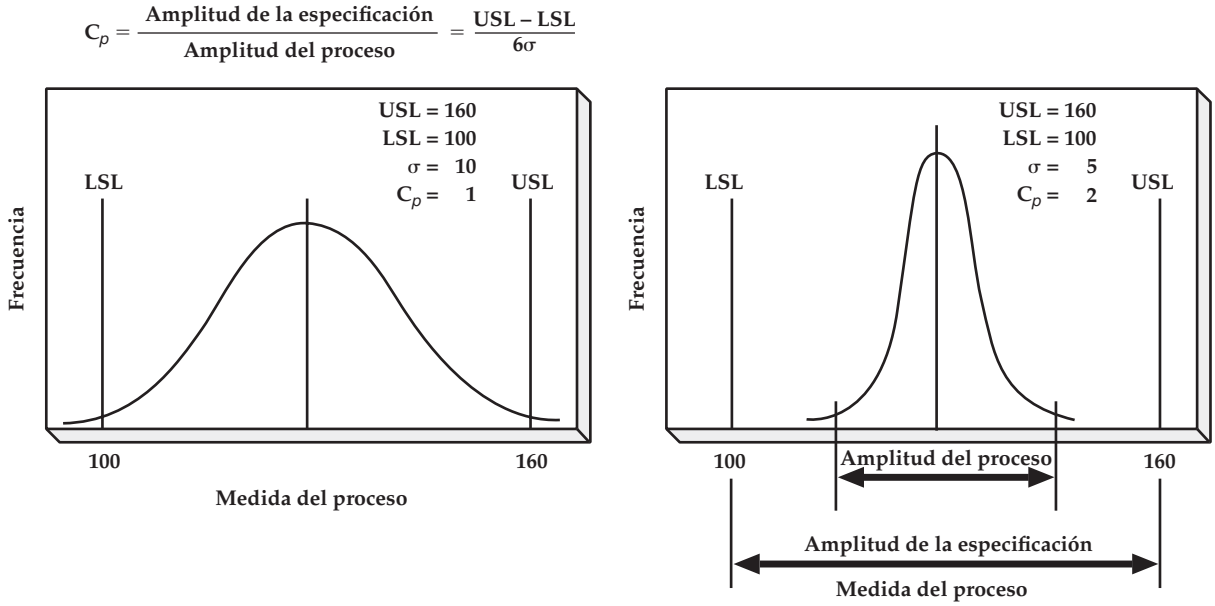
La capacidad de un proceso puede determinarse a través del *índice de capacidad del proceso* C_p, la razón de la amplitud de la especificación (spec) a la del proceso:

$$C_p = \frac{\text{Amplitud de la especificación}}{\text{Amplitud del proceso}}$$

Si el proceso se centra dentro de la amplitud de rango de la especificación, como se ilustra en la figura 9.3, $C_p \geq 1$, será un buen indicador de la habilidad del proceso para satisfacer sus especificaciones, puesto que la amplitud del proceso estará dentro de la de la especificación.

En la práctica, la amplitud de la especificación se calcula como la diferencia entre el límite superior de la especificación (USL, *upper specification limit*) y el límite inferior de la especificación (LSL, *lower specification limit*). La amplitud del proceso se calcula utilizando seis desviaciones estándar de la medición del proceso que se supervisa (6σ). La desviación estándar (σ) se refiere a los artículos individuales que se están produciendo y no a la desviación estándar de las muestras que se tomaron de la gráfica de control. La lógica para 6σ es que la mayor parte de la variación de la medición de un proceso se incluye dentro

FIGURA 9.3 Ejemplos del índice de capacidad del proceso.



de ±3 desviaciones estándar de la media o un total de seis desviaciones estándar; por lo tanto, se tiene:

$$C_p = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6\sigma}$$

Si el proceso se centra dentro de la amplitud de rango de la especificación y $C_p = 1$, se considera que tiene una mínima capacidad para satisfacer las especificaciones. Un proceso con $C_p < 1$ debe mejorarse mediante la reducción de la desviación estándar o incrementando la amplitud de la especificación, en caso de ser posible, para que se convierta en un proceso adecuado.

Para la distribución normal, si $C_p = 1$ y el proceso se centra dentro de las especificaciones y está bajo control estadístico, 99.74% del producto elaborado estará dentro de las especificaciones, correspondiendo a 2 600 partes defectuosas por millón (ppm, *parts per million*).[3] La cifra de 99.74% puede obtenerse con el uso de las tablas de la distribución normal de probabilidad del apéndice A. Si $C_p = 1.33$, entonces 99.994% del producto se encontrará dentro de las especificaciones, lo que corresponderá a 60 partes por millón defectuosas. Así, un ligero incremento en el C_p ocasiona un descenso espectacular en las tasas de defectos del proceso. Con frecuencia, los clientes especifican valores de C_p desde 1 hasta 1.5 o incluso tan altos como 2.0, dependiendo de sus requisitos particulares de calidad. La tabla 9.2 muestra la razón por la cual, en algunos casos, pueden requerirse procesos con capacidad muy alta y tasas de defectos extremadamente bajas.

TABLA 9.2
Cuando 99.9% de calidad no es suficiente

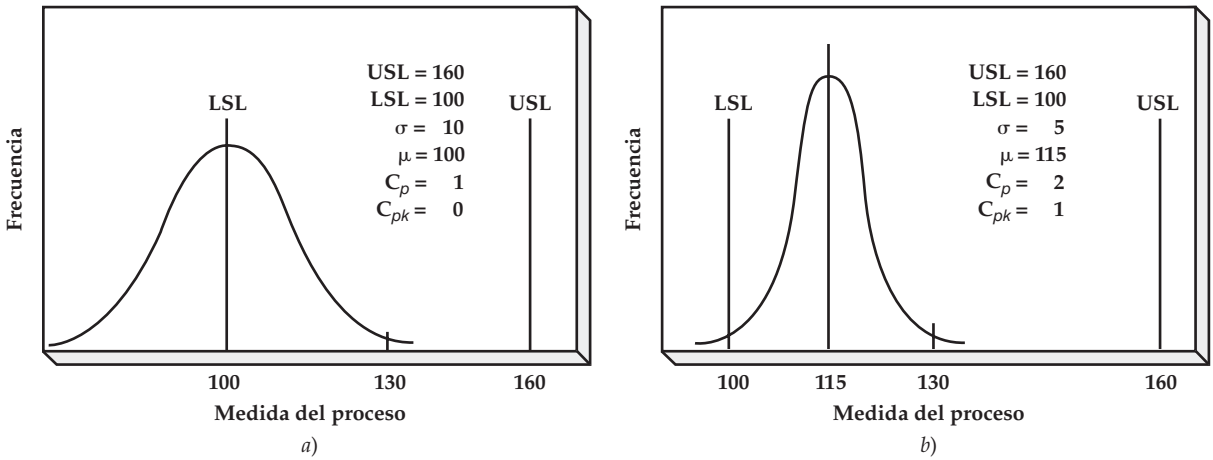
Fuente: Natalie Cabel, "Is 99.9% Good Enough?" *Training Magazine*, marzo de 1991, pp. 40-41.

Si un estándar de calidad del 99.9% estuviera en vigor, lo siguiente podría suceder:

- Cada año se perderían 2 millones de documentos en el fisco estadounidense.
- Todos los días se deducirían 22 000 cheques de una cuenta bancaria equivocada.
- Todos los días se encauzarían incorrectamente 1 314 llamadas telefónicas.
- Cada día se entregarían 12 bebés a padres equivocados.
- Diariamente dos aterrizajes de aviones en el aeropuerto O'Hare serían inseguros.

[3] Observe que 99.74% de productos buenos corresponde a (100 − 99.74) = .26% de productos malos. El .26% puede convertirse a 2 600 partes por millón multiplicando .0026 por 1 000 000.

FIGURA 9.4 Cálculo de C_{pk}.



Un problema con la medida del C_p es que requiere que el proceso se centre dentro del ámbito de la especificación de una medida exacta de la capacidad del proceso. Debido a este problema, se ha diseñado otra medida (C_{pk}) que se aplica más ampliamente:

$$C_{pk} = \text{Mín}\left(\frac{\text{USL} - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - \text{LSL}}{3\sigma}\right)$$

donde μ = el valor medio del proceso y σ = la desviación estándar del proceso.

Esta medida más complicada de la capacidad del proceso supera el problema de la medida de tendencia central calculando la capacidad del proceso para cada mitad de la distribución normal y tomando, después, el mínimo de los dos cálculos. El resultado se presenta en la figura 9.4*a*), donde el valor de $C_{pk} = 0$, mientras que $C_p = 1$. Esta figura ilustra que el uso del índice C_p cuando el proceso no está centrado proporciona una respuesta incorrecta, porque el proceso no es totalmente capaz de satisfacer las especificaciones, mientras que C_{pk} brinda la respuesta correcta con $C_{pk} = 0$. En la figura 9.4*b*) se da un ejemplo adicional, donde $C_{pk} = 1$, aun cuando la distribución no está centrada. En este caso, el proceso es capaz de satisfacer las especificaciones, pero podría mejorarse modificando la media a un punto más cercano al centro de la amplitud de rango de la especificación. Ya que C_{pk} representa de una manera más exacta la capacidad real del proceso, es la medida que se emplea más a menudo en la industria.

9.7 MEJORAMIENTO CONTINUO

Si la capacidad del proceso no es adecuada para satisfacer las necesidades actuales o futuras, puede emprenderse un mejoramiento continuo. No todos los procesos deben mejorarse. Aquellos que tienen una importancia estratégica y una capacidad baja de proceso deben ser los que se seleccionen primero para propósitos de mejoramiento.

Las **siete herramientas de control de la calidad** se muestran en la figura 9.5.[4] Éstas, que fueron descritas por primera vez por los japoneses, las utilizan pequeños equipos de trabajadores junto con administradores e ingenieros para controlar y mejorar los procesos. La tabla 9.3 resume el propósito de cada una de ellas en la identificación y en la solución de los problemas asociados con el mejoramiento del proceso.

[4] También, existen siete nuevas herramientas acerca de la calidad las cuales se describen en Mizuno (1988). Estas siete herramientas adicionales son más convenientes para la identificación de un problema que para la solución del mismo.

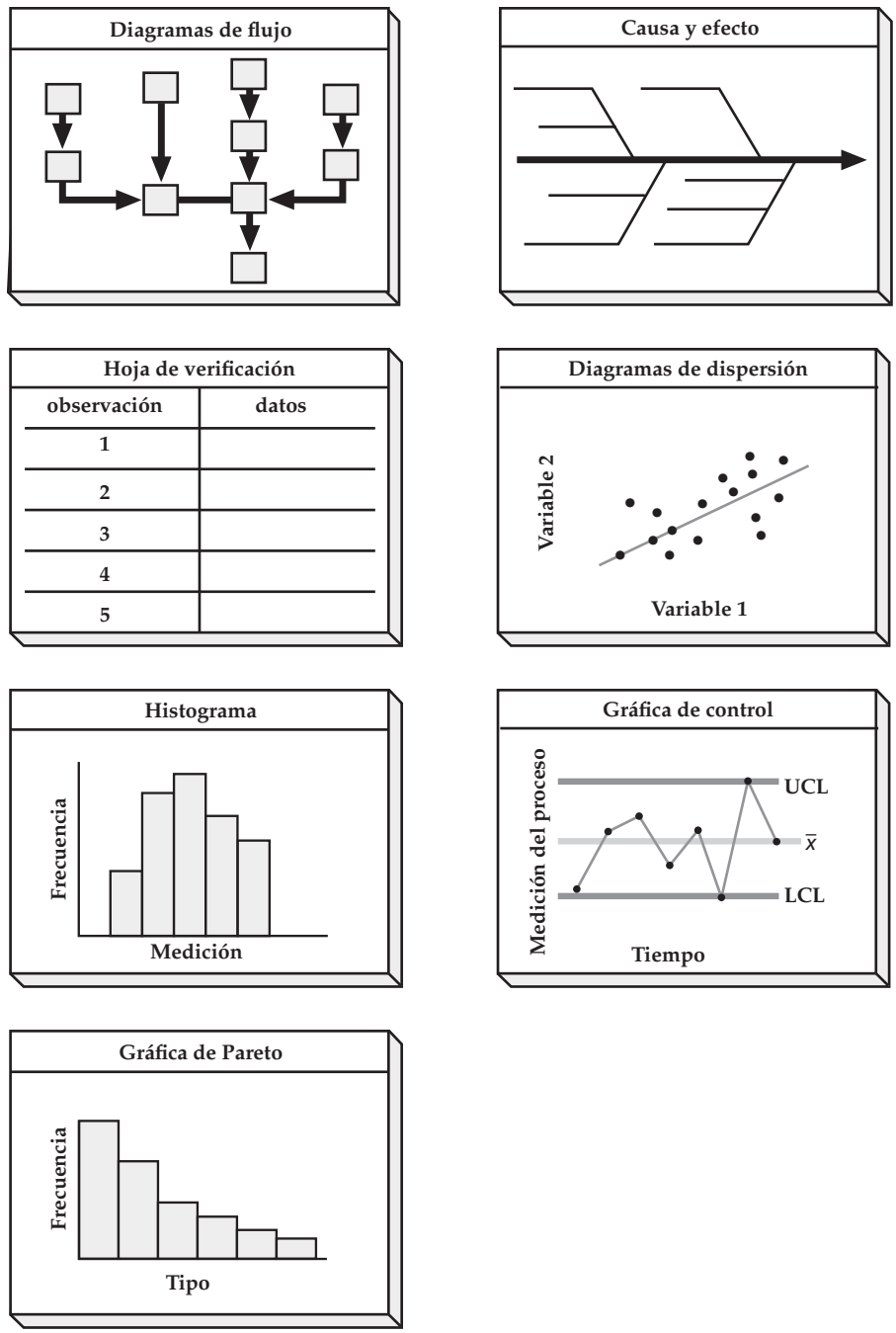


FIGURA 9.5
Las siete herramientas de control de calidad.

Fuente: Gitlow *et al., Tools and Methods for Quality Improvement*, 2a. ed. (Burr Ridge, IL: Irwin, 1994).

TABLA 9.3
Propósito de las siete herramientas de control de la calidad

Herramienta	Propósito
Diagramas de flujo	Entender el proceso e identificar las posibles áreas problemáticas
Hojas de verificación	Tabular datos sobre un área problemática
Histogramas	Ilustrar la frecuencia de ocurrencia de las medidas
Diagramas de Pareto	Identificar los problemas más importantes
Diagramas de causa y efecto	Mostrar las posibles causas del problema
Diagramas de dispersión	Investigar las causas y los efectos
Gráficas de control	Mantener las ganancias provenientes del mejoramiento del proceso

El proceso de mejoramiento empieza con el diagrama de flujo, que se expuso en el capítulo 6. Los **diagramas de flujo** describen las relaciones del proceso y revelan cualesquiera desperdicios y pasos innecesarios que puedan eliminarse. Un diagrama de flujo también identifica los posibles problemas que deban investigarse a través de recopilaciones y análisis de datos adicionales.

La recopilación de los datos del proceso se hace por medio de un formato tabular conocido como hojas de verificación; por ejemplo: una **hoja de verificación** podría contener mediciones vitales de un proceso tomadas a intervalos periódicos durante el día y tabuladas por el momento en el que se tomaron.

El siguiente paso en el mejoramiento del proceso y en la solución de problemas reside en mostrar los datos en términos de histogramas. Un **histograma** es un conteo de frecuencia que utiliza datos provenientes de la hoja de verificación para mostrar el perfil y darle forma a la distribución de los datos; puede indicar que algunos puntos de datos son valores atípicos o puede haber formas extrañas para la distribución que señalen un sesgo o posiblemente más de un modo o pico en la distribución.

Puede construirse un **diagrama de Pareto** para mostrar los problemas más importantes. En 1906, Vilfredro Pareto observó que, en cualquier población, unos cuantos elementos constituyen un porcentaje significativo de la totalidad del grupo —pocos elementos, pero esenciales—. Los datos deben tabularse para identificar los modos de fallas que ocurren con mayor frecuencia; como resultado, pueden atacarse primero los problemas más relevantes.

La tabla 9.4 provee un conteo de las posibles razones para las fugas hidráulicas que se han detectado al ensamblar cargadores frontales de tractores en una fábrica; como se observa, la razón más común de una fuga (defecto) es una conexión floja, seguida por conectores rotos y así sucesivamente. Dichos datos se transfieren al diagrama de Pareto que se ilustra en la figura 9.6. Debido a que grafica las razones de las fugas en orden de ocurrencia decreciente, el diagrama de Pareto revela con claridad la trascendencia de los diversos tipos de defectos que se han encontrado. De acuerdo con la ley de Pareto, un número reducido de los modos de fallas dan cuenta de la mayoría de los defectos.

El diagrama de Pareto registra qué defectos deberíamos tratar de eliminar primero. Con base en la figura 9.6, observamos que primero deberíamos investigar las conexiones flojas porque ocurren con mayor frecuencia; desde luego, los conectores rotos son una segunda situación cercana y también deberían investigarse, en especial si esos conectores rotos son más fáciles o menos costosos de corregir que las conexiones flojas. El análisis de Pareto es muy útil cuando se estudia por primera vez un problema de calidad porque ayuda a dividir el problema en piezas más pequeñas. Se ha definido que las fugas hidráulicas principalmente se deben a conectores flojos o a conectores rotos (78.6% de las fallas en forma combinada).

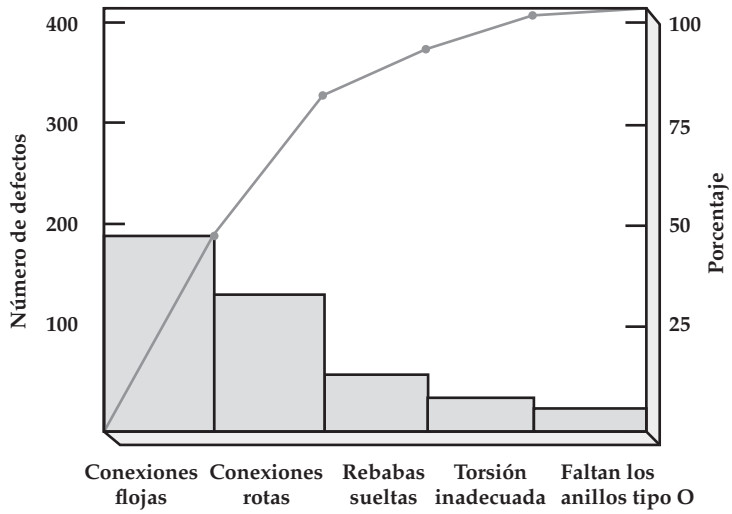
El siguiente paso del análisis es tomar uno de estos modos de fallas, por ejemplo, las conexiones flojas, y generar ideas para las causas de la falla. Ello se hace usando el diagrama de causa y efecto, también conocido como diagrama Ishikawa, en honor al doctor Kaoru Ishikawa (1986), quien empleó estos diagramas en Japón por primera vez.

En la figura 9.7 se presenta un **diagrama de causa y efecto** para las conexiones flojas. El problema, en sí mismo, o el efecto, se muestra del lado derecho del diagrama. Las diversas

TABLA 9.4
Defectos hidráulicos de los cargadores frontales

Número inspeccionado (*N*) = 2 347		
Aspectos defectuosos	**Número de defectos**	**Porcentaje defectuoso**
Faltan los anillos tipo O	16	3.9%
Torsión inadecuada	25	6.1
Conexiones flojas	193	46.8
Rebabas sueltas	47	11.4
Conexiones rotas	131	31.8
Total	412	100.0%

FIGURA 9.6
Diagrama de Pareto.

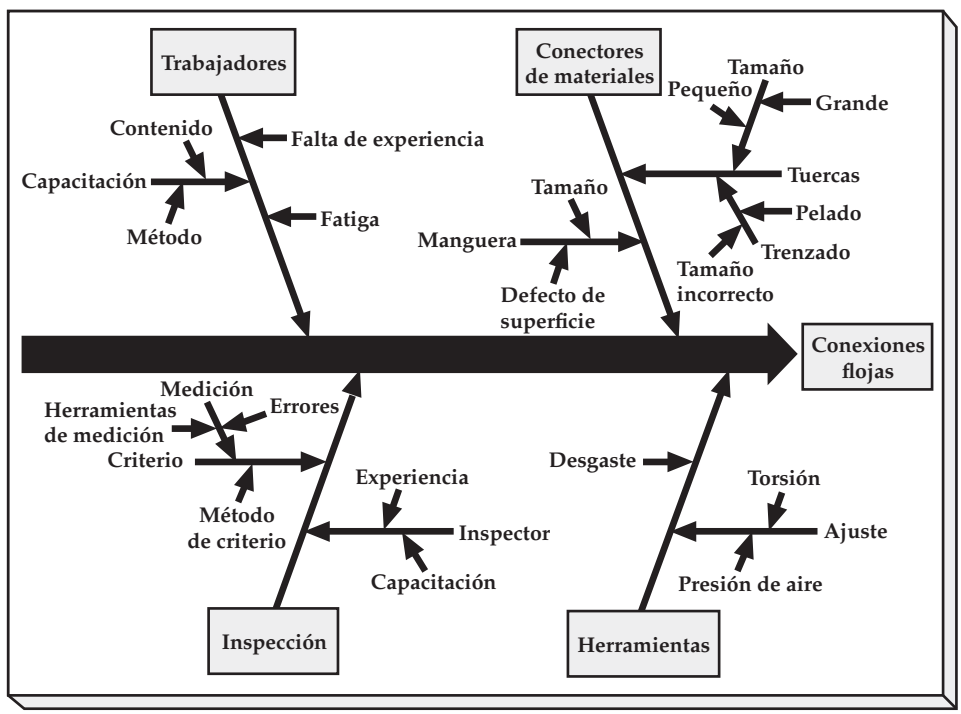


causas probables de este problema se representan junto con la espina del diagrama como materiales, trabajadores, inspección y herramientas. La apariencia del diagrama indica una analogía con una espina de pescado: los huesos son las causas probables de los problemas de calidad, pero puede incluirse cualquier causa. Cada una de las causas principales se divide, entonces, en causas más detalladas, dando lugar a más huesos del pescado; la causa del trabajador se divide en tres posibilidades, por ejemplo: falta de experiencia, fatiga y capacitación; a la vez, ésta se divide en contenido y método.

Cuando se construye un diagrama de causa y efecto, las causas potenciales de un problema se vuelven evidentes. Todas estas causas pueden ser evaluadas una por una para encontrar las verdaderas causas.

A menudo, los diagramas de causa y efecto se elaboran mediante el uso de equipos para el mejoramiento de la calidad o equipos para la resolución de problemas. Con el empleo de la tormenta de ideas, el equipo podrá identificar una amplia gama de causas posi-

FIGURA 9.7
Diagrama de causa y efecto para las conexiones flojas.



bles de un problema; así, el equipo o un individuo podrán recolectar datos para reducir las causas potenciales antes de tomar una acción correctiva.

Asimismo, pueden analizarse datos adicionales por medio de un **diagrama de dispersión** el cual muestra la relación entre dos variables. Si se sospecha una causa y un efecto en particular, la relación aparecerá en el diagrama de dispersión como una línea recta o como una curva. Aunque la estadística no puede probar una causa y un efecto, expone una relación probable que puede corregirse y, posteriormente, estudiarse en términos de resultados.

El uso de las siete herramientas del control de calidad hace posible reducir los defectos y, por lo tanto, mejorar la calidad; por ejemplo: en el caso de las fugas hidráulicas, podría hallarse que las conexiones flojas son provocadas por el ajuste de torsión de las herramientas y una capacitación inadecuada de los operadores. Luego de que se corrigen tales causas, el número de defectos se reduce; por lo tanto, es posible dirigirse al segundo problema referente a los conectores rotos. De esta manera, se logra un mejoramiento continuo.

Una vez que se han hecho las mejoras, el nuevo proceso debe estabilizarse para mantener los avances mediante el uso de una nueva gráfica de control. Los límites de la **gráfica de control** original antes del mejoramiento del proceso quedarán estrechados por los mejoramientos logrados y la capacidad del proceso se incrementará. De esta forma, aquellas que eran las causas comunes en la gráfica de control original han sido detectadas y removidas del proceso.

9.8 SEIS SIGMA

Las empresas deben aplicar las herramientas para el control y el mejoramiento de la calidad de un modo organizado ya que, por sí mismas, estas últimas no conducirán a un mejoramiento; deben incorporarse dentro de un enfoque de mejoramientos como **Seis Sigma**. Observe el cuadro de Liderazgo operativo denominado *Calidad de Seis Sigma* en donde se presenta información acerca de los antecedentes de este enfoque.

Seis Sigma es un método sistemático para procesar mejoramientos que, por lo regular, utilizan los cinco pasos definidos en el acrónimo **DMAIC**:

1. **Definir (*define*):** el proceso se selecciona con fines de mejoramiento y se especifican los estatutos del proyecto.
2. **Medir (*measure*):** las variables de calidad valoradas por el cliente se miden, y se fijan las metas del mejoramiento.
3. **Analizar (*analyze*):** se identifican las causas raíz de los niveles actuales de defectos y se consideran opciones para cambios en los procesos.
4. **Mejorar (*improve*):** se cambia el proceso y se verifica con propósitos de mejoramiento.
5. **Control (*control*):** este paso garantiza que el mejoramiento del proceso no se pierda con el paso del tiempo.

El enfoque de Seis Sigma puede aplicarse a los procesos de manufactura, de servicios o de áreas administrativas.

Sin embargo, antes de mejorar un proceso específico, la administración debe realizar una elección estratégica del proceso. La alta gerencia debe elegir aquellos procesos fundamentales que sean necesarios para implantar la estrategia de la empresa; por ejemplo: la alta administración puede determinar que los procesos de ventas, de contratación de nuevos empleados o un proceso particular de manufactura deberían seleccionarse con propósitos de mejoramiento.

Una vez que se selecciona un proceso para optimizarlo, se forma un equipo interfuncional, puesto que la mayoría de los procesos atraviesan líneas funcionales. Así, se elige un especialista altamente capacitado en el mejoramiento de procesos y se contrata tiempo completo para dirigir al equipo de mejoramiento; por lo común, a este especialista se le llama *cinturón negro*. A continuación, el equipo se dedica a implementar mejoras mediante el uso del enfoque DMAIC.

Liderazgo operativo Calidad de Seis Sigma

Motorola inventó el término *calidad de Seis Sigma* a mediados de la década de 1980 para reflejar un deseo por niveles muy altos de una calidad consistente en todos sus procesos. Un nivel de Seis Sigma equivale a un nivel de defectos de 3.4 partes por millón, lo cual es mucho mejor que lo que pueden lograr las compañías en la mayoría de los procesos.

La calidad de Seis Sigma se relaciona con la distribución normal de probabilidad, donde Sigma (σ) denota la desviación estándar del proceso. Motorola supuso que la media del proceso experimentaría un cambio de 1.5σ antes de un cambio de $\pm 6\sigma$; por lo tanto, Seis Sigma corresponde a una desviación de 4.5σ de un lado de la media y a una desviación de 7.5σ del otro lado de la media, dando como resultado 3.4 partes por millón defectuosos. Ello puede verificarse por referencia a las colas de las tablas de la distribución normal a $+4.5$ y -7.5 desviaciones estándar.

El criterio de Seis Sigma es equivalente a una capacidad de proceso de $C_{pk} = 1.5$, lo que puede verse por referencia a la fórmula para C_{pk} con USL $- \mu = 4.5\sigma$. Como resultado, el criterio de Seis Sigma asegurará procesos que no sean escasamente capaces de producir las especificaciones, pero que ofrezcan una capacidad de proceso algo mejor.

La calidad Seis Sigma puede aplicarse no sólo a los procesos de manufactura, sino también a los administrativos y de servicios; por ejemplo: Motorola ha aplicado Seis Sigma en el departamento de finanzas: mide el tiempo del ciclo para el cierre de los libros al final del mes. Se solían requerir dos semanas para cerrar los libros; hoy en día se cierran en cerca de tres días. Asimismo, el departamento mide cuántos errores se cometieron en el cierre y le da un seguimiento al nivel de Sigma cada mes.

En otra aplicación, Texas Instruments utiliza el criterio de Seis Sigma para mejorar los niveles de satisfacción del cliente. Un defecto se define como un nivel de servicio al cliente evaluado por éste como menos que satisfactorio. El porcentaje de defectos proveniente de una muestra grande de clientes se iguala, entonces, con el nivel correspondiente de Sigma y se le da seguimiento sobre una base periódica con propósitos de mejoramiento.

Fuente: Adaptado de Pandu R. Tadikamalla, "The Confusion over Six-Sigma Quality", *Quality Progress*, noviembre de 1994, pp. 83-85; y Karen Bemowski, "Motorola's Fountain of Youth", *Quality Progress*, octubre de 1995, pp. 29-31.

Motorola desarrolló originalmente la metodología Seis Sigma.

Entonces, el equipo inicia sus actividades de mejoramiento haciendo diagramas de flujo del proceso y definiendo los defectos de los procesos, utilizando medidas que son de gran importancia para el cliente. Se recopilan datos sobre estas medidas para establecer una línea de base del proyecto actual y las metas del mejoramiento; por ejemplo: si el proceso está produciendo en este momento un defecto en 100 oportunidades (1% de defectos), una meta podría ser mejorarlo a razón de un defecto en 1 000 oportunidades, un factor de mejoramiento de diez veces (10x). Los equipos de Seis Sigma siguen este tipo de enfoque agresivo para el mejoramiento para garantizar que se logre un cambio significativo. Desde luego, la meta del mejoramiento no debe implantarse de manera arbitraria; en lugar de ello, se fija con base en el beneficio económico del mejoramiento y el tiempo disponible para que el equipo consiga su meta, siendo de seis meses la duración característica del proyecto.

Una vez que la meta se ha establecido, el equipo busca las *causas raíz* de los niveles actuales de defectos. El equipo debe ser cuidadoso de ir más allá de los síntomas y encontrar las causas reales; casi siempre, ello se hace a través de tormenta de ideas para la búsqueda de soluciones en grupo y de una cuidadosa recolección de datos para analizar la situación. En esta etapa, se recurre a una variedad de herramientas como los diagramas de causa y efecto, los diagramas de dispersión y los de Pareto.

Después de que se han detectado las causas raíz, se consideran algunas opciones para mejoramientos y, luego, se hacen dichos mejoramientos. Posteriormente, se recopila in-

formación adicional para asegurarse de que haya ocurrido el mejoramiento, que se hayan generado ahorros y que se ponga en práctica un plan de control para garantizar que los cambios sean permanentes. En este punto, pueden usarse gráficas de control de calidad para mantener el nuevo proceso en un estado de control estadístico.

Aun cuando el uso de Seis Sigma está bien establecido en la manufactura, un ejemplo de mejoramientos en un proceso de transacciones podría ser informativo. El departamento legal de TRW mejoró sus procesos para la renovación de su marca comercial en todo el mundo y ahorró 1.8 millones de dólares.[5] Antes del mejoramiento con Seis Sigma, el departamento legal y las unidades de negocios asociadas revisaban 2 500 registros de marcas comerciales cada año a un costo de 1 200 dólares por registro. Se pensaba que muchos de esos registros podrían ya no ser necesarios o que no eran de importancia para el negocio; pero, ¿cómo podría determinarse esto?

El proceso de Seis Sigma comenzó definiendo un defecto ya sea como un registro innecesario que era renovado o como un registro necesario que no era renovado porque no se recibía una respuesta del negocio para la verificación antes de la expiración de la cobertura. La tasa básica de defectos era de 25%, es decir, uno de cuatro registros era defectuoso.

El primer paso del análisis era trazar un diagrama de flujo de todos los pasos que se requerían para una renovación de una marca comercial; ello daba como resultado 41 pasos de los cuales sólo 11 añadían valor. Como producto de este análisis, el proceso de renovación se simplificó notablemente.

El siguiente paso fue determinar las causas de los defectos. Se había propuesto la hipótesis de que las causas potenciales demandaban mucho tiempo de espera para la aprobación de la unidad del negocio, mucho tiempo de espera para la evidencia de uso o una renovación de otro país. Se recopilaron datos para probar la relación de estas causas potenciales para el número de defectos. Se utilizó un análisis estadístico por regresión para realizar un análisis de los datos encaminado a hallar las causas raíz. Como consecuencia de ello, el número de renovaciones que necesitaban de un procesamiento se redujo en forma muy importante.

Una vez que se diseñó un nuevo proceso para reducir los defectos y para acortar el tiempo de revisión, los empleados se capacitaron y se implantó un plan de control para prevenir que los defectos volvieran a aparecer. La tasa resultante de defectos del proceso revisado fue de un defecto en 300 renovaciones o .33 por ciento.

Este ejemplo ilustra el modo en el que los métodos de Seis Sigma pueden aplicarse a todos los procesos, incluso a los de un departamento legal. La aplicación puede ser diferente para cada tipo de proceso; sin embargo, los pasos a seguir (DMAIC) y los principios fundamentales son los mismos.

Seis Sigma ha dado resultados espectaculares en compañías como Motorola, General Electric, Citigroup, American Express y Honeywell. Tales resultados son posibles sólo a través de un agresivo liderazgo administrativo al más alto nivel, de una amplia capacitación en Seis Sigma, del empleo de tiempo completo de especialistas en mejoramiento y de un cuidadoso seguimiento de los resultados financieros.[6] Seis Sigma no es meramente un enfoque para el mejoramiento de la calidad, sino una forma de mejorar la utilidad neta de la organización; por ejemplo: GE reportó la adición de más de 2 mil millones de dólares a la utilidad neta como resultado de la adopción de Seis Sigma.[7]

9.9 LA MANUFACTURA ESBELTA Y LOS SEIS SIGMA

Las compañías están empezando a combinar los programas de manufactura esbelta y de Seis Sigma. A pesar de que dichos programas son de carácter complementario, también

[5] R. Das, S. Colello y H. Davidson (2004).

[6] En un número reducido de casos, las compañías recurren a especialistas en mejoramiento de tiempo parcial en lugar de a empleados de tiempo completo.

[7] Reporte Anual de GE (1999).

tienen varias diferencias de importancia en cuanto a objetivos, organización, métodos y tipo de proyectos. La tabla 9.5 compara las diferencias entre ambos tipos de programas, los cuales se basan en implantaciones características de la manufactura esbelta y de Seis Sigma, aunque las definiciones y el uso fluctúan ampliamente en la práctica.

Los sistemas de manufactura esbelta, los cuales se describieron en el capítulo 7, poseen el objetivo de eliminar el desperdicio definido como actividades que no añaden valor; en contraste, los esfuerzos de Seis Sigma tienen como finalidad reducir los defectos como los ve el cliente. Por lo tanto, los objetivos de tales esfuerzos son diferentes, pero, al mismo tiempo, pueden concatenarse; por ejemplo: la producción, o manufactura, esbelta puede atacar los defectos como uno de los siete desperdicios. Seis Sigma puede atacar el desperdicio cuando está causando un defecto ante los ojos del cliente, pero, por lo común, no atacaría el desperdicio interno como un inventario excesivo, movimientos de desperdicio o movimientos de materiales innecesarios. Mientras que Seis Sigma tiende a reducir la variación en los procesos, la manufactura esbelta mejora el flujo del proceso.

Otra diferencia estriba en la forma en la que se organizan dichos proyectos. De ordinario, Seis Sigma se basa en cinturones negros contratados por tiempo completo como líderes de proyectos y en vicepresidentes de apoyo (o defensores), quienes supervisan los proyectos. En contraste, la manufactura esbelta se basa en líderes de proyectos contratados por tiempo parcial y en una jerarquía más informal. Con frecuencia, los mejoramientos de la manufactura esbelta involucran a toda la fuerza de trabajo, mientras que los proyectos de Seis Sigma son más selectivos en cuanto a la participación de la misma. En Seis Sigma, la capacitación de los cinturones negros es muy extensa y, por lo general, requiere cuatro semanas de capacitación más la terminación exitosa de uno o más proyectos. La capacitación en manufactura esbelta también aquí es más informal y, casi siempre, dura sólo una semana; por lo tanto, los programas de Seis Sigma son distintos en su estructura organizacional.

Una tercera diferencia radica en los métodos que se emplean. Como se describió en el capítulo 7, la manufactura esbelta se basa en un proceso de cinco pasos que inicia con la necesidad del cliente. Aunque Seis Sigma también empieza igual, la secuencia de pasos

TABLA 9.5
Comparación de la manufactura esbelta y Seis Sigma

Diferencias	**Manufactura esbelta**	**Seis Sigma**
Objetivos	Reducción del desperdicio (actividades que no añaden valor); el desperdicio puede incluir, en parte, los defectos	Reducir los defectos. Los defectos pueden incluir, en parte, algunas actividades que no agregan valor
Organización:		
Liderazgo de equipo	Líderes de tiempo parcial (generalmente)	Líderes de tiempo completo (generalmente)
Uso de defensores	No se usan defensores	Vicepresidente como defensor
Participación de la fuerza de trabajo	Todos participan	Empleados seleccionados para cada proyecto
Capacitación	Una semana de capacitación	Cuatro semanas para un cinturón negro
Método usado:		
Pasos seguidos	Filosofía de la manufactura esbelta de cinco pasos	Pasos DMAIC o DFSS
Énfasis en los datos	Menos basada en los datos	Énfasis estadístico
Diagrama de flujo	Representación gráfica de la corriente de valor	Cualquier método de diagrama de flujo
Uso de sistemas de información	Sí, impulsado por el cliente	No es parte de Seis Sigma
Seguimiento del impacto financiero	Comúnmente no se hace	A través de una organización financiera
Tipo de proyectos:		
Complejidad del proyecto	Proyectos simples	Proyectos complejos
Tiempo para la terminación	Una semana o menos	Comúnmente seis meses
Número de proyectos	Muchos proyectos pequeños	Un menor número de proyectos grandes
Selección del proyecto	No necesariamente estratégico	Selección estratégica de proyectos

DMAIC difiere de la que se usa en la manufactura esbelta; además, los sistemas con manufactura esbelta no hacen énfasis en la utilización de datos o en análisis estadísticos en la misma medida en que Seis Sigma. Como se explicó en la tabla 9.5, en la manufactura esbelta se usa la representación gráfica de la corriente de valor en tanto que, en Seis Sigma, no se emplea un tipo específico de diagrama de flujo. Otra diferencia de importancia es que sólo la manufactura esbelta utiliza el concepto de una demanda impulsada o requerida por el cliente para ocasionar un flujo en el producto o servicio. Por último, la manufactura esbelta no le da un seguimiento formal a los ahorros en costos del proyecto o a los mejoramientos en ingresos, mientras que Seis Sigma insiste en un seguimiento cuidadoso por parte del área financiera de la organización.

La última área de diferencia es el tipo de proyectos emprendidos. Los proyectos de manufactura esbelta son, por lo general, sencillos; pero se usa Seis Sigma para proyectos complejos y difíciles encaminados a un mejoramiento del proceso. Un proyecto común Seis Sigma implica seis meses y está encaminado al logro de un impacto cuantioso, cerca de 200 000 dólares en ahorros o más. Los proyectos de manufactura esbelta pueden durar tan poco tiempo como una semana usando eventos Kaizen y, con frecuencia, poseen un impacto mucho menor proveniente de cada proyecto. Los programas de manufactura esbelta atacarán a un número mucho mayor de pequeños proyectos encaminados al mejoramiento que Seis Sigma y pueden no seleccionar proyectos por su relevancia estratégica.

Tanto Seis Sigma como la manufactura esbelta están encaminados al mejoramiento, pero de una manera distinta en las aplicaciones típicas; por lo tanto, una organización que ya esté usando la manufactura esbelta puede beneficiarse con Seis Sigma atacando proyectos complejos más grandes con un enfoque más formal impulsado por los datos y empleando líderes de proyectos de tiempo completo para reducir los defectos y las variaciones. Por otra parte, una organización que aplique Seis Sigma puede beneficiarse de la rapidez del enfoque de la manufactura esbelta vía Kaizen a escala pequeña la cual utiliza una parte considerable de la organización con la finalidad de eliminar el desperdicio y mejorar el flujo del proceso. Las similitudes son que ambos enfoques comienzan con la identificación de una verdadera necesidad del cliente que no se está satisfaciendo y que ambos se concentran en el mejoramiento del proceso.

Algunas compañías están desarrollando un enfoque integrado tanto de la manufactura esbelta como de Seis Sigma; por ejemplo: podrían aplicar la metodología DMAIC y líderes de proyectos de tiempo completo provenientes de Seis Sigma, incorporando, entonces, la representación gráfica de la corriente de valor, los sistemas impulsados por el cliente y el enfoque de reducción de los desperdicios de la manufactura esbelta como parte de los pasos de DMAIC. Tal planteamiento atacaría el desperdicio, mejoraría el flujo y reduciría los defectos (variación). Podría atacar proyectos simples o complejos para el mejoramiento del proceso con aplicaciones variantes de los métodos para adaptarse a un proyecto en particular.

9.10 CONTROL Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA

La industria ha hecho un extenso uso de los métodos de control de calidad y del mejoramiento que se describieron en este capítulo, como lo han indicado diversas encuestas de la práctica de la industria las cuales señalan que aproximadamente las tres cuartas partes de todas las empresas utilizan gráficas de control del proceso. Existe un mayor uso de las gráficas de $\bar{x}$ y las gráficas de R que de las gráficas p debido a las pequeñas muestras que son posibles con control de variables; otras gráficas, más sofisticadas, no son tan ampliamente empleadas como las gráficas mencionadas.

Seis Sigma está ganando rápidamente aceptación en las industrias de manufactura y de servicios como un enfoque probado para el uso de las siete herramientas del control de la calidad; aunque no existe una encuesta confiable acerca de la adopción de Seis Sigma, la lista de organizaciones que han reportado la implantación de Seis Sigma continúa en aumento.

A pesar de que el empleo de los métodos de calidad se ha extendido más allá de las operaciones, existe mucho más campo para una utilización adicional en las funciones administrativas y de oficinas de las empresas de manufactura y de servicios. La educación del control de la calidad debe concentrarse en todas las funciones de la compañía y también en sus proveedores. Algunas empresas aún no han asimilado el concepto de la administración total de la calidad; en consecuencia, los esfuerzos del control de la calidad se centran principalmente en las operaciones de producción.

En las industrias de servicios, el control de la calidad se ha rezagado en comparación de las industrias de manufactura por múltiples razones. Primero: los servicios son más difíciles de medir porque son intangibles, mientras que las características de un producto manufacturado pueden medirse y especificarse; por ejemplo: el acero puede medirse por su fuerza, su dureza, su ductilidad y otras propiedades. La calidad de un servicio se relaciona con aspectos intangibles como el ambiente de un restaurante, la sonrisa del mesero y el sentido de bienestar del cliente. Sin embargo, la calidad no puede controlarse a menos que se mida; por lo tanto, es imperativo que las industrias de servicios evalúen lo que puedan medir y desarrollen técnicas nuevas e innovadoras de medición para aquello que ahora se considera como intangible.

Una forma de medir un servicio sería cuantificar las transacciones que ocurren. Las transacciones podrían incluir al número de mesas atendidas en un restaurante por empleado, el porcentaje de clientes que están satisfechos o muy satisfechos con el servicio y el número de cortes de energía en una compañía proveedora de electricidad. Una vez que se han determinado las dimensiones importantes de la entrega de un servicio, puede encontrarse una manera de medirlas ya sea con datos objetivos o perceptuales.

Otra forma de medir un servicio consiste en usar las dimensiones de SERVQUAL, las cuales se describieron en el pasado capítulo. Estas medidas perceptuales pueden ayudar a la administración a entender y a mejorar la calidad de los servicios ofrecidos.

Una característica de la administración de la calidad de los servicios es la condición perecedera del producto, la cual requiere que se controle la calidad mientras se está brindando el servicio. En consecuencia, se impone a la fuerza de trabajo un gran esfuerzo encaminado a la calidad del servicio; cuando se da mala calidad, el cliente está inmediatamente consciente de ello; por lo tanto, las organizaciones de servicios deben resaltar la selección de los empleados adecuados, la capacitación de la fuerza de trabajo y el control del proceso. Desde luego, éstas también son buenas prácticas para las empresas de manufactura que buscan prevenir la ocurrencia de errores.

¿Por qué el personal de contabilidad, de recursos humanos, de mercadotecnia y de finanzas debería interesarse en las ideas expresadas en este capítulo? Primero, contabilidad está interesada en costos exactos y en información financiera. Cuando todos los procesos de producción están bajo control estadístico, las causas especiales de las variaciones en los procesos y, por lo tanto, en los costos han sido eliminadas. Contabilidad también puede beneficiarse directamente al aplicar estas ideas al control de la calidad en las transacciones de insumos recibidas por el sistema contable y en los productos contables finales elaborados. En otras palabras, pueden poner al sistema contable de la compañía bajo control estadístico. Los auditores pueden determinar si los procesos que producen las transacciones contables están bajo control, en lugar de sólo auditar las transacciones.

Desde la perspectiva de recursos humanos, las ideas de este capítulo ofrecen muchas posibilidades. La implantación del control estadístico de la calidad y el mejoramiento requieren de una capacitación a fondo de la fuerza de trabajo. Ya no se culpa a los trabajadores por los errores que, de hecho, se deben al sistema fundamental. Los empleados se sienten más orgullosos de su trabajo cuando son responsables de inspeccionar su propia producción y de controlar sus propios procesos. Se presenta un mayor sentido de satisfacción y de productividad si las personas contribuyen a reducir errores y a satisfacer a sus clientes (el siguiente proceso).

Como es evidente, a mercadotecnia no le gusta ver clientes insatisfechos por un producto defectuoso. La implantación de las ideas del control estadístico de la calidad reduce el número de defectos producidos en un ciclo de mejoramiento que no termina nunca. En

consecuencia, hay un menor número de quejas de clientes y los ingresos pueden aumentar al comercializar una calidad consistente de la compañía. La mercadotecnia y las ventas son facilitadas a través de la implantación decidida de las ideas de este capítulo.

Finalmente, el área de finanzas puede apreciar los resultados de un control progresivo de la calidad y de un enfoque de mejoramiento en la línea de la utilidad neta de la corporación. Los procesos financieros también pueden controlarse y una compañía que implante estas ideas ahorrará dinero y mejorará sus resultados financieros.

9.11 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Los aspectos más importantes de este capítulo son los siguientes:

- El control de la calidad se define como la estabilización y el mantenimiento de un proceso para elaborar una producción consistente. El mejoramiento continuo puede ocurrir una vez que se logre un proceso estable.
- Las operaciones consisten en una secuencia de procesos interconectados, y cada uno de ellos tiene sus propios clientes internos. Deben definirse los aspectos vitales para la inspección y la medición a efecto de controlar y mejorar dichos procesos.
- Las gráficas del control del proceso deben considerarse para los insumos, desde el punto de vista de los proveedores, como parte del proceso y para los productos. Los puntos fundamentales del control pueden describirse mejor a través de un diagrama de flujo del proceso.
- Utilizando el control de la calidad del proceso, se toman muestras periódicas de un proceso continuo de producción o de servicios. En tanto como las mediciones de la muestra caigan dentro de los límites del control, la producción continúa. Cuando las mediciones de la muestra caen fuera de los límites del control, el proceso se detiene y se hace una búsqueda de una causa asignable —operador, máquina o materiales—. Con este procedimiento, se mantiene un proceso de producción o de servicios en un estado continuo de control estadístico.
- Es preferible usar el control estadístico del proceso en lugar de la inspección siempre que ello sea posible, ya que el primero está orientado a la prevención. El control estadístico del proceso puede emplearse como una base para el control interno de la calidad y para conseguir el estatus de proveedor certificado, lo cual requiere de un proceso de producción estable.
- Seis Sigma es un enfoque organizado y sistemático para el mejoramiento de los procesos. Con frecuencia, utiliza los cinco pasos DMAIC: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Se necesita un cuidadoso análisis acompañado de herramientas estadísticas para identificar las causas raíz de los defectos percibidos por los clientes, para analizar los cambios y para controlar el proceso mejorado.
- Las compañías están combinando ahora los enfoques de manufactura esbelta y de Seis Sigma para el mejoramiento de los procesos. Aunque estos dos enfoques parten de las necesidades actuales del cliente, difieren de sus objetivos, en su organización, en sus métodos y en los tipos de proyectos; sin embargo, son complementarios en la búsqueda del mejoramiento de los procesos y pueden aplicarse de una manera integrada.
- Existen siete herramientas para el control y el mejoramiento de la calidad. Estos métodos pueden utilizarse para poner a un proceso bajo control o para mejorarlo.
- Un alto porcentaje de compañías de manufactura recurren a las siete herramientas del control de la calidad; sin embargo, el uso de tales métodos tiene menos aceptación en las industrias de servicios y en las funciones administrativas.

- Todas las funciones de la compañía pueden beneficiarse de la aplicación de las ideas de este capítulo. Todas las funciones deben poner los procedimientos administrativos que manejan bajo un control estadístico de la calidad y deben buscar el mejoramiento. Otras funciones, además de las operaciones y la compañía, también se benefician directamente al aplicar el control de la calidad y los principios del mejoramiento.

Términos clave

Walter A. Shewhart
Definición del proceso
Control estadístico de la calidad
Mejoramiento continuo
Clientes internos
Puntos fundamentales del control
Inspección de operador
Certificación de proveedores
Medición de variables
Medición de atributos
Control estadístico del proceso
Causa asignable
Estado de control
Línea central
Límite superior de control
Límite inferior de control
Causa especial
Causa común
Capacidad del proceso
Siete herramientas del control de calidad
Diagrama de flujo
Hoja de verificación
Histograma
Diagrama de Pareto
Diagrama de causa y efecto
Diagrama de dispersión
Gráfica de control
Seis Sigma
DMAIC

Usted **decida**

1. ¿Cómo es que Seis Sigma y la manufactura esbelta son métodos de mejoramiento compatibles a pesar de que son tan distintos?
2. ¿Por qué no puede mejorarse un proceso hasta que sea puesto bajo control estadístico?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. Milliken & Company
   http://www.milliken.com

Encuentre qué reconocimientos de calidad ha obtenido Milliken & Company. ¿Por que se considera Milliken una compañía líder en Estados Unidos?

2. Statistical Quality Software (SAS)
   http://www.sas.com

Efectúe una búsqueda interna del sitio SAS para encontrar información acerca de programas de cómputo para el control estadístico de los procesos. Escriba un breve reporte acerca de sus hallazgos.

3. iSixSigma
   http://www.isixsigma.com

Después de encontrar la página inicial, haga clic en *New to Six Sigma*? y lea más acerca de la historia de Seis Sigma, DMAIC, la certificación y otros aspectos similares.

4. Air Academy Associates

   http://www.airacad.com/LeanSixSigmaApproach.aspx

Con base en esta página web, determine la manera en la que Seis Sigma y la manufactura esbelta son diferentes, pero pueden integrarse entre sí.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema

1. **Gráfica de control del proceso** Una compañía que elabora palos de golf controla su proceso de producción tomando periódicamente una muestra de 100 palos de la línea de producción. Cada uno de ellos se inspecciona en busca de características defectuosas. Se desarrollan límites de control utilizando tres desviaciones estándar respecto a la media como límite. Durante las 16 últimas muestras tomadas, la proporción de artículos defectuosos por muestra se registró así:

.01	.02	.01	.03	.02	.01	.00	.02
.00	.01	.03	.02	.03	.02	.01	.00

a) Determine la proporción media defectuosa, el límite superior de control, y el límite inferior de control.

b) Dibuje una gráfica de control y grafique en ella cada una de las mediciones.

c) ¿Podría decirse que el proceso de fabricación está bajo control?

Solución

a) La proporción media defectuosa (línea del centro) es

$$\text{CL} = \frac{\begin{pmatrix}.01 + .02 + .01 + .03 + .02 + .01 + .00 + .02 + \\ .00 + .01 + .03 + .02 + .03 + .02 + .01 + .00\end{pmatrix}}{16}$$

$$= .015$$

$$\text{UCL} = .015 + 3\sqrt{\frac{.015(.985)}{100}}$$

$$= .015 + .0365$$

$$= .0515$$

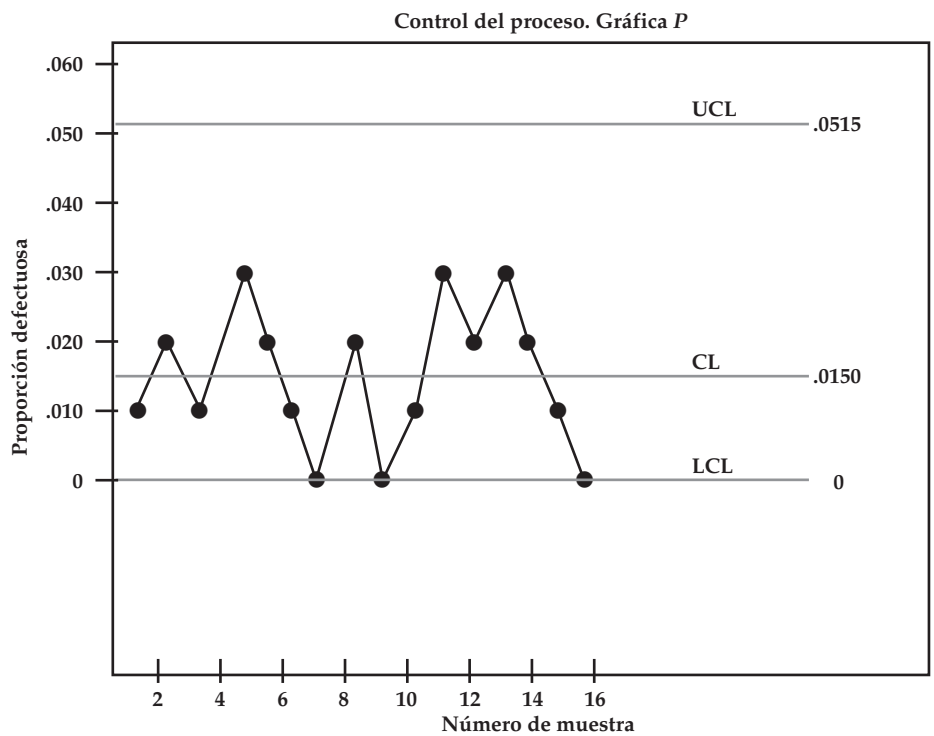
$$\text{LCL} = .015 - 3\sqrt{\frac{.015(.985)}{100}}$$

$$= .015 - .0365$$

$$= -.0215, \text{ que es negativo.}$$

Por lo tanto, el límite inferior de control = 0

b)



c) Todos los puntos están dentro de los límites de control. Podemos concluir que el proceso está bajo control.

Problema

2. **Gráficas de control de $\bar{x}$ y de R** Una compañía de manufactura de cereales llena cajas de cereales con un peso promedio de 20 onzas y tiene una amplitud de rango promedio de dos onzas cuando el proceso de llenado está bajo control. Se emplea una muestra con un tamaño de 10 cajas al hacer un muestreo del proceso.

   a) ¿Cuáles son la línea media, el límite superior de control y el límite inferior de control para las gráficas de $\bar{x}$ y las gráficas de R?

   b) Se acaba de tomar una muestra con las 10 siguientes mediciones: 20, 21, 19, 18, 19, 21, 22, 20, 20, 19. ¿ El proceso está bajo control?

Solución

a)

Gráfica $\bar{x}$	Gráfica R
CL = 20	CL = 2
UCL = 20 + .308(2)	UCL = 1.777(2)
= 20.616	= 3.554
LCL = 20 − .308(2)	LCL = 0.223(2)
= 19.384	= 0.446

Nota: Se usa la tabla 9.1 para obtener las constantes de la gráfica de control.

b) A las gráficas de control de proceso se les debe revisar la media y la amplitud de rango. La media de la muestra es de 199/10 = 19.9 y la amplitud del rango es de 22 — 18 = 4. Esta última se encuentra fuera de control sobre el límite superior de control, pero la media aún está bajo control. Deberá pararse el proceso y buscar una causa asignable.

Problema

3. **Capacidad del proceso (C_{pk} y C_p)** El administrador de operaciones de un departamento de procesamiento de quejas de una compañía de seguros desea determinar la capacidad de procesamiento de quejas del departamento. De ordinario, el manejo de las quejas requiere de un mínimo de cuatro días. La empresa tiene el compromiso de manejar todas las quejas en diez días. En promedio, las quejas se procesan en ocho y el procesamiento posee una desviación estándar de un día.

   a) Calcule C_p y C_{pk} para el departamento de procesamiento de quejas. Con base en estos cálculos, ¿debería el departamento de quejas mejorar su proceso?

   b) Usando los mismos datos, vuelva a calcular C_{pk}, pero use un tiempo promedio de procesamiento de quejas de siete días en lugar de ocho.

   c) Con los datos originales, vuelva a calcular C_{pk}, pero emplee una desviación estándar de 2/3 de día. ¿Qué cambio produjo el mejoramiento más importante: el de la media del inciso *b*) o el cambio en la desviación estándar? ¿Puede explicar los resultados?

Solución

a)

$$C_p = \frac{10 - 4}{6(1)} = 1.000$$

$$C_{pk} = \text{Mín}\left\{\frac{10 - 8}{3(1)}, \frac{8 - 4}{3(1)}\right\}$$

$$= \text{Mín}\{0.667, 1.333\} = 0.667$$

El cálculo de C_p parece indicar que el proceso es capaz de funcionar dentro de las especificaciones; sin embargo, ya que C_{pk} es inferior a 1.0, el proceso necesita un mejoramiento si se ha de volver incluso mínimamente capaz de satisfacer las especificaciones de servicios del cliente.

b) Si para el procesamiento de las quejas se utiliza un tiempo promedio reducido de siete días por queja,

$$C_{pk} = \text{Mín}\left\{\frac{10 - 7}{3(1)}, \frac{7 - 4}{3(1)}\right\}$$

$$= \text{Mín}\{1.0, 1.0\} = 1.0$$

c) Si para el procesamiento de las quejas se usa un tiempo promedio reducido de .667 de un día por queja,

$$C_{pk} = \text{Mín}\left\{\frac{10-8}{3(.667)}, \frac{8-4}{3(.667)}\right\}$$
$$= \text{Mín}\ \{1.0, 2.0\} = 1.0$$

Cualquiera de estos cambios daría como resultado que el proceso fuera capaz de satisfacer las especificaciones. Ya que el tiempo promedio de procesamiento no se centró dentro de los límites de las especificaciones, cambiar el tiempo medio de procesamiento hacia el centro de los límites de las especificaciones tiene exactamente el mismo efecto que disminuir la variación en el tiempo de procesamiento de las quejas. Idealmente, el administrador debe esforzarse por una reducción tanto en la media como en la variación del tiempo de procesamiento de las quejas para mejorar la capacidad del proceso.

Preguntas de análisis

1. ¿Por qué se volvieron populares las ideas del control estadístico de la calidad en la década de 1940?
2. Suponga que usted elabora calculadoras electrónicas que contienen un circuito que se compra a un proveedor local. ¿Cómo decidiría la cantidad de inspección que debería realizar sobre los circuitos que recibiera?
3. Para las siguientes situaciones, comente si lo más apropiado sería una inspección por variables o una inspección por atributos:
   a) El llenado de contenedores de alimentos empacados al peso correcto.
   b) La inspección de defectos en telas que se venden por metros.
   c) La inspección de aparatos en busca de imperfecciones en la superficie.
   d) La determinación del contenido de azúcar de barras de caramelos.
4. Se mencionó que a los trabajadores debería dárseles mayor control sobre la inspección de su propio trabajo. Comente los pros y los contras de la propuesta.
5. ¿Por qué la mayoría de los procesos no están bajo control estadístico cuando se muestrean por primera vez para propósitos de gráficas de control?
6. Se ha sugerido que se tome una muestra de seis elementos cuatro veces al día para controlar un proceso en particular. ¿Cómo procedería usted para evaluar tal sugerencia?
7. Defina el propósito del mejoramiento continuo de la calidad.
8. ¿Cómo puede aplicarse un diagrama de Pareto para mejorar la calidad?
9. ¿Qué técnica sería de utilidad para cada una de las siguientes situaciones?
   a) Para asignar una jerarquía de importancia a las causas de un problema de calidad.
   b) Para analizar las diversas razones por las que pudo fallar un producto.
   c) Para encontrar una causa asignable.
   d) Para determinar si un proceso está bajo control en cuanto a la amplitud de rango.
   e) Para reducir la variabilidad de las fallas detectadas en el mercado bajo un uso real del producto.
   f) Para lograr la variación más pequeña posible en el tiempo de espera en las mesas de un restaurante.
10. Se recurre a un diagrama de causa y efecto para identificar las posibles causas de los defectos. Dibuje un diagrama de causa y efecto para las siguientes situaciones:
    a) Su automóvil no arranca en la mañana.
    b) Usted recibe una baja calificación en un examen.
    c) Un estudiante no se gradúa de la universidad.
11. Se ha dicho que Seis Sigma es una métrica, un proceso para el mejoramiento y una filosofía para administrar un negocio. Explique estas distintas perspectivas.
12. Use los pasos del DMAIC para describir y para mejorar el proceso de ordenamiento de un libro a un proveedor de internet. Desde la perspectiva de la compañía, ¿qué se haría en cada uno de los pasos?
13. ¿Cuáles son los pros y los contras de utilizar el enfoque de Seis Sigma?
14. ¿Cómo pueden el enfoque de la manufactura esbelta y de Seis Sigma trabajar en forma conjunta al hacer mejoramientos a un proceso?
15. Si una organización no estuviera empleando ni la manufactura esbelta ni Seis Sigma, ¿cómo decidiría usted qué enfoque usar primero?

Problemas

1. Golden Gopher Airline emite miles de boletos de avión cada día. En algunos casos, el boleto se deteriora por varias razones y es descartado por el agente de la aerolínea antes de que se emita el pase de abordaje para

el cliente. Con la finalidad de controlar el proceso para la emisión de boletos, la aerolínea ha tomado muestras del proceso durante 100 días y ha determinado que la proporción media de pases defectuosos es de .006 (6 de cada 1 000 pases se deterioran y se descartan). En el futuro, la aerolínea planea tomar una muestra de 500 pases que se emitan cada día y calcular la proporción de pases deteriorados en esa muestra para propósitos de gráficas de control.

a) ¿Cuál es el tamaño de la muestra (n) para este problema? ¿Es de 100, 500 o 1 000? Explique el significado de los 100 días que se emplearon para determinar la proporción media defectuosa.

b) Calcule la línea media, el límite superior de control y el inferior de control utilizando tres desviaciones estándar para propósitos de control.

2. Hemos tomado 12 muestras de 400 cartas, cada una proveniente de un grupo de mecanógrafos y hemos encontrado las siguientes proporciones de cartas defectuosas: .01, .02, .02, .00, .01, .03, .02, .01, .00, .04, .03 y .02. Se considera que una carta es defectuosa cuando se detecta uno o más errores.

a) Calcule los límites de control para una gráfica de control p.

b) Se acaba de tomar una muestra de 400 cartas y se halló que seis estaban defectuosas. ¿Estará el proceso todavía bajo control?

eXcel 3. Cada día se hace un conteo de 500 registros de control del inventario en busca de errores. Estos conteos se han realizado a lo largo de un periodo de 20 días y han dado como resultado la siguiente proporción de registros con errores en cada día:

.0025 .0075 .0050 .0150 .0125 .0100 .0050 .0025 .0175 .0200
.0150 .0050 .0150 .0125 .0075 .0150 .0250 .0125 .0075 .0100

a) Calcule la línea del centro, el límite superior de control y el límite inferior de control para una gráfica de control de p.

b) Grafique los 20 puntos en la gráfica y determine cuáles están bajo control.

c) ¿Es el proceso lo suficientemente estable como para empezar a usar estos datos con propósitos de control de calidad?

4. Un cierto proceso para la elaboración de circuitos electrónicos ha logrado niveles de rendimiento muy altos. Actualmente se produce un promedio de sólo ocho partes defectuosas por millón.

a) ¿Cuál es el límite de control superior e inferior para una muestra con un tamaño de 100?

b) Vuelva a calcular los límites de control superior e inferior para una muestra con un tamaño de 10 000.

c) ¿Cuál de estos dos tamaños de muestra recomendaría usted? Explique su respuesta.

5. Ciertos artefactos se elaboran en una operación de dos turnos. La administración se está preguntando si existe alguna diferencia en la proporción de los defectos producidos por estos dos turnos. Sospecha que el segundo tiene una tasa de defectos más alta, ya que la fuerza de trabajo no está altamente capacitada y puede haber una falta de supervisión.

a) ¿Cómo usaría la gráfica de control de p para establecer si existe alguna diferencia entre los dos turnos? Explique su respuesta.

b) En el primer turno, se han empleado muestras con tamaño de 200 y $\bar{p} = .06$. Calcule la línea del centro, el límite de control superior y el límite de control inferior para el primer turno.

c) En el segundo turno, se han tomado seis muestras con tamaño de 200 y con la siguiente proporción de unidades defectuosas: .04, .06, .10, .02, .05 y .03. Usando las muestras del segundo turno, ¿habrá cambiado la media del proceso hacia arriba o hacia abajo? Explique su respuesta.

6. En una aplicación de gráficas de control, hemos encontrado que el gran promedio sobre todas las muestras históricas de tamaño de 6 es de $\bar{\bar{x}} = 30$ y $\bar{R} = 5$.

a) Establezca gráficas de control de $\bar{x}$ y R para esta aplicación.

b) Se toman las siguientes medidas: 38, 35, 27, 30, 33 y 32. ¿Estará el proceso todavía bajo control?

7. El productor de circuitos electrónicos del problema 4 ha reconsiderado el método de control de calidad y ha decidido utilizar un control del proceso por variables en lugar de atributos. Para el control de las variables, el voltaje de un circuito se medirá usando una muestra de sólo cinco circuitos. El promedio histórico del voltaje para las muestras de tamaño 5 ha sido de 3.4 voltios y la amplitud del rango ha sido de 1.3 voltios.

a) ¿Cuál es el límite de control superior y el inferior para las gráficas de control resultantes (promedio y amplitud del rango)?

b) Se toman cinco muestras de voltaje con los siguientes resultados:

Muestra	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
$\bar{x}$	3.6	3.3	2.6	3.9	3.4
R	2.0	2.6	0.7	2.1	2.3

¿Qué acción debería tomarse, si es que existe alguna?

c) Discuta los pros y los contras de emplear esta gráfica de control de variables comparados contra la gráfica de control que se describió en el problema 4. ¿Cuál de ellas preferiría usted?

8. Una operación de maquinado requiere tolerancias estrechas sobre una cierta parte para motores de automóvil. La especificación actual para esta medida es de 3.0 cm $\pm$.00l. El procedimiento de control de calidad consiste en tomar una muestra con tamaño de 4 y medir cada una de las partes. Con base en muestras históricas de tamaño de 4, $\bar{\bar{x}} = 3.0$ y $\bar{R} = .0020$.

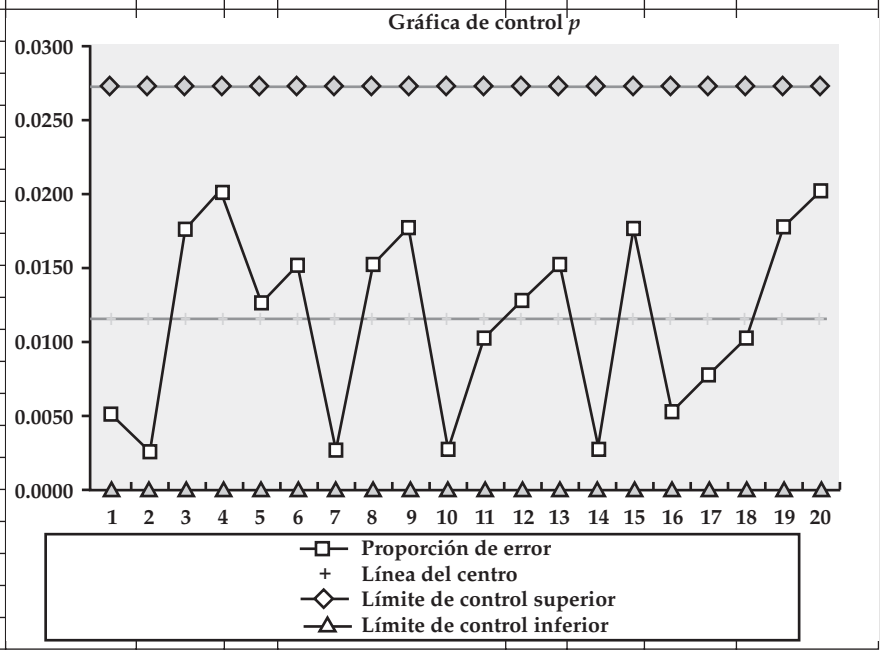
a) Construya una gráfica de promedio y de amplitud de rango para esta parte.

b) Con base en los siguientes datos, ¿estará el proceso bajo control?

Sugerencias para resolver las hojas de cálculo de Excel

En el sitio web del estudiante para la asistencia en la resolución de los problemas 3 y 11 de este capítulo se proporcionan dos hojas de Excel. La hoja electrónica para el problema 3, cuyos datos son diferentes a los datos del problema 3, se muestra abajo. Los insumos para esta hoja electrónica son la proporción de defectos provenientes de 20 muestras de 400 elementos cada una. Los productos finales son la línea del centro y el límite de control superior y el inferior para una gráfica de control de atributos. Los datos de la muestra se ilustran en la gráfica de control de *p* que se presenta más abajo, la cual indica que todos los puntos de la muestra están bajo control.

	B	C	D	E	F	G	H	I
23								
24	NOMBRE:	Hoja electrónica para el capítulo 9, problema 3						
25	SECCIÓN:	********						
26								
27	Ingrese el tamaño de la muestra para cada muestra				400			
28	Ingrese el número de muestras tomadas				20			
29								
30	Ingrese la proporción de registros con defectos en							
31	cada día en las celdas B33 a B42 y C33 hasta C42.							
32								
33	0.0050	0.0100		Línea del centro		P	0.0114	
34	0.0025	0.0125		Límite de control superior		UCL	0.0273	
35	0.0175	0.0150		Límite de control inferior		LCL	0.0000	
36	0.0200	0.0025						
37	0.0125	0.0175						
38	0.0150	0.0050						
39	0.0025	0.0075		PARA VER LAS OTRAS ÁREAS DE ESTA HOJA DE				
40	0.0150	0.0100		TRABAJO, OPRIMA LAS TECLAS "PÁGINA ABAJO"				
41	0.0175	0.0175		Y "PÁGINA ARRIBA" O USE LA BARRA VERTICAL				
42	0.0025	0.0200		DE DESPLAZAMIENTO.				
43								



Muestra	1	2	3	4	5
$\bar{X}$	3.0005	2.9904	3.0010	3.0015	3.0008
R	0.0024	0.0031	0.0010	0.0040	0.0010

c) ¿Estará el proceso operando fuera de sus especificaciones?

9. The Robin Hood Bank ha observado recientemente una aparente disminución en los depósitos a la vista diarios. A lo largo del año pasado, el saldo promedio de los depósitos a la vista estuvo operando a nivel de 109 millones de dólares con una amplitud de rango promedio de 15 millones de dólares. Los depósitos a la vista de los seis últimos días habían sido de 110, 102, 96, 87, 115 y 106.
   a) ¿Cuál es la línea del centro, el límite de control superior y el límite de control inferior para las gráficas de $\bar{x}$ y de R con base en un tamaño muestral de 6?
   b) Calcule un promedio y una amplitud de rango para los seis últimos días. ¿Indican las cifras para los seis últimos días un cambio en el promedio o en la amplitud de rango aplicable al año pasado?
10. Una tienda de abarrotes compra pescado fresco todos los días a su proveedor. Ha ordenado 100 kilos de pescado cada día, pero el peso que en realidad se recibe varía día con día dentro de una amplitud de rango promedio de 6 kilos. A lo largo de los cinco últimos días recibió las siguientes cantidades de pescado: 106, 94, 102, 100 y 97 libras.
   a) Usando esta muestra de cinco días, ¿estará el proceso de proveedor de pescado bajo control tanto en promedio como en amplitud de rango ?
   b) ¿Cómo podría el proveedor controlar de una manera más cuidadosa el proceso para proporcionar casi 100 kilos de pescado cada día?

eXcel 11. A medida que se llenan las cajas del cereal en una fábrica, una báscula automática pesa su contenido. El valor fijado como meta consiste en poner 10 onzas del cereal en cada caja. Con propósitos de control de calidad, se han pesado 20 muestras de tres cajas cada una. El peso del contenido de cada caja se muestra más en la tabla de la columna siguiente.

	Observación		
Muestra	**1**	**2**	**3**
1	10.01	9.90	10.03
2	9.87	10.20	10.15
3	10.08	9.89	9.76
4	10.17	10.01	9.83
5	10.21	10.13	10.04
6	10.16	10.02	9.85
7	10.14	9.89	9.80
8	9.86	9.91	9.99
9	10.18	10.04	9.96
10	9.91	9.87	10.06
11	10.08	10.14	10.03
12	9.71	9.87	9.92
13	10.14	10.06	9.84
14	10.16	10.17	10.19
15	10.13	9.94	9.92
16	10.16	9.81	9.87
17	10.20	10.10	10.03
18	9.87	9.93	10.06
19	9.84	9.91	9.99
20	10.06	10.19	10.01

   a) Calcule la línea del centro y los límites de control para las gráficas de $\bar{x}$ y R a partir de estos datos.
   b) Grafique cada una de las 20 muestras en las gráficas de control de $\bar{x}$ y R y determine qué muestras están fuera de control.
   c) ¿Considera usted que el proceso es lo suficientemente estable para empezar a aplicar estos datos como una base para el cálculo de $\bar{\bar{x}}$ y $\bar{R}$ y para comenzar a tomar muestras periódicas de 3 con propósitos de control de calidad?
12. Cierto proceso tiene una especificación de límite superior de 220 y una especificación de límite inferior de 160. La desviación estándar del proceso es de 6 y la media es de 170.
   a) Calcule el C_p y el C_{pk} para este proceso.
   b) ¿Qué podría hacerse para mejorar la capacidad del proceso C_{pk} a 1.0?
13. Un cierto proceso está bajo control estadístico y tiene un valor medio de $\mu = 130$ y una desviación estándar de $\sigma = 8$. Las especificaciones para este proceso son límite de control superior = 150, límite de control inferior = 100.
   a) Calcule los valores de C_p y C_{pk}.
   b) ¿Cuál de estos índices es una mejor medida de la capacidad del proceso? ¿Por qué?
   c) Suponiendo una distribución normal, ¿qué porcentaje del producto puede esperarse que caiga fuera de las especificaciones?
14. Un cliente ha especificado que requiere una capacidad del proceso de $C_p = 1.5$ para un cierto producto. Suponga que USL = 1 100, LSL = 700 y que el proceso está centrado dentro de la amplitud de rango específico.
   a) ¿Qué desviación estándar debería tener el proceso?
   b) ¿Cuál es el valor medio del proceso?
   c) ¿Qué puede hacer la compañía si no es capaz de satisfacer estos requisitos?

Bibliografía

Arthur, Jay. *Lean Six Sigma Demystified*. Nueva York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2006.

Belair, Georgette y John Oneill. *Implementing Design for Six Sigma: A Leader's Guide: Getting the Most from Your Product Development Process.* Milwaukee, WI: ASQ Quality Press, 2006.

Bernowski, Karen. "Motorola's Fountain of Youth". *Quality Progress*, octubre de 1995, pp. 29-31.

Besterfield, Dale H. *Quality Control*. 8a. ed., Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2008.

Crossley, Mark L. *The Desk Reference of Statistical Quality Methods*. 2a. ed., Milwaukee, WI: ASQ Quality Press, 2007.

Das, R, S. Colello y H. Davidson. "Six Sigma in Corporate Law". *Six Sigma Forum* 4, núm. 1 (noviembre de 2004), pp. 30-36.

Eckes, George. *The Six Sigma Revolution: How General Electric and Others Turned Process into Profits*. Somerset, NJ: John Wiley, 2000.

Evans, James R y William M. Lindsay. *The Management and Control of Quality*. 7a. CD-ROM ed. Cincinnati: South-Western Publishing, 2007.

Hahn, Gerald J., N. Doganaksoy y R. Horel. "The Evolution of Six Sigma". *Quality Engineering* 2, núm. 3 (2000), pp. 317-326.

Harry, Mikel y Richard Schroeder. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Westminster, MD: Doubleday, 2006.

Hayler, Rowland y Michael Nichols. *Six Sigma for Financial Services: How Leading Companies Are Driving Results Using Lean, Six Sigma and Process Management*. Nueva York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2006.

Ishikawa, Kaoru. *Guide to Quality Control*. 2a. ed. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1986.

Juran, J. M. *Juran on Quality by Design: The New Steps for Planning Quality into Goods and Service*. Ed. rev., Nueva York: Free Press, 1992.

Juran, J. M. y A. B. Godfrey (eds.). *Juran's Quality Handbook*. 5a. ed., Nueva York: McGraw-Hill, 1999.

Linderman, K., R. C. Schroeder, A. Choo y S. Zaheer, "Six Sigma: A Goal Theoretic Perspective". *Journal of Operations Management* 21, núm. 2 (marzo de 2003), pp. 193-203.

Meadows, Becki y Forest W. Breyfogle III. "Frontiers of Quality: Bottom-Line Success with Six Sigma". *Quality Progress* 34, núm. 5 (mayo de 2001), pp. 101-104.

Mizuno, S. (ed.). *Management for Quality Improvement: The 7 New Tools*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

Montgomery, D. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6a. ed., Nueva York: John Wiley & Son, 2008.

Pande, Peter S. *The Six Sigma Leader*. Nueva York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2006.

Pande, Peter S., Robert P. Neuman y Roland R. Cavanagh. *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies Are Honing Their Performance*. Nueva York: McGraw-Hill, 2000.

Riebling, N. B., S. Condon y D. Gopen. "Toward Error Free Lab Work" *Six Sigma Forum* 4, núm. 1 (noviembre de 2004), pp. 23-29.

Schroeder, R. G., K. Linderman, C. Liedtke y A. Choo, "Six Sigma: Definitions and Underlying Theory". *Journal of Operations Management*, 26, núm. 4 (julio de 2008), pp. 536-554.

Shewart, W. A. *Economic Control of Quality of Manufactures Product*. Nueva York: Van Nostrand, 1931. Reeditado por ASQ Quality Press, Milwaukee, WI, 1980.

Tadikamalla, Pandu. "The Confusion over Six Sigma Quality". *Quality Progress* 27, núm. 1 (noviembre de 1994), pp. 83-85.

Taghizadegan, Salman. *Essentials of Lean Six Sigma*. San Diego, CA: Elsevier Science & Technology Books, 2006.

Webb, Michael. *Sales and Marketing the Six Sigma Way*. Nueva York: Simon & Schuster, 2006.

Wozniak, Christopher. "Proactive *vs*. Reactive SPC". *Quality Progress* 27, núm. 2 (febrero de 1994), pp. 49-50.

Parte **cuatro**

Capacidad y programación

10. Administración de la cadena de suministro
11. Preparación de pronósticos
12. Planeación de la capacidad
13. Programación de operaciones
14. Planeación y programación de proyectos

Los administradores de operaciones son responsables del suministro de una capacidad suficiente para satisfacer las necesidades de sus empresas. Deben tomarse decisiones de capacidad en función de los pronósticos de demanda y de los planes de desarrollo con el fin de proporcionar la capacidad adecuada para el largo plazo, el mediano y el corto dentro del contexto de la cadena de suministro que se atiende. En esta parte, se expondrá en dos capítulos la administración de la cadena de suministro y la preparación de pronósticos; los capítulos restantes se dedicarán a la capacidad a largo, mediano y corto plazos y a las decisiones de programación.

Capítulo **10**

Administración de la cadena de suministro

Presentación del capítulo

10.1 Cadena de suministro y su administración
10.2 Compras y logística
10.3 Medición del desempeño de la cadena de suministro
10.4 Dinámica de la cadena de suministro: efecto de látigo
10.5 Cómo mejorar el desempeño de la cadena de suministro
10.6 Mejoramientos estructurales de la cadena de suministro
10.7 Mejoramientos infraestructurales de la cadena de suministro
10.8 Tecnología y administración de la cadena de suministro
10.9 Aspectos y términos clave
Usted decida
Ejercicios por internet
Preguntas de análisis
Bibliografía

El 16 de abril de 2001, la cadena de suministro de Cisco se rompió. El productor más grande del mundo de equipos de redes sorprendió al mercado de valores al anunciar que eliminaría de libros 2 500 millones de dólares en inventarios y, entonces, el precio de sus acciones disminuyó en forma inmediata en 6%. ¿Qué fue lo que ocasionó que este modelo de excelencia de la industria estadounidense interpretara de manera incorrecta la demanda en 2 500 millones de dólares? Aunque el mercado se dirigía a una recesión, había más detalles en esta historia. Cisco no manufacturaba sus propios productos, se basaba en proveedores externos para sus partes, componentes y ensamblados. Los incentivos que les otorgó a esos proveedores les motivó a producir en exceso y los productos resultantes terminaron en los almacenes de Cisco. Este capítulo expone el modo en el que un enfoque estratégico para el diseño y la administración de la cadena de suministro puede contribuir a evitar tales errores.

En este capítulo, introducimos el tema de la administración de la cadena de suministro, el cual ha generado una gran cantidad de interés recientemente en la industria y en la academia. Existen varias razones para ello: primero, el tiempo total para que los materiales viajen a lo largo de toda la cadena de suministro puede ser de seis meses a un año o más. Puesto que los materiales pasan tanto tiempo esperando en el inventario, existe una gran oportunidad para reducir el tiempo total del ciclo de la cadena de suministro, lo que conduce a una reducción correspondiente en inventarios, a un aumento de la flexibilidad, a

una reducción de costos y a mejores entregas. Asimismo, muchas compañías han optimizado sus operaciones internas en forma drástica y ahora encuentran necesario considerar las relaciones con los clientes y proveedores externos de la cadena de suministro para obtener mayores ventajas en las operaciones. Finalmente, la filosofía de la cadena de suministro es una aplicación de la de los sistemas y aporta una base para comprender los procesos que atraviesan los departamentos internos de una compañía y que se extienden más allá de la empresa misma.

10.1 CADENA DE SUMINISTRO Y SU ADMINISTRACIÓN

En la actualidad, la administración de la cadena de suministro es un aspecto esencial de la organización. Para entender lo que implica, primero debe darse una definición formal de lo que es una **cadena de suministro**. La figura 10.1 muestra una cadena de suministro común que ilustra a diversos proveedores, plantas de manufactura, almacenes y sitios minoristas. Dichas instalaciones pueden estar bajo el control de una sola empresa, pero es más probable que varias de ellas las controlen; por lo tanto, una cadena de suministro es un conjunto de entidades y relaciones que, de manera acumulativa, determinan los materiales y los flujos de información tanto de modo *descendente* hacia el cliente como *ascendente* hacia el primer proveedor. Los materiales y la información necesaria (instrucciones de uso, niveles de inventarios, facturas, etc.) fluyen en forma descendente o ascendente desde los proveedores hasta los clientes y los materiales son transformados por las diferentes entidades hasta convertirlos en unidades del producto final que se vende a los consumidores. Los materiales devueltos, por ejemplo: las unidades defectuosas, los artículos reciclables, las devoluciones del cliente, la información necesaria (la demanda, los pronósticos) y el dinero también fluyen de manera ascendente o hacia atrás desde los clientes hasta los proveedores, y la información facilita la planeación de la capacidad y del inventario dentro de la cadena de suministro.

Aunque de ordinario una cadena de suministro puede representarse sin especificar un punto de ventaja, como en la figura 10.1, con frecuencia es más útil presentar una cadena de suministro desde la perspectiva de una compañía, una fábrica, una unidad de entrega de servicios para un empresa, una familia de productos, automóviles, por ejemplo, o incluso un tipo de servicio (cirugías de pacientes externos). La figura 10.2 indica la totalidad de la cadena de suministro para una organización denominada Z que, en este caso, puede ser la totalidad de la corporación o una fábrica específica o un inmueble de un hotel. Los distintos nodos u óvalos representan otras instalaciones a través de las cuales fluyen los materiales y la información requerida para el producto que Z le vende a los clientes finales.

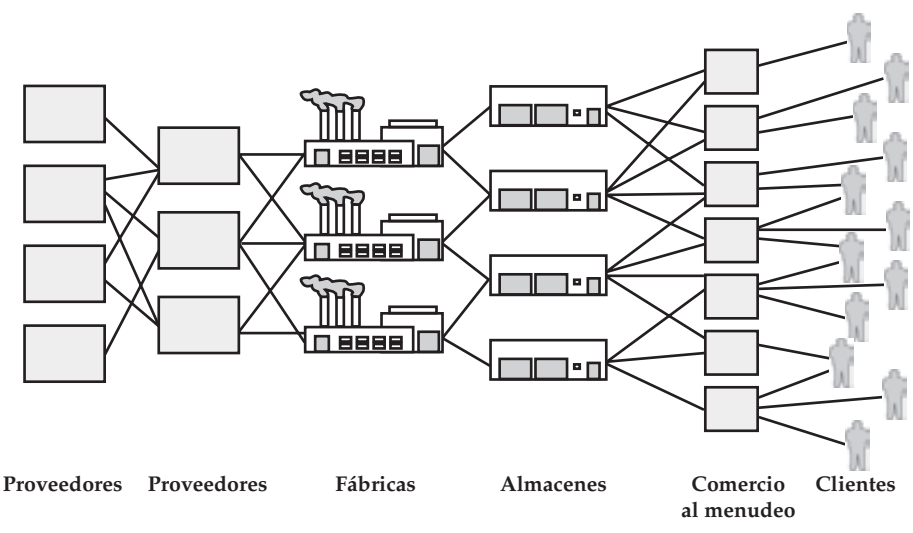


FIGURA 10.1
Una cadena de suministro común.

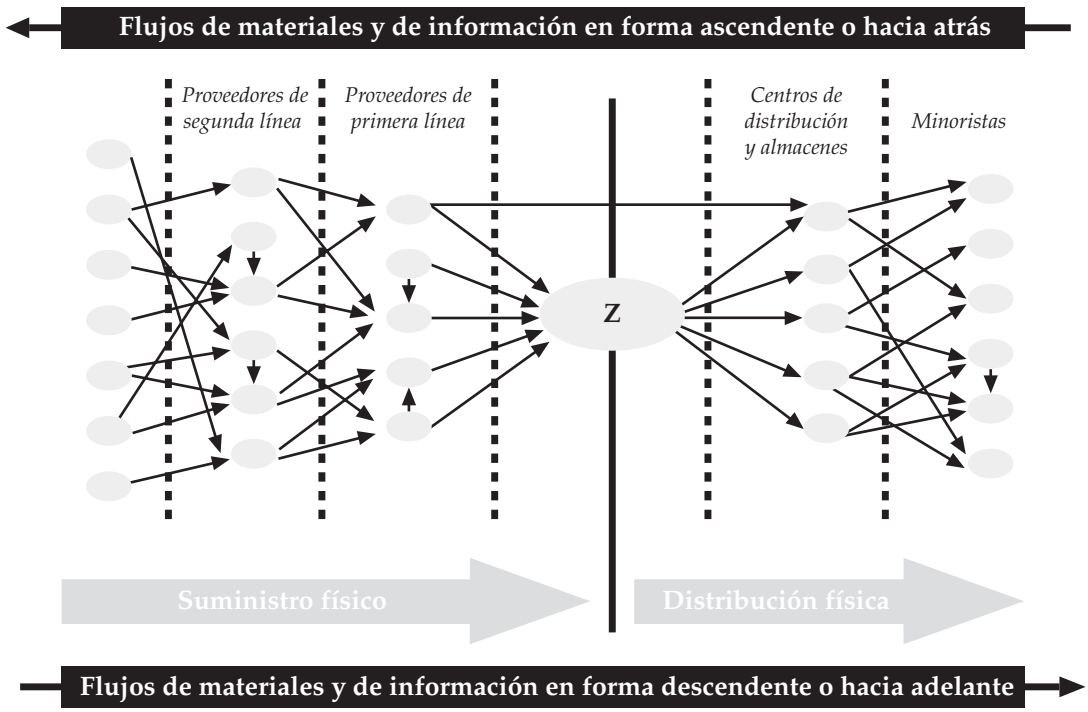


FIGURA 10.2
Cadena característica de suministro desde la perspectiva de la entidad Z.

Respecto de Z, el flujo de materiales proveniente de los nodos ascendentes hacia Z, por lo general, se conoce como **suministro físico** y el flujo de materiales que procede de Z que pasa de modo descendente por medio de los nodos y se dirige hacia los clientes finales se llama **distribución física**. El **canal de distribución**, un término que se utiliza con frecuencia en mercadotecnia, es una ruta específica derivada de un productor (en este caso, Z) que va hacia adelante y mediante los nodos (distribuidores y mayoristas, por ejemplo) hasta el cliente final y, por lo tanto, sólo es parte de la cadena de suministro para Z. Asimismo, observe que el suministro físico para Z puede segmentarse aún más en varias líneas de modo que los proveedores de la primera línea tengan un vínculo directo, representado por una flecha, con Z, los proveedores de la segunda línea posean un vínculo con Z a través de los proveedores de la primera línea y así sucesivamente. De manera similar, Z tiene vínculos con las entidades descendentes (distribuidores y mayoristas) como parte de su distribución física. Idealmente, cada entidad de la figura 10.2 desempeña un papel con un valor agregado en la transformación de materiales hacia el producto final deseado por el cliente mientras que, a su vez, transmite información relevante. El cuadro de Liderazgo operativo titulado *El iPod de Apple* describe los papeles integradores que asumen distintos participantes al elaborar los crecientemente complejos productos de la actualidad.

Una compañía grande contará con algunas cadenas de suministro y en una con divisiones múltiples y con muchos grupos de productos puede haber muchas y distintas; por ejemplo: corporaciones como Procter & Gamble y General Electric pueden usar entre 50 y 100 diferentes cadenas de suministro para llevar sus productos al mercado. Algunas de éstas manejan una distribución a través de almacenes de la misma empresa; otras, emplean una distribución directa, algunas una manufactura externa y, otras más, sitios internos de manufactura. Los elementos de una cadena de suministro pueden distribuirse de muchas maneras.

Una organización puede identificar sus cadenas de suministro seleccionando primero un grupo específico de productos o familia de ellos. Posteriormente, puede rastrear el flujo de materiales y de información desde el consumidor final (usuario final) hacia atrás por medio del sistema de distribución hasta el productor y después hasta los proveedores y las fuentes de materia prima. La totalidad de esta cadena de actividades y procesos constituye la cadena de suministro de ese grupo de productos.

Liderazgo operativo El iPod de Apple

Muchos productos de consumo de alta tecnología no son manufacturados por las compañías cuyas marcas ostentan sino que, en lugar de ello, se producen por una multitud de otras empresas que actúan como proveedores de primera, segunda y, tal vez, tercera línea hasta la organización comercializadora. El iPod, el reproductor digital portátil de audio comercializado por Apple Inc. (http://www.apple.coml) es un ejemplo perfecto.

La idea del producto se originó en Apple Inc., pero la manufactura del mismo se subcontrata a Inventec (http://www.inventec.com/), con sede en Taipei, Taiwan. A su vez, Inventec subcontrata las partes necesarias a muchos otros proveedores (Toshiba, Synaptics, etc.) para ensamblar el iPod de Apple Inc.

Una parte fundamental en las operaciones del iPod es el circuito de computadora, el cual es responsable del control de sus funciones. Para estos circuitos de computadora, Inventec y Apple trabajaron de manera conjunta para seleccionar a PortalPlayer (http://portalplayer.com/), con sede en San José, California, quienes llevaron a cabo el diseño del circuito de computadora de acuerdo con las especificaciones de Apple Inc. Entonces, el diseño se traslada a eSilicon Corporation (http://www.esilicon.com/) para que se encargue de su producción, cuya oficina central se localiza en Sunnyvale, California. Por su parte, eSilicon contrata a TSMC o Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Ltd. para que se encargue de la manufactura de los circuitos de computadora, los cuales, una vez fabricados, se envían a Inventec. Entonces, los iPods se envían a Apple Inc. para su correspondiente distribución.

Fuente: Adaptado de *USA Today*, 18 de julio de 2005.

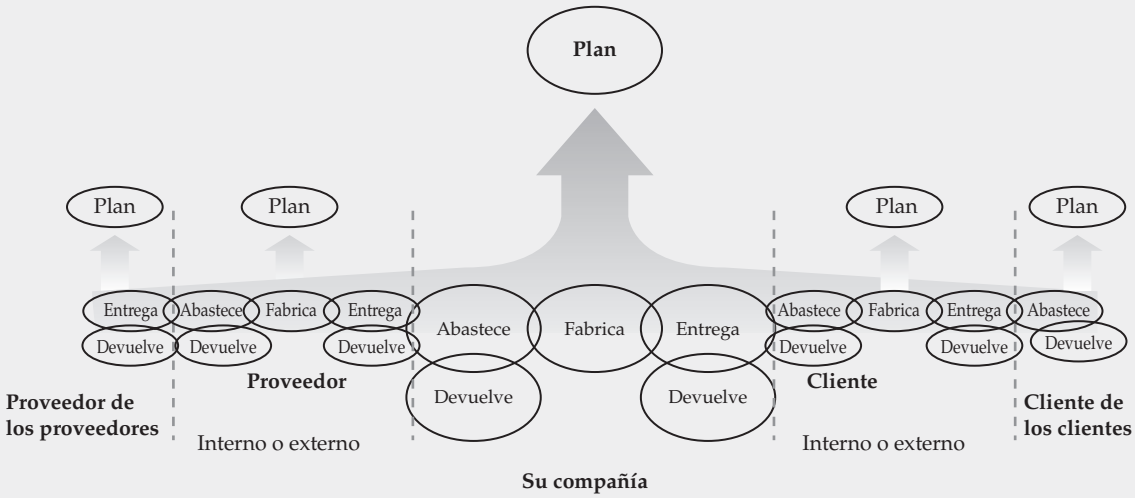
A partir de la comprensión del significado de una cadena de suministro, se presenta una útil definición de la **administración de la cadena de suministro** (SCM, *supply chain management*) tomada del Institute for Supply Management (http://www.ism.ws/):

> La administración de la cadena de suministro es el diseño y la administración de procesos perfectos y con un valor agregado a través de las fronteras organizacionales para satisfacer las necesidades reales de los clientes finales.

Con base en esta definición, la administración de la cadena de suministro se relaciona con una secuencia de procesos con un valor agregado que no sólo atraviesan las fronteras organizacionales sino que deben estar estrechamente integrados. Para estarlo, los procesos deben diseñarse adecuadamente y administrarse de modo sistemático con el fin de permitir que la información fluya y sea utilizada dentro y a través de ellos; por lo tanto, el diseño y la administración de dichos procesos implica que se tomen decisiones para implantar estrategias y para resolver problemas a efecto de asegurar un flujo efectivo y eficaz de materiales y de información necesaria a lo largo de toda la cadena de suministro. Estas estrategias y soluciones de problemas tienen como finalidad reducir la incertidumbre en la totalidad de la cadena de suministro —incertidumbre que crea cada nodo y que afecta a otros nodos ascendentes y descendentes—; por lo tanto, el hecho de asumir una perspectiva de sistemas es de gran importancia de manera que las estrategias y las soluciones de problemas para reducir la incertidumbre en un nodo no den como resultado el incremento de la incertidumbre creada en otro. En la sección 10.4, demostramos en forma más clara la dinámica de sistemas inherente a las cadenas de suministro y explicamos la razón por la que dicha cadena y su administración deben visualizarse de una manera holística.

Liderazgo operativo El modelo SCOR

El modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference*) o *referencia de las operaciones de la cadena de suministro* constituye un marco estructural y un estándar de procesos interindustriales para definir lo que implica la administración de la cadena de servicios. Al respecto, pretende desempeñar el mismo papel que el ISO 9000 o el reconocimiento Baldrige en cuanto a la administración de la calidad total.



El Supply-Chain Council (http://www.supply-chain.org/cs/root/home) introdujo el SCOR en noviembre de 1996. En ese momento, el Supply-Chain Council incluía 69 miembros voluntarios que representaban una muestra representativa de líderes industriales, por ejemplo: Dow Chemical, Texas Instruments, Federal Express. Las 69 empresas afiliadas trabajaron durante seis meses para establecer los procesos comunes de administración de la cadena de suministro, las mejores prácticas para ellos y los datos que se emplearían como puntos de comparación del desempeño.

La versión actual del modelo SCOR se ilustra como una pirámide de cuatro niveles en donde el 1 (nivel superior) define la administración de la cadena de suministro para incluir la administración de cinco procesos distintos: **planeación, abastecimiento, fabricación, entrega** y **devolución**. El proceso de planeación se refiere al desarrollo de un curso de acción (es decir, estrategias) para equilibrar la oferta y la demanda a la vez que se satisfacen los requisitos de abastecimiento, producción y entrega. El proceso de abastecimiento alude al conjunto de actividades que participan en la obtención de materiales y servicios para cubrir la demanda. El de fabricación corresponde al conjunto de actividades para transformar los materiales en una forma terminada capaz de satisfacer la demanda. El proceso de entrega remite al conjunto de actividades que intervienen en el ingreso de la orden, en el manejo de materiales y en el transporte de bienes y servicios para satisfacer la demanda. El de devolución se refiere al conjunto de actividades para el manejo de las devoluciones de bienes. Asimismo, el nivel 1 del modelo SCOR determina objetivos y metas para el desempeño.

El nivel 2 (nivel de configuración) integra 26 categorías básicas de procesos de la cadena de suministro que pueden utilizarse para configurar una estructura operacional real o ideal para la cadena de suministro de una organización. El nivel 3 (nivel del elemento del proceso) aporta información al nivel del proceso, por ejemplo: insumos/productos, métricas de procesos; para ayudar a las compañías a competir en el ámbito del mercado. Finalmente, el nivel 4 (nivel de implantación) auxilia a las empresas en la identificación e implantación de prácticas específicas de la administración de la cadena de suministro.

Una ventaja fundamental del modelo SCOR es que ofrece un marco estructural común y un léxico para la comunicación interorganizacional y para los esfuerzos encaminados al mejoramiento del desempeño de la totalidad de la cadena de suministro.

Fuente: Adaptado de los sitios web Supply-Chain Council (www.supply-chain.org) y www.army.mil.

Además de precisar la administración de la cadena de suministro a partir de una orientación de procesos o de toma de decisiones, muchos académicos y administradores la definen como la integración de tres funciones tradicionalmente separadas: compras, operaciones y logística. Tal integración puede comprenderse mejor mediante un estándar interindustrial

conocido como **modelo SCOR**, el cual se describe en el cuadro de Liderazgo operativo. Respecto de nuestro ejemplo, Z, compras sería la función que trata con el suministro físico para asegurar el flujo de materiales y de información hacia Z; operaciones sería la función que se esfuerza por garantizar el flujo de materiales y la información requerida desde Z a otras entidades en forma descendente en la distribución física, y logística sería la función que diseña y administra el transporte físico de materiales tanto hacia adentro como hacia afuera de Z y a partir de direcciones con flujos hacia adelante y flujos hacia atrás.

Lo que debe destacarse es que, en años recientes, las tres funciones (compras, operaciones y logística) evolucionaron y asumieron responsabilidades en cuanto al flujo de materiales. En consecuencia, hay un desvanecimiento de las fronteras en cuanto a qué deberes, decisiones y problemas pertenecen a las áreas de compras, de operaciones o de logística; por ejemplo: lo que solía conocerse, como consejo de administración de logística (Council of Logistics Management) ha sido renombrado como consejo de profesionales en administración de la cadena de suministro (Council of Supply Chain Management Professionals) (http://www.cscmp.org/) para reflejar una definición más amplia de la administración de la logística que es idéntica a la de la administración de la cadena de suministro. De modo parecido, la National Association of Purchasing Managers (Asociación Nacional de Administradores de Adquisiciones) cambió su nombre a Institute for Supply Management (Instituto para la Administración de Suministros, ISM).

Un aspecto que contribuye a la confusión en la terminología es la **administración de la demanda**, la cual se discute con frecuencia como el lado opuesto al de la administración del suministro y, en esencia, se refiere a decisiones que se toman para afectar las cantidades demandadas de uno o más productos que son atendidos por una cadena de suministro. Por lo común, dichas decisiones son tomadas por mercadotecnia e incluyen mecanismos como qué productos o características de productos deben ofrecerse, cuál debería ser el precio, cómo deberían promoverse los productos y a través de qué canales de distribución deberían venderse. Mientras que la administración de la cadena de suministro trata de acoplar la oferta con la demanda, la administración de la demanda se concentra en la creación y en la administración de las cantidades de uno o más productos que puedan ser atendidos por una cadena de suministro, lo cual da lugar a otro término: **administración de la cadena de la demanda**.

10.2 COMPRAS Y LOGÍSTICA

Las funciones de compras y de logística son básicas para el desempeño eficaz y efectivo de las cadenas de suministro; coordinan y colaboran con la función de operaciones dentro de las empresas para entregar productos y servicios a los clientes a la vez que se satisfacen los objetivos de costos, calidad, entrega y flexibilidad.

La función de compras abastece insumos al proceso de transformación de la compañía provenientes de otras organizaciones lucrativas y no lucrativas los cuales van desde productos tangibles (materia prima, partes y equipos de capital) hasta servicios (viajes de empleados, cuidados de la salud y consultoría). Al abastecer los insumos, la función de compras tiene la responsabilidad de muchas tareas que, casi siempre, se identifican como el **ciclo de compras** que se muestra en la figura 10.3. Como se explica, la función de compras recibe información de un usuario (es decir, una persona o un departamento) acerca de una necesidad, la cual puede ser un producto o servicio, que debe estar claramente especificada: si la necesidad es de capacitación, las especificaciones, idealmente, deben incluir información acerca de los temas de capacitación, la época y la duración, el nivel, etc.. Una vez establecidas las especificaciones, debe contestarse la pregunta de si es indispensable abastecer la necesidad a partir de un proveedor. En ocasiones, la necesidad puede satisfacerse internamente; tal vez haya un cierto talento acerca de la capacitación en la manufactura esbelta dentro de la empresa. Cuando una necesidad no puede cubrirse de manera interna, el área de compras inicia el proceso de identificación y evaluación de proveedores potenciales, la selección de un proveedor, el acuerdo de contratación y los

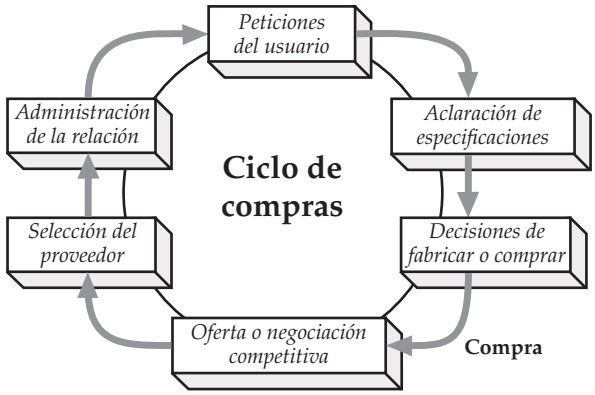


FIGURA 10.3
Ciclo de compras.

detalles de la orden, el proveedor seleccionado y la supervisión y la administración de la relación con ese proveedor.

De un modo creciente, las empresas participan en el **abastecimiento global**: la práctica de obtener los bienes y servicios necesarios sin restricciones geográficas. Las tareas específicas del abastecimiento no cambian, sólo el hecho de que el conjunto de proveedores potenciales ya no se integra por aquellos que residen en el mismo país. Al ir más allá de las fronteras de una nación, las compañías consiguen un amplio conjunto de posibles proveedores y pueden tomar ventaja de las diferencias de costo y de talento de un país a otro.

Sin embargo, el abastecimiento global tiene sus desafíos. Abastecerse desde China, por ejemplo, condujo recientemente a preocupaciones importantes sobre la calidad y la seguridad del producto: Mattel y sus juguetes o los revestimientos de madera de las construcciones residenciales en Florida. Las fluctuaciones en los tipos de cambio también pueden amenazar los ahorros en costos resultantes de abastecerse a partir de una nación con costos más bajos; por ejemplo: si el dólar estadounidense se devaluase 50% contra el peso mexicano, los pagos que se hubiesen negociado en pesos a proveedores mexicanos serían dos veces más costosos en términos de dólares; por lo tanto, el abastecimiento global presenta tanto beneficios como riesgos. Debe efectuarse una cuidadosa evaluación tanto de las ventajas como de las desventajas para las oportunidades de abastecimiento global.

Por lo regular, la función de logística se encarga del movimiento real y del almacenamiento de bienes dentro de las organizaciones a lo largo de la cadena de suministro. En teoría, este desplazamiento se orienta en forma descendente hacia el cliente; no obstante, con el incremento de la atención en la sustentabilidad, en la actualidad, la función de logística también debe interesarse en la **logística inversa**: el movimiento, el almacenamiento y la eliminación de bienes que son devueltos por los clientes. Tales devoluciones pueden deberse a defectos o pueden ocurrir porque los productos ya no son utilizables y tienen que ser reciclados; Dell, por ejemplo, envía empaques a los consumidores que compran una nueva computadora Dell para reemplazar un modelo más antiguo. El empaque le permite al cliente devolver el modelo antiguo a la empresa para el salvamento y la eliminación adecuada de las partes a efecto de minimizar los impactos adversos al ambiente.

Existen tres decisiones clave que tipifican las responsabilidades de la función de logística: la elección del transporte; el empaque y el manejo de materiales y la ubicación y administración de los puntos de almacenamiento. La elección del transporte se relaciona con el *tipo de transporte*: cómo transportar los bienes físicamente entre varias localidades de una cadena de suministro. En otras palabras, ¿los bienes se envían por ferrocarril, por camión, por avión o por una combinación de estos modos? Los sitios de una cadena de suministro pueden ser unidades organizacionales de la misma compañía (entre el almacén y una planta de la misma corporación, por ejemplo) o unidades organizacionales de distintas empresas (el centro de distribución de un proveedor y el almacén de la organización compradora). Asimismo, desde la perspectiva de una empresa focal, la elección del transporte puede diferenciarse en términos de transporte *hacia el exterior* o *hacia el interior*: mientras que el transporte hacia el exterior se refiere al movimiento de los bienes desde la empresa

Liderazgo operativo Unpackaged (Sin empaque): una tienda de abarrotes londinense en favor de la ecología

Unpackaged no es una tienda de abarrotes común. Dedicada a los abarrotes orgánicos y fundada en 2006 por su propietaria, Catherine Conway, Unpackaged le pide a los clientes que traigan sus propios contenedores cuando hacen compras. Los clientes obedecieron llevándoles botellas, frascos de vidrio, bolsas de papel, bolsas de plástico y cajas usadas para transportar sus productos a casa. En el interior de esta tienda ubicada en Londres, los productos de abarrotes orgánicos se almacenan en barriles, cubetas y baldes, y tinas de color negro mate. Los clientes colocan sus compras en los contenedores que traen. La tienda fue descrita en un reporte de noticias de Reuters el cual puede consultarse en http://www.reuters.com/news/video?videoId=93941&videoChannel=74.

Al solicitarle que describiera la filosofía de la tienda, Conway respondió lo siguiente:

> Nos abastecemos de productos de ferias comerciales siempre que ello es posible; no vendemos productos que son transportados por aire; damos preferencia a los proveedores que son parte de cooperativas; y aplicamos los tres mismos principios básicos de la *jerarquía del desperdicio*: reducir, reusar y reciclar. Los empaques innecesarios incrementan el precio de los bienes porque hace un doble cobro: primero, cuando se compran bienes excesivamente empacados, y posteriormente, a través de los impuestos, los cuales se gastan al deshacerse de la basura restante. Por lo general, los empaques se desechan en rellenos sanitarios o por medio de incineración, y los dos métodos son muy contaminantes. Desde luego, algunos empaques pueden reciclarse, pero sólo algunos. Aun a pesar de nuestros mejores esfuerzos, la mayor parte de lo que traemos a casa termina en rellenos sanitarios [tomado de C. Dowdy, "On the Loose", *Hemisphere*, mayo de 2009, p. 92].

Cuando la tienda llegó a un año de antigüedad, el 7 de noviembre de 2007, se elaboró un reporte del impacto ambiental en el cual Unpackaged era comparada con una tienda convencional de abarrotes. De acuerdo con los datos arrojados, Unpackaged genera 1.5 toneladas menos de gas invernadero anualmente que una tienda de abarrotes convencional en la cual los compradores tienen la opción de usar papel o plástico al salir de la tienda.

Fuente: Adaptado de C. Dowdy, "On the Loose", *Hemisphere*, mayo de 2009, pp. 90-92; y el sitio web http://beunpackaged.com/.

focal hasta sus clientes, el transporte hacia el interior alude al movimiento de los bienes desde los proveedores hasta la empresa focal.

Segundo, el empaque y el manejo de materiales se concentra en hallar formas de proteger los bienes en tránsito de una localidad a otra o en la necesidad de un almacenamiento temporal antes de que se utilicen. Un empaque incorrecto y un mal manejo de materiales pueden tener efectos dañinos sobre los productos en tránsito. Así, al transportar bienes perecederos (carne, frutas y verduras) a través de largas distancias, se requiere de refrigeración; de otro modo, los bienes se deteriorarán y su consumo no será seguro cuando lleguen a su destino final. De hecho, el empaque puede ser también una herramienta primordial de mercadotecnia para propósitos de marcas comerciales y para inducir cambios en el comportamiento del consumidor. Lea el cuadro Liderazgo operativo llamado *Unpackaged: una tienda de abarrotes londinense en favor de la ecología* acerca del empacado con propósitos comerciales y la sustentabilidad del ambiente.

Tercero, la administración de los puntos de almacenamiento se concentra en la cantidad de instalaciones de almacenamiento que una cadena de suministro debe tener, en dónde deben localizarse las mismas y en cómo deben administrarse. Su número, tamaño y ubicación afecta la capacidad de respuesta de una cadena de suministro. Dichas instalaciones pueden pertenecer a la entidad que envía los bienes en forma descendente, a las

TABLA 10.1
Ejemplo de aspectos y decisiones para las funciones de compras y de logística

Función de compras	Función de logística
• Fabricar o comprar	• Modo de transporte
• Estrategias de administración de proveedores para bienes abastecidos	• Manejo y almacenamiento de materiales
• Calificación y selección de proveedores	• Empacado
• Evaluación y relaciones continuas de los proveedores	• Sitios de almacenamiento dentro de una cadena de suministro
• Asociaciones estratégicas con los proveedores	• Políticas de embarques
• Participación de proveedores en el diseño	• Proveedores de logística de terceras partes
• Estrategias de abastecimiento	

entidades que reciben los bienes en forma ascendente, o, como es cada vez más frecuente, a entidades independientes de terceras partes que ofrecen el modo de transporte.

La tabla 10.1 destaca los aspectos y las decisiones clave que tipifican las responsabilidades de las funciones de compras y de logística; ya que éstos se cubren en cursos sobre *administración de compras* y sobre *administración de la logística,* aquí se presenta únicamente una breve explicación.

10.3 MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Aunque es útil pensar en una cadena de suministro cuando se considera el conjunto de actividades que se requieren para manufacturar un producto o brindar un servicio, la medición de su desempeño no puede hacerse en forma aislada respecto de las diversas entidades que configuran la cadena de suministro para un producto o servicio en particular; por lo tanto, la medición del desempeño de una cadena de suministro debe hacerse tomando una compañía a la vez y desde la perspectiva individual de cada una, junto con algunas medidas que sean aplicables a la totalidad de la cadena de suministro. Desde el punto de vista de la medición de una cadena de suministro, cada empresa puede derivar sus propias medidas de desempeño, las cuales se ven, a la vez, afectadas por sus socios de la cadena de suministro. Por último, el desempeño de una organización dentro de una cadena de suministro puede influir, además, en el desempeño de otras corporaciones.

Suponga, por ejemplo, que una compañía manufacturera tiene tres tipos de inventarios: materia prima, producción en proceso y productos terminados. El nivel del inventario de materias primas es una función de los plazos de entrega de los proveedores y de los inventarios preventivos que se necesiten para manejar las variaciones en los plazos de entrega y en la demanda; por lo tanto, el inventario de materias primas depende de los proveedores de la cadena de suministro. De igual manera, el inventario de productos terminados es una función del plazo de la logística en el embarque del producto al cliente, el plazo del productor para reponer los inventarios y las variaciones del cliente en la demanda. Tanto la empresa como el cliente influyen en el nivel del inventario de productos terminados. A pesar de ello, el inventario de producción en proceso es el componente más controlable de los inventarios por parte de la compañía manufacturera misma y es una función del tiempo del *throughput* de la organización para convertir la materia prima en productos terminados; en consecuencia, al medir el desempeño de la cadena de suministro, debemos recordar que cada miembro de ella debe medir su propio desempeño, pero que éste es altamente influenciable por los demás miembros de la cadena. Aunque existen diversas métricas para evaluar el desempeño de la cadena de suministro, en general corresponden a las medidas de entrega, calidad, flexibilidad y costo expuestas en el capítulo 2. Algunos ejemplos de medidas específicas del desempeño incluyen las siguientes:

1. **Entrega.** En realidad, ésta tiene tres medidas distintas: entrega puntual, tasa de cumplimiento y plazo. En aquellas situaciones en las que se fabrica a la orden, una **entrega puntual** es el porcentaje de órdenes entregadas en forma completa y en la fecha solicitada por el cliente. Observe que las órdenes no se cuentan como entregadas cuando

sólo se cumple con una parte de una orden o cuando el consumidor no obtiene la entrega en la fecha solicitada; ésta es una definición exigente, pero mide el desempeño en cuanto a la entrega de la totalidad de la orden al cliente en la fecha requerida.

En aquellas situaciones en las que se fabrica con fines de almacenamiento, la **tasa de cumplimiento** se mide como el porcentaje de órdenes completamente cumplidas a partir del inventario. Los proveedores afectan la entrega puntual y las tasas de cumplimiento: si no proporcionan los componentes necesarios a tiempo, el inventario no podrá mantenerse o las órdenes no podrán entregarse a tiempo. Una entrega a tiempo depende de la capacidad del sistema de logística para enviar la orden al cliente a tiempo y, desde luego, de la capacidad del productor para hacer sus entregas de acuerdo con el programa.

La tercera medida de la entrega es el **plazo de reposición de inventario**, el cual corresponde al tiempo que transcurre desde que se coloca la orden hasta que se entrega al cliente. En el caso de un proceso de fabricación a la orden, el plazo depende de diversos factores, incluyendo el tiempo desde la colocación de la orden hasta el inicio del trabajo más el del *throughput* del productor (definido en el capítulo 6), más el tiempo de entrega al cliente. En el caso de un proceso de fabricación para almacenamiento, el plazo puede acortarse llevando inventarios en las instalaciones del productor o de los proveedores.

2. **Calidad.** Ésta puede medirse de varias maneras, incluyendo el desempeño del producto o servicio, la conformidad con las especificaciones y la satisfacción del cliente. La calidad se ve influida por las expectativas del cliente, por la capacidad de los proveedores para entregar un producto o servicio de calidad y por el proceso de planeación, control y mejoramiento de la calidad por parte del productor.
3. **Flexibilidad.** La flexibilidad es difícil de medir porque tiene una variedad de definiciones. Dos medidas comunes de flexibilidad son la del volumen y la de la mezcla. La **flexibilidad del volumen** es el tiempo que se requiere para aumentar o disminuir la producción en una cantidad fija (por ejemplo, el tiempo necesario para aumentar el volumen en 120%). La **flexibilidad de la mezcla** es el tiempo que implica cambiar la mezcla de productos o servicios entregados. Estas medidas se ven influidas por los niveles de inventarios del productor y del proveedor, por la capacidad disponible y por los plazos de entrega.
4. **Tiempo.** El tiempo puede medirse no solamente para una compañía individual, sino para la totalidad de la cadena de suministro. El **tiempo total del *throughput* de la cadena de suministro** es, precisamente, la suma de los tiempos de *throughput* (también denominados **tiempos del ciclo**) de cada una de las entidades de la cadena de suministro; por ejemplo: si el tiempo de *throughput* de un proveedor es de cinco semanas, el tiempo de *throughput* de un productor es de diez semanas y el tiempo de entrega para el cliente es de dos semanas, el tiempo total de *throughput* de la cadena de suministro es de 17 semanas. Como se explicó en el capítulo 6, si se tiene una tasa constante de consumo del inventario, el tiempo de *throughput* es el nivel del inventario dividido entre las tasas de consumo (una aplicación de la Ley de Little); si el nivel del inventario es de 10 millones de dólares y vendemos (o retiramos) 100 000 dólares por día, tendremos 100 días de tiempo de *throughput*. El tiempo de *throughput* de cada parte de la cadena de suministro (proveedor, productor, mayorista y minorista) se añade para obtener el tiempo total de *throughput* de la cadena de suministro.

   Sin embargo, también es importante considerar el tiempo para obtener el pago del producto una vez que se vendió. No basta con reducir los inventarios; la compañía debe conseguir el efectivo proveniente de las ventas de modo que pueda usar el dinero para producir y vender más productos. El **tiempo del ciclo de efectivo a efectivo** es una medida que se aplica con frecuencia para calcular la rapidez con la que una organización recibe el pago de sus clientes respecto de la rapidez con la que debe pagarle a sus proveedores. El tiempo del ciclo de efectivo a efectivo puede calcularse como sigue:

$$\text{Tiempo del ciclo de efectivo a efectivo} = \text{Días en inventarios} + \text{Días en cuentas por cobrar} - \text{Días en cuentas por pagar}$$

Investigaciones demostraron que la reducción del tiempo del ciclo de efectivo a efectivo puede mejorar la rentabilidad de una empresa. Dell Computer reportó un tiempo del ciclo negativo de efectivo a efectivo de −37 días (días en inventario = 4, días en cuentas por cobrar = 32, días en cuentas por pagar = 73). En otras palabras, Dell obtiene su dinero antes de pagar a sus proveedores. Éste es uno de los ciclos de efectivo a efectivo más rápidos en la industria debido a niveles muy bajos de inventarios y de cuentas por cobrar, aparejado con niveles relativamente altos de cuentas por pagar. Esto fue posible a través de una administración muy efectiva de la cadena de suministro de Dell.

5. **Costo.** Desde el punto de vista de las operaciones, a menudo el costo se refiere al **costo unitario** de un producto o servicio. El costo unitario se define como el costo total de manufactura, incluyendo materiales, mano de obra y gastos indirectos, dividido entre el número de unidades producidas. También, entre otros conceptos, se incurre en algunos costos adicionales en la distribución, el acarreo de los inventarios y las cuentas por cobrar. Los proveedores influyen mucho en él, ya que, con frecuencia, más de 50% de los costos se explican por los materiales adquiridos.

   Asimismo, el costo es una medida que puede analizarse en términos de la cadena de suministro como un todo, pues, a medida que un producto se desplaza a lo largo de ella, cada entidad añade un costo. Existen costos de materiales y de componentes provenientes de los proveedores. El productor añade una cierta cantidad de costos para fabricar y ensamblar el producto. El área de logística contribuye a los costos al enviar materiales y producción en proceso entre empresas dentro de la cadena de suministro y al trasladar el inventario de productos terminados al cliente. La suma de todos estos costos es el costo total de la cadena de suministro.

Es indispensable que una compañía establezca metas para las cinco áreas separadas de medición en cuanto a su propio desempeño; además, la organización deberá reunirse con sus proveedores y sus clientes para determinar las metas de la cadena de suministro como un grupo. Es esencial que se mejore la totalidad de la cadena de suministro y no sólo una porción puesto que el mejoramiento en la parte correspondiente a la cadena de suministro de la empresa podría funcionar en detrimento de otras partes y necesidades que deban coordinarse para el beneficio general del sistema; si una compañía reduce en forma unilateral, por ejemplo, su inventario de productos terminados, podría disminuir su costo, pero incrementará los faltantes de inventarios, lo cual afectará su capacidad para abastecer a sus clientes. De manera alternativa, una corporación podría reducir su inventario disminuyendo el tiempo de su *throughput* y trabajando también con los proveedores y el área de logística para aminorar sus tiempos de *throughput*; ello beneficiará a la totalidad de la cadena de suministro.

10.4 DINÁMICA DE LA CADENA DE SUMINISTRO: EFECTO DE LÁTIGO

Las entidades que componen una cadena de suministro se interrelacionan por el hecho de que envían materiales e información hacia arriba y hacia abajo de la misma. Las decisiones que toman y las acciones que emprenden pueden tener un efecto sustancial entre sí. Tales interrelaciones definen la dinámica que, por lo regular, observamos en cualquier cadena de suministro, y una manifestación específica de la dinámica de la cadena de suministro es el **efecto de látigo**, o lo que llaman los economistas **efecto acelerador**.

El efecto de látigo describe la creciente variabilidad en las órdenes que reciben las entidades en forma ascendente dentro de la cadena de suministro, lo que, a su vez, afecta la cantidad de inventario que mantienen esas entidades. Dicho efecto se ha observado en numerosas industrias que van desde productos de consumo hasta productos farmacéuticos y electrónicos.

Para ilustrar el efecto de látigo, considere la cadena de suministro de cuatro líneas que se muestra en la figura 10.4. El minorista, el cual está más cerca de la demanda de mercado, observa la demanda y coloca órdenes al proveedor de la primera línea. El proveedor

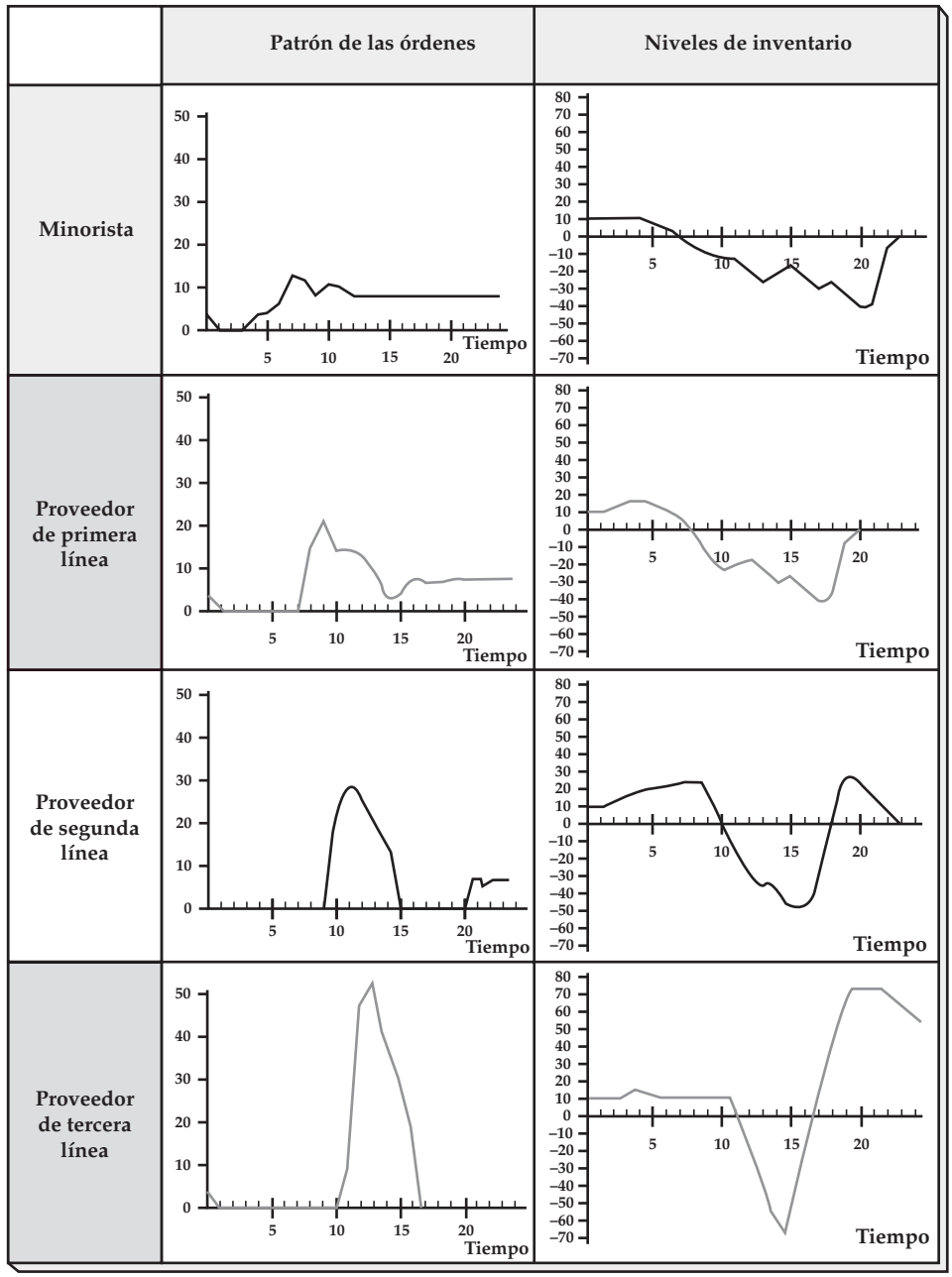


FIGURA 10.4
Efecto de látigo.

Fuente: Adaptado de J. Nienhaus, A. Ziegenbein y P. Schoensleben, "How Human Behaviour Amplifies the Bullwhip Effect. A Study Based on the Beer Distribution Game Online", *Production Planning and Control* 17, núm. 6 (2006), pp. 547-557.

de la primera línea recibe órdenes del minorista. Las órdenes del minorista corresponden a la demanda para el proveedor de la primera línea. A su vez, el proveedor de la primera línea transfiere las órdenes al proveedor de la segunda línea y así sucesivamente. Al mismo tiempo, ya que existe un plazo para la reposición de inventario involucrado en la producción y en la entrega de productos, cada entidad en esta cadena de suministro de cuatro líneas también mantiene un inventario. Al hacerlo así, cada entidad tiene como meta satisfacer rápidamente la demanda (por ejemplo: las órdenes que recibe una entidad) a partir del inventario y puede reducir el plazo de la reposición del inventario ya que las órdenes no deben esperar para ser producidas.

Al revisar las gráficas de los patrones de órdenes entre las cuatro entidades de esta cadena de suministro, pueden hacerse tres observaciones. Primero, observamos que existe variabilidad en las órdenes que recibe cada entidad de periodo a periodo; sin una variabili-

dad en las órdenes, se recibiría una y otra vez la misma cantidad en la orden hacia arriba de la cadena de suministro. Segundo, cuando comparamos la magnitud de la variabilidad de las órdenes que recibe el minorista con las que recibe el proveedor de la primera línea, con las que recibe el de la segunda y el de la tercera, surge un patrón interesante: a medida que retrocedemos más respecto del mercado o a medida que nos desplazamos hacia arriba de la cadena de suministro, la variabilidad de las órdenes que reciben las entidades ascendentes se amplifica; entre más alejada esté una entidad de la cadena de suministro, mayor será la variabilidad de las órdenes que reciba. Tercero, el mismo patrón de amplificación ascendente de la variabilidad de las órdenes describe, además, los niveles de inventarios a lo largo de las cuatro entidades de esta cadena de suministro; ya que las entidades de ésta no han sido sincronizadas para acoplarse a la demanda de mercado observada por el minorista, los tamaños variantes de órdenes que reciben las diversas entidades dan como resultado una acumulación de inventarios en algunas ocasiones y, en otras, originan faltantes de inventarios y demoras en las entregas. Por lo tanto, el efecto de látigo no sólo afecta al desempeño de las entidades individuales de una cadena de suministro, sino a ésta en su totalidad.

¿Por qué es tan común el efecto de látigo en las industrias? Una razón es que las entidades de la cadena de suministro que se ubican más ascendentemente alejadas pueden no tener acceso a la demanda real del mercado o tal acceso podría no serles concedido; en lugar de ello, utilizan pronósticos para guiar sus decisiones y acciones iniciales y usan las órdenes reales que han recibido para efectuar ajustes a esas decisiones y acciones. Cuando los pronósticos son inexactos, las decisiones y las acciones iniciales no corresponden a la demanda real del mercado y ello crea situaciones de abundancia o de escasez. Otro motivo es el plazo para la reposición del inventario (es decir, el tiempo que transcurre desde que se coloca una orden hasta que se recibe) al que se enfrenta cada entidad. Cuando una entidad de una cadena de suministro se enfrenta a un plazo sustancial para la reposición del inventario, puede no tener otra opción más que mantener un inventario de seguridad como un colchón contra órdenes inesperadamente grandes. Una tercera causa es la demora para compartir información hacia arriba y hacia abajo de la cadena de suministro. El minorista de la figura 10.4 puede estar del todo dispuesto a compartir los datos de la demanda de mercado hacia arriba de la cadena de suministro; por desgracia, ello no resolverá el problema en tanto haya plazos de entrega para el abastecimiento de las órdenes. Cuando la demanda aumenta al nivel del minorista, por ejemplo, el proveedor de la primera línea no sólo debe abastecer la orden más grande, sino que debe reponer su inventario, lo que conduce a órdenes más grandes que serán transferidas al proveedor de la segunda línea y así sucesivamente hacia arriba de la cadena de suministro. Eso explica la amplificación de órdenes que se observa hacia arriba de la cadena de suministro.

En síntesis, el ejemplo de la cadena de suministro que se presenta en la figura 10.4 ilustra cuatro aspectos clave acerca de la dinámica de la cadena de suministro:

1. La cadena de suministro es un sistema altamente interactivo. Las decisiones que toma cada parte de ella afectan a otras. Modificar algunas partes del sistema (por ejemplo: reemplazar un proveedor), sin variar las reglas que gobiernan las interacciones del mismo, puede no conducir a mejoras.
2. Con frecuencia, se observa un efecto de látigo (o efecto acelerador) en las cadenas de suministro. Las entidades ascendentes de la cadena de suministro (los almacenes y la fábrica) reaccionan a las órdenes infladas provenientes de entidades descendentes que se ubican más cerca del mercado colocando órdenes incluso más grandes en forma ascendente y manteniendo inventarios. Dichas órdenes infladas distorsionan la verdadera información de la demanda (el cambio en la cantidad, la época del cambio, etc.) observada en el mercado.
3. Incluso con información idónea disponible a todos los niveles, en una cadena de suministro puede observarse el efecto de látigo debido a plazos prolongados para la reposición del inventario entre las entidades de la cadena de suministro y a considerables retrasos en el compartimiento de información hacia arriba y hacia abajo de la misma.

4. La mejor forma de mejorar la cadena de suministro es reducir el plazo total para la reposición de los inventarios y realimentar información real de la demanda a todos los niveles tan rápido como sea posible. Los retrasos físicos y de información en la cadena de suministro sólo sirven para generar fluctuaciones en las órdenes y en los inventarios.

10.5 CÓMO MEJORAR EL DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Para minimizar el efecto de látigo y para mejorar el desempeño de la cadena de suministro, debe conseguirse una mayor *coordinación* no solamente dentro de las empresas, sino entre ellas. Una compañía común se organiza en **silos funcionales**, y diferentes departamentos administran distintos aspectos de la cadena de suministro; el área de compras, por ejemplo, se ocupa de los proveedores y de los inventarios de materia prima, el área de operaciones de la manufactura y del inventario de producción en proceso y el área de mercadotecnia administra la demanda y el inventario de productos terminados. Cuando estos departamentos carecen de coordinación, como a menudo sucede, se presentan efectos drásticos en la cadena de suministro dentro de la organización y más allá de ella. Si tal falta de coordinación se extiende más allá de la empresa de modo que las entidades dentro de la cadena de suministro no estén sincronizadas, el efecto de látigo no podrá reducirse de una manera efectiva.

La coordinación dentro y a través de la compañía puede incrementarse al cambiar y mejorar la estructura o la infraestructura de la cadena de suministro. Las modificaciones en la **estructura de la cadena de suministro** se relacionan con los productos y servicios que se ofrecen, los tipos y ubicaciones de las instalaciones, la tecnología del proceso y la distribución física y la integración vertical. Los cambios en la **infraestructura de la cadena de suministro** se asocian con los papeles y las responsabilidades de los empleados, con quiénes son los proveedores y cómo se manejan, y con los sistemas, incluyendo los sistemas de información, los del control de la producción, los del inventario y los de calidad.

Independientemente de que el mejoramiento que se pretende sea en la estructura o en la infraestructura de la cadena de suministro, la meta de cualquier iniciativa de mejoramiento debe ser facilitar una coordinación creciente para reducir la incertidumbre o el plazo total de reposición de los inventarios y el costo total de abastecer al mercado. Sólo cuando puede reducirse la incertidumbre en la demanda o en los tiempos de la oferta a lo largo de la cadena puede aminorarse la necesidad de inventarios; por ejemplo: en el caso extremo en el cual la incertidumbre de la demanda es de cero y el reabastecimiento es totalmente confiable, no se requiere algún inventario excepto para la mercancía en tránsito. El material puede programarse para que llegue exactamente cuando lo necesita el cliente. Del mismo modo, cuando se reduce el plazo total para la reposición del inventario en la cadena de suministro, dicha cadena, como un todo, puede reaccionar de una forma más flexible y más rápida a los cambios reales de la demanda, reduciendo de nuevo la inversión que debe hacer la cadena de suministro en inventarios.

10.6 MEJORAMIENTOS ESTRUCTURALES DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Los cambios en la estructura de la cadena de suministro reacomodan los elementos de dicha cadena, de ordinario, de un modo más drástico y profundo. Con frecuencia, dichas modificaciones son a largo plazo e involucran un capital considerable. Los cambios y el mejoramiento en la estructura de la cadena de suministro pueden lograrse de diversas maneras, incluyendo las siguientes:

1. Participar en una integración hacia adelante y hacia atrás.
2. Buscar una simplificación mayor del proceso.

Zara se integra de manera vertical para responder con rapidez a las cambiantes necesidades del mercado.

3. Cambiar la configuración de las fábricas, los almacenes o las localidades minoristas.
4. Buscar un rediseño mayor del producto.
5. Trabajar con proveedores de logística de terceras partes.

La **integración hacia adelante y hacia atrás** se refiere a la propiedad dentro de la cadena de suministro. Si una compañía manufacturera, por ejemplo, decide comprar a una empresa mayorista y distribuir sus productos sólo a través de ese mayorista, la integración es hacia adelante y hacia el mercado. Si la corporación manufacturera adquiere a una compañía de abastecimiento, la integración es hacia atrás en la cadena de suministro. Si una empresa posee la totalidad de la cadena de suministro, entonces se tiene una integración vertical total.

Zara es una cadena minorista de ropa con sede en España que participa de manera agresiva y exitosa en la integración vertical en apoyo de sus más de 800 tiendas de ropa en más de 50 países. Al integrarse a través del diseño, la producción, la distribución y el comercio minorista, Zara es un innovador en una industria en la cual la norma es subcontratar todas las actividades de producción a naciones con costos de mano de obra más bajos. Al poseer sus propias instalaciones de producción, Zara es capaz de imponer 85% de lo que deberá producirse durante la temporada, casi siempre con pequeñas corridas de lotes. Ya que ello implica efectuar inversiones en tecnología de la información para capturar y para transmitir información de la demanda a través de su cadena de suministro, Zara puede responder con rapidez a las cambiantes tendencias del mercado, y el tiempo del ciclo para un diseño encaminado a entregas a las tiendas es tan rápido como de dos semanas.

Además de los beneficios sustanciales del tiempo para la comercialización, la integración vertical cosecha las utilidades de los proveedores o distribuidores siempre y cuando exista un rendimiento atractivo sobre la inversión; no obstante, la integración vertical también tiene inconvenientes como la pérdida de flexibilidad ante una tecnología cambiante y la pérdida de economías de escala. Sin embargo, las decisiones de integración hacia adelante y hacia atrás pueden evaluarse como cualquier otra alternativa de inversión de la empresa y pueden ser la clave para el mejoramiento del desempeño de la cadena de suministro.

Se utiliza una **simplificación mayor del proceso** para optimizar las cadenas de suministro cuando los procesos son tan complejos o tan antiguos que se requiere un cambio más profundo. En este caso, se emplea un enfoque de *borrón y cuenta nueva* en el cual los procesos se diseñan desde cero sin consideración de los actuales.[1] Ello podría incluir considerables cambios conceptuales en cuanto a la forma en la que se conduce el negocio así como enormes cambios en los sistemas de información; considere las modificaciones, por ejemplo, que 3M hizo en su cadena de suministro para el producto denominado Notas Post-it. La planta estableció un sistema de demanda impulsada por el cliente, el cual utilizaba rápidos cambios de máquinas, una reposición diaria de los inventarios de las sucursales y una programación de la producción receptiva con base en la demanda diaria de los consumidores.[2] Esto trajo como consecuencia una tasa de cumplimiento de 99%, inventarios de producción en proceso de menos de un día, una reducción en los cambios de máquinas de dos horas a 13 minutos y una disminución en las introducciones de nuevos productos de 80 a menos de 30 días.

La tercera forma de reestructurar las cadenas de suministro es modificar el número y la configuración de los proveedores, fábricas, almacenes o sitios minoristas. En algunas ocasiones, el sistema de distribución ya no se configura de la manera correcta; por ejemplo: muchas organizaciones determinaron que tienen demasiados proveedores y están reduciendo su número a la mitad o más (**reducción de la base de proveedores**), ello se está haciendo para asociarse con los mejores proveedores a efecto de garantizar entregas justo a tiempo (JIT) y fuentes de material certificadas. Otro cambio estructural de este tipo ocurre

[1] Consulte, también, la explicación sobre reingeniería de procesos de negocios del capítulo 6.
[2] En realidad, esto implica cambios tanto en la estructura como en la infraestructura.

Liderazgo operativo Boeing 787 Dreamliner

El 787 Dreamliner es el nuevo avión comercial súpereficiente de Boeing. El 787 Dreamliner posee tres modelos: el 787-8 (el más pequeño), el 787-9 y el 787-3 (el más grande). El 787-3 tiene la capacidad de transportar 330 pasajeros, vuela a una velocidad óptima de Mach 0.85 y cuenta con la capacidad de recorrer rutas tan largas como 3 050 millas náuticas o 5 650 kilómetros. Se esperaba que el avión con el primer vuelo de prueba programado para 2007; estaría disponible para un servicio más amplio en 2008.

Además de su desempeño, existen diferentes aspectos que hacen del Boeing 787 Dreamliner un avión impresionante. Primero, el avión se manufactura usando 50% de materiales compuestos; en comparación, el 777 usa sólo entre 10 y 12%. El proceso de desarrollo del producto y la eventual cadena de suministro global también hacen al Boeing 787 Dreamliner único en su diseño, pues implicó la cooperación de un grupo internacional de 43 socios estratégicos de suministro de alto rango, quienes terminarán, asimismo, proporcionando cerca de 85% de las partes que componen el avión; de hecho, la única parte de importancia del 787 que Boeing construye en su planta de manufactura de Everett, Washington, es la aleta vertical y, el 85% restante, se transporta a esta planta por carretera, ferrocarril, mar y avión para el ensamblado final.

La lista de las compañías *contratación de servicios en economías emergentes* y partes asociadas incluyen a socios tan prestigiados como Messier-Bugatti (Francia) para los frenos eléctricos, Rolls Royce (Reino Unido) para los motores, Alenia Aeronautica (Italia) para los estabilizadores horizontales, Mitsubishi Heavy Industries (Japón) para la estructura de las alas y Chengdu Aircraft Group (China) para el timón. La decisión de incluir a estos socios estratégicos fue motivada no tanto por el costo del diseño y de la producción como por el talento tecnológico y la promesa de nuevas operaciones de negocios con aerolíneas de los países respectivos de estos proveedores mayores. Air Nippon Airways ya estableció una orden récord para la entrega de los Boeing 787 y recibiendo por lo menos otras 460 órdenes de aviones provenientes de otros 37 clientes alrededor de todo el mundo.

Fuente: Adaptado de E. Rennie, "Beyond Borders: Operating Outside the Four Walls of an Enterprise to Build a Better Product", *APICS Magazine,* marzo de 2007, pp. 34-38.

en Europa a medida que se convierte en un mercado más unificado; como resultado, las compañías están descubriendo que necesitan un menor número de plantas y almacenes en diferentes localidades. En muchas se lleva a cabo una reconfiguración completa de las instalaciones de producción y de distribución.

Por lo regular, cambiar la configuración de una cadena de suministro implica prácticas como las **subcontrataciones** o **las contrataciones en países emergentes**. Estas últimas ocurren cuando una empresa desplaza un trabajo que se ejecutaba internamente a otra instalación que pertenece a la misma compañía, pero que se localiza en otro país. La subcontratación se presenta cuando un trabajo que tradicionalmente se había ejecutado en forma interna se delega a otra organización, indistintamente de que ésta esté en el mismo país o en otro. Cuando una actividad se transfiere de una localidad nacional a las instalaciones de otra empresa en otra nación, la clasificación *contratación de servicios en economías emergentes* es la más apropiada.[3] En la actualidad, las compañías manufactureras de Estados Unidos participan de manera creciente en la *contratación de servicios en economías emergentes* y los subsistemas más extensos de productos complejos se diseñan y manufacturan por un grupo directivo global de corporaciones. Aunque el costo de la mano de obra es un factor primordial, éste no es, en forma alguna, la única razón para subcontratar. Lea el cuadro de Liderazgo operativo *Boeing 787 Dreamliner* para comprender el enfoque de Boeing hacia el desarrollo y la manufactura de los aviones 787.

[3] Cuando una empresa busca una *contratación de servicios en economías emergentes*, la compañía está, en esencia, participando en un abastecimiento de tipo global.

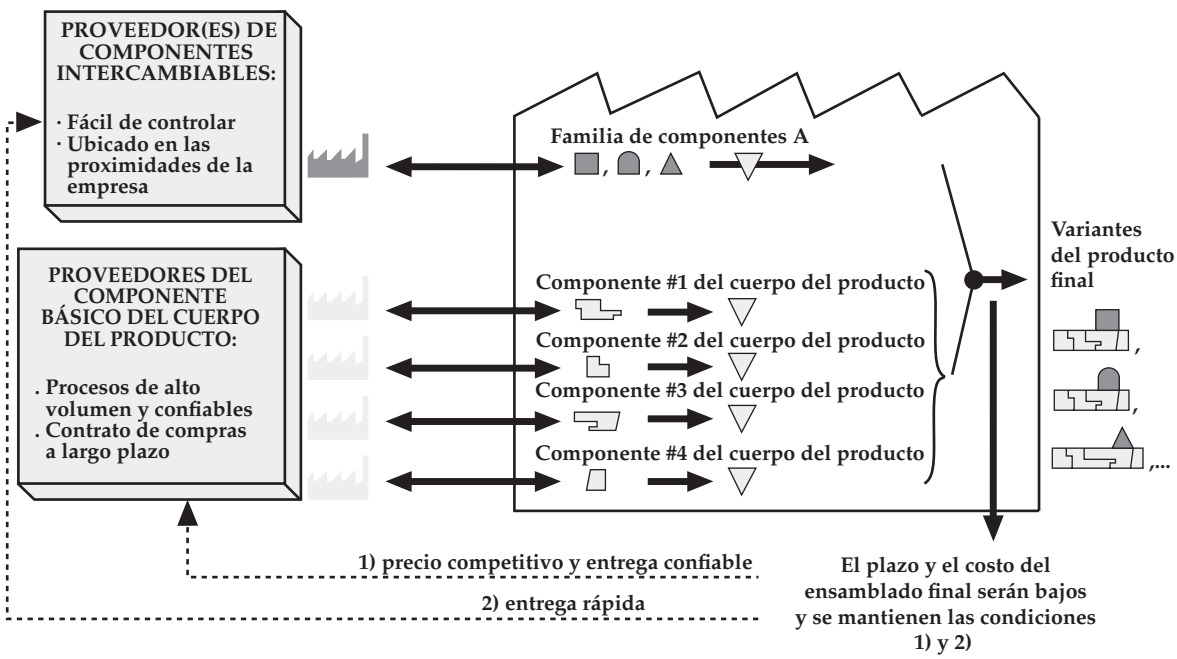
Por lo común, el rediseño profundo de un producto es otra iniciativa indispensable para efectuar mejoramientos en la cadena de suministro. Algunas compañías hallaron que tienen demasiadas variaciones y tipos diferentes de productos, algunos de ellos con ventas extremadamente bajas; en consecuencia, las líneas de productos se reducen y se rediseñan para infundirles un carácter más modular; por ejemplo, Hewlett-Packard detectó que debía fabricar muchos modelos distintos de impresoras láser debido a los diversos requisitos de energía en diferentes países. Para resolver el problema, la empresa decidió adoptar un diseño de una impresora láser con un módulo intercambiable de suministro de energía que pudiera insertarse en el último minuto para configurar la impresora para el país en particular donde se usaría. Con excepción del módulo intercambiable de suministro de energía, todas las demás partes de la impresora láser seguían siendo las mismas en todos los países. Esta **estrategia de posposición** le ahorró a la corporación millones de dólares.

Otras organizaciones globales han seguido los pasos de Hewlett-Packard incorporando la **construcción de módulos** en los diseños de sus productos. Los diseños modulares de productos han catalizado la búsqueda de la personalización en masa y le permitieron a esas empresas obtener muchos beneficios operacionales, incluyendo flujos de procesos más sencillos, una menor complejidad en los procesos, inversiones más bajas en inventarios y un reducido costo unitario. Además, esas compañías pudieron reconfigurar sus cadenas de suministro ya que el tipo de módulos incorporados tiene implicaciones en la selección de proveedores, en el modo en el que son administrados, en los contratos que deben buscarse con ellos y en su proximidad.

La figura 10.5 muestra, por ejemplo, las implicaciones de la cadena de suministro al incorporar **módulos de componentes intercambiables** en el rediseño del producto, en esencia, lo que hizo Hewlett-Packard. Los proveedores de partes comunes se administran con contratos de compras a largo plazo, con un enfoque en la fijación de precios y en una entrega confiable. Tales proveedores producen altos volúmenes y tienen procesos de transformación confiables. En contraste, los proveedores de componentes intercambiables se seleccionan con base en la proximidad y en la capacidad para hacer entregas rápidas, son administrados de una manera muy estrecha y, con frecuencia, están bajo un fuerte control por parte de la empresa compradora.

FIGURA 10.5 Los módulos de intercambio de componentes y la cadena de suministro.

Fuente: Tomado de F. Salvador, C. Forza y M. Rungtusanatham, "How to Mass Customize: Product Architectures, Sourcing Configurations", *Business Horizon* 45, núm. 4 (2002), pp. 61-69.



Algunas compañías tomaron la decisión estratégica de asignar el desempeño de la administración de los inventarios, la distribución y la logística a organizaciones conocidas como **proveedores de logística de terceras partes**. Estos últimos se convierten en nuevos nodos de la cadena de suministro y, entonces, cambian la estructura de una cadena de suministro existente; por ejemplo: National Semiconductor se concentra en la fabricación de semiconductores. Ya que el producto se elaboró, se le entrega a Federal Express para que se haga cargo del inventario o de la distribución; de ese modo, Federal Express almacena el producto, toma las órdenes entrantes y envía el producto al consumidor. En el pasado, Federal Express hubiera sido responsable sólo de la porción de los envíos de la cadena de suministro común; al convertirse en un proveedor de logística de terceras partes, los centros de distribución de Federal Express se transforman en nuevos nodos de la cadena de suministro de una empresa.

10.7 MEJORAMIENTOS INFRAESTRUCTURALES DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Los cambios para el mejoramiento de la infraestructura de la cadena de suministro se efectúan dentro de una estructura o configuración específica de ella. Con frecuencia, se considera que tales modificaciones son del lado *blando* de la cadena de suministro, pues implican cambiar la manera en la que opera dentro de arreglos estructurales específicos. Ello significa que las decisiones acerca de aspectos como la integración vertical, el número y el tipo de fábricas y almacenes y los diseños principales de productos o procesos ya se hicieron.

Sin embargo, no significa que las iniciativas para el mejoramiento de la infraestructura de la cadena de suministro no puedan tener un impacto más fuerte. El objetivo de las iniciativas para el mejoramiento infraestructura de la cadena de suministro es el mismo: eliminar las fuentes de incertidumbre, el tiempo y el costo de la cadena de suministro. Los progresos en la infraestructura de la cadena de suministro pueden ser tan espectaculares y tan importantes como los del cambio de su estructura. Aunque se dispone de numerosas iniciativas para optimizar la infraestructura de la cadena de suministro, nos concentraremos en las cinco siguientes:

1. Equipos interfuncionales.
2. Asociaciones.
3. Reducción del tiempo de preparación.
4. Sistemas de información.
5. Cruces de andenes.

En la actualidad, la utilización de equipos interfuncionales está muy difundida en muchos negocios. Su propósito es aportar la coordinación que falta por medio de varios departamentos y funciones de una compañía; por ejemplo: por lo regular, se usa un equipo interfuncional para planear y controlar el programa maestro de manufactura. El equipo, que se integra por representantes de mercadotecnia/ventas, producción, recursos humanos y contabilidad/finanzas, desarrolla un pronóstico de las órdenes futuras esperadas, planea la capacidad de la manufactura y programa las órdenes de los clientes. Entonces, todo mundo concuerda en trabajar hacia la ejecución de este plan. Sin un equipo interfuncional de este tipo, mercadotecnia hace un pronóstico, producción emplea un pronóstico distinto para planear su producción y no se suministra el capital necesario para proporcionar la capacidad requerida. Sin un equipo interfuncional, los silos funcionales son muy eficientes para la destrucción de cualquier propuesta de un programa maestro que todo mundo pueda implantar.

Las **asociaciones** con los proveedores y los clientes brindan coordinación a través de los negocios del mismo modo que los equipos interfuncionales aportan coordinación dentro de la compañía. Las asociaciones inician con un compromiso por parte de ambas empre-

Liderazgo operativo Respuesta eficiente del consumidor en Europa

En 1994, en Europa se lanzó una asociación comercial conjunta y, a la vez, cuerpo industrial, ECR Europe (www.ecr-net.org), dentro de la industria de abarrotes. En gran parte, la creación de esta institución organizadora fue impulsada por el inestable ambiente de los negocios de esa época. Una tecnología de la información sofisticada, una competencia global en aumento y la existencia de márgenesimplacables,junto con un foco creciente de atención del consumidor sobre alternativas más amplias, comodidad en las compras, un servicio superior y una progresiva frescura y calidad del producto, condujeron a la comprensión de que la separación tradicional del productor y el minorista y la ausencia de una coordinación y competencia real entre esas dos entidades no podría funcionar. Al formar ECR Europe, la intención fue encontrar formas de volver a la cadena de suministro de abarrotes más receptiva a los cambios en la demanda del consumidor reduciendo, al mismo tiempo, los costos de satisfacer la demanda de los clientes.

Con oficinas centrales en Bruselas, Bélgica, ECR Europe ha influido en el establecimiento de organismos similares dentro de los países europeos, en otras regiones geográficas (por ejemplo, ECR Asia y ECR Australasia), y en naciones fuera de Europa (por ejemplo, ECR Brasil). Hoy en día, ECR Europe trabaja estrechamente con estos cuerpos nacionales e internacionales para promover, facilitar y apoyar proyectos encaminados a la exploración de nuevas iniciativas de colaboración que permitan que los deseos del consumidor se satisfagan *mejor, más rápido y a un costo más bajo* (tal es la declaración de su misión). Algunos ejemplos de proyectos actuales incluyen cómo reducir la merma en la cadena de suministro, cómo medir e implantar la disponibilidad óptima de productos en estantes y cómo fabricar los empaques para satisfacer los requisitos de sustentabilidad. Los resultados de los proyectos se comparten ampliamente a través de publicaciones, en conferencias anuales de ECR Europe y a través del International Commerce Institute (http://www.ecr-institute.orgl), la base de conocimientos de ECR Europe.

sas encaminado a establecer una relación de negocios a largo plazo que será mutuamente benéfica. Los socios deben desarrollar confianza entre sí para poder hacer este trabajo. Asimismo, es probable que los socios establezcan equipos de empleados provenientes de dos organizaciones distintas para que trabajen en forma conjunta en proyectos importantes para el mejoramiento: un equipo de ingenieros de una compañía de aparatos y el sitio clave de su cliente desarrollaron un nuevo producto a lo largo de varios meses. Este equipo trabajó con mucha eficacia y realizó una presentación final a los ejecutivos sénior de ambas empresas. Un ejecutivo miró al otro y le dijo: *¿Cuáles empleados son los tuyos y cuáles son los nuestros?* El equipo se había integrado tanto que era difícil distinguir a los miembros.

Otro ejemplo proviene de la industria de abarrotes. Por lo general, la demanda al nivel del minorista varía en cerca de 5% de una semana a otra; no obstante, la demanda a los niveles mayoristas y de proveedores fluctúa en factores de dos a cuatro veces esa cantidad; de nuevo, esto refleja el efecto de látigo. Para combatirlo, la industria de abarrotes formó una asociación de minoristas, mayoristas y productores con la intención de implantar lo que se conoce como respuesta eficiente del consumidor (ECR, *efficient consumer response*). Los elementos básicos de la respuesta eficiente del consumidor se encaminan a administrar tanto la demanda como la cadena de suministro para atender a los clientes con eficiencia. Para aprender más acerca de esta iniciativa de asociación de la cadena de suministro y su influencia global, consulte el cuadro de Liderazgo operativo llamado *Respuesta eficiente del consumidor en Europa*.

A menudo, es necesario utilizar principios y técnicas de eficiencia en el mejoramiento de la cadena de suministro para buscar la reducción del tiempo de preparación de la maquinaria entre las entidades que están dentro de la cadena de suministro; de hecho, en 2009, un reporte de McKinsey identificó la manufactura esbelta como una de las seis prácticas administrativas clave que diferencian a las empresas con un buen desempeño en la cadena de suministro de aquellas que tienen un desempeño deficiente en ella. La reducción del tiempo de preparación de la maquinaria puede requerir muchos días de la cadena de suministro, reduciendo el tiempo total del plazo para la reposición de los inventarios

y el tiempo total de *throughput* de la cadena de suministro; además, la disminución en los tiempos de preparación de las máquinas permite lograr lotes de materiales más pequeños y hace posible que el producto se fabrique y transfiera a lo largo de la cadena de suministro de una manera económica. Una vez que se reduzcan los tamaños de los lotes, el inventario de la cadena de suministro también se reducirá; el inventario tendrá una rotación más rápida y, con ello, será viable satisfacer mejor las necesidades del mercado. La reducción de los tiempos de preparación exige imaginación y puede hacerse en cualquier pieza de los equipos de producción simplemente alistándose para los cambios de configuración de las máquinas antes de que la máquina se detenga y haciendo los cambios con rapidez una vez que la máquina ya no esté en operación, de modo que la producción pueda reanudarse tan pronto como sea posible.

En las cadenas de suministro, son importantes las modificaciones a los sistemas de información. Uno de los cambios que están ocurriendo en la industria es la obtención de datos de ventas directamente del consumidor final y la realimentación de esa información mediante la cadena de suministro. Los proveedores ya no se limitan a obtener pedidos de sus clientes; también, conocen las ventas y las posiciones de inventarios de ellos, lo que le proporciona al proveedor una base para preparar mejores pronósticos (es decir, más exactos y más oportunos) de las órdenes futuras y de la capacidad de la planeación. El compartimiento de este tipo de información es sencillo una vez que se establecen asociaciones a través de la cadena de suministro; a pesar de ello, la captura y el compartimiento de la información de la demanda en forma descendente a lo largo de la cadena de suministro requerirán de sistemas de información mejorados y de nuevas reglas de decisión para la planeación de la capacidad. Tales elementos pueden integrarse dentro de un sistema de información revisado.

Los **cruces de andenes** son una innovación en el transporte que se ha atribuido a Walmart. La idea básica es que los envíos de un proveedor se toman a partir de varios andenes en el almacén cuando llegan y se transfieren directamente a un camión de Walmart de otro andén. Los artículos del inventario no pasan tiempo en el inventario del almacén; simplemente son trasladados de un andén a otro. Ello brinda el beneficio de envíos equivalentes a una carga de camión completa (es decir, economías de escala) a la vez que el inventario del almacén se reduce de manera impresionante. Los cruces de andenes se usan siempre que hay un volumen suficiente para hacerlos posibles.

10.8 TECNOLOGÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Los mejoramientos estructurales e infraestructurales de la cadena de suministro pueden contribuir a reducir el costo, la incertidumbre y el tiempo. A menudo, dichas mejoras toman ventaja de tecnologías avanzadas para facilitar una coordinación creciente entre las entidades de la cadena de suministro.

Internet y la World Wide Web, por ejemplo, son tecnologías innovadoras que están revolucionando no sólo la forma en la que ocurren las transacciones de negocios entre las empresas o entre éstas y los clientes, sino el modo en el que la cadena de suministro puede volverse más eficiente. Debido al internet, el **comercio electrónico (*e-commerce*)** ha florecido. Las conexiones **B2B** (business to business, negocio-a-negocio) bajo las formas de adquisiciones electrónicas, ingreso de órdenes y subastas de internet facilitan los intercambios de bienes y servicios a un nivel de empresa a empresa. De manera similar, las conexiones **B2C** (negocio-a-consumidor, *business-to-consumer*) están permitiendo que las empresas tradicionales de cemento y ladrillo creen un canal alternativo de distribución para ofrecer la venta de mercancías y servicios. Algunos ejemplos incluyen a BarnesandNoble.com, Target.com, united.com e, incluso, a productores de automóviles como Ford, BMW y Honda.

Al mismo tiempo, han emergido nuevos tipos de negocios para desempeñarse como intermediarios y para ayudar a las corporaciones tradicionales de cemento y ladrillo que

Liderazgo operativo La historia de Cisco

Cisco Systems, Inc., es el líder mundial en la construcción de redes para internet. Las soluciones de redes de Cisco, basadas en el protocolo de internet (IP), son el fundamento de internet y de la mayoría de la redes corporativas, educativas y gubernamentales alrededor del mundo; Cisco emplea 57 000 personas a escala global.

La compañía estableció la norma para las transformaciones de negocios empleando la tecnología de internet para integrar sus procesos fundamentales y su cultura. Los resultados han sido sorprendentes:

- 90% de las órdenes se toman en línea.
- Las ventas mensuales en línea exceden de 1 000 millones de dólares.
- 82% de las llamadas de apoyo pueden resolverse por medio de internet.
- La satisfacción del cliente se incrementó en forma considerable.

El director ejecutivo de Cisco, John Chambers, afirma lo siguiente: *El éxito de Cisco y el incremento en nuestras ganancias de productividad se deben, principalmente, a la instalación de las aplicaciones de internet para operar nuestro negocio. La habilidad para utilizar con orden el poder de internet a efecto de crear un modelo de negocios del Nuevo Mundo está impulsando la supervivencia y la competencia en el paso acelerado de la economía de la actualidad*.

Fuente: Sitio web de Cisco 2002 y 2009, www.cisco.com.

carecen de talento tecnológico a vender sus productos y servicios a través de internet; eBay.com (subastas), eBags.com (equipaje), y Expedia.com (viajes) son ejemplos de esta nueva clase de negocios.

En términos de la cadena de suministro, internet le permite rápidamente a los negocios conectarse entre sí y con el cliente final. Estas interconexiones ofrecen una integración y facilitan un intercambio más rápido y exacto de información mediante la cadena de suministro lo que da como resultado una mejor coordinación entre compañías. Cierta información que en alguna ocasión no era fácil de obtener hoy en día puede hacerse visible ante muchas capas de la cadena de suministro. En consecuencia, internet capacita a las organizaciones para que, al mismo tiempo, aceleren sus cadenas de suministro y reduzcan los costos. Consulte el cuadro de Liderazgo operativo *La historia de Cisco* para comprender el modo en que esta empresa aplica la internet para la administración de su cadena de suministro.

En todas las cadenas de suministro, existen dos procesos fundamentales que están siendo muy afectados por el internet:

1. La colocación de la orden
2. El cumplimiento de la orden

El proceso de **colocación de la orden** incluye no sólo el ingreso real de una orden proveniente del cliente, sino la información proporcionada antes de que la orden sea ingresada; antes de ordenar un artículo en particular, por ejemplo, un cliente podría estar interesado en saber si está disponible en el inventario, dónde se localiza y cuánto tiempo deberá esperar para que sea entregado. Cuando dicha información está disponible en el sitio web del proveedor, el consumidor la puede obtener con gran rapidez.

Internet puede facilitar una colocación más rápida de las órdenes y un incremento en la exactitud de una orden. A medida que la orden se toma en línea, pueden efectuarse verificaciones en cuanto a información faltante y ofrecerse menús de selección para asegurar que el cliente realice las elecciones correctas. Cuando éste hace una orden especial, pueden aportarse especificaciones al proveedor y, posteriormente, puede verificarse la consistencia cuando se cumple la orden. Después de que se ingresa la orden, internet le puede dar al cliente el estatus de la manufactura y del envío. Con internet puede simplificarse el proceso de colocación de la orden y hacerse más eficiente y menos propenso a errores.

Del mismo modo, internet puede mejorar el **cumplimiento de la orden**. En la actualidad, los avances en las tecnologías de planeación (los cuales se exponen con mayor detalle en el capítulo 16) permiten que las órdenes tomadas por el productor sean perfectamente compartidas dentro de una empresa para programar la producción de la orden o la repo-

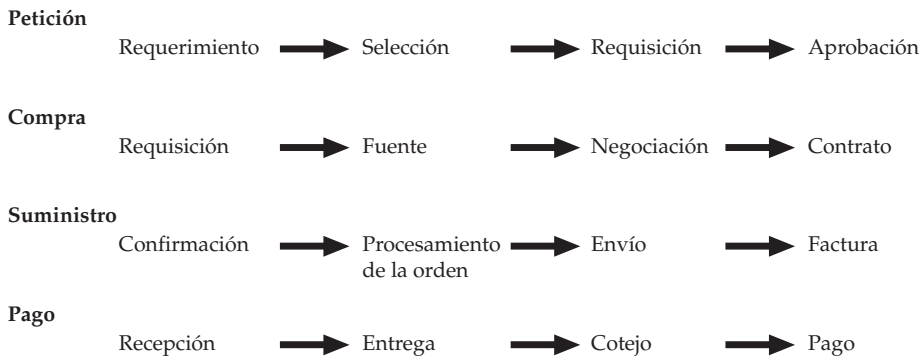


FIGURA 10.6
Procesos para las adquisiciones electrónicas (*e-procurement*).

Fuente: Adaptado de E. A. Ageshin, "E-Procurement at Work: A Case Study", *Production and Inventory Management Journal*, 1er. trimestre, 2001, pp. 48-53.

sición del inventario. Tales órdenes también pueden transmitirse perfectamente para controlar la manufactura interna de las partes de apoyo y la adquisición externa de materiales conforme sea necesario. Estas tecnologías avanzadas de planeación permiten, incluso, una colocación de órdenes de adquisición directamente con los proveedores y, en tales casos, éstos tienen visibilidad de las órdenes tanto actuales como de las planeadas para el futuro. Así, la totalidad de la cadena de suministro está electrónicamente vinculada.

Las **adquisiciones electrónicas (*e-procurement*)** desempeñan un papel esencial en el proceso tanto de colocación de las órdenes como en el cumplimiento de las mismas. Le permiten a una compañía interactuar electrónicamente con sus proveedores a través de conexiones B2B. En las adquisiciones electrónicas, se incluyen diversos procesos, como se ilustra en la figura 10.6. Cada uno de ellos puede hacerse electrónicamente por medio de internet.

Por lo común, existen tres tipos de servicios de adquisiciones electrónicas:

1. Los catálogos en línea donde se presentan productos, precios, especificaciones, ventas y términos de entrega.
2. Subastas de terceros para compradores y vendedores.
3. Intercambios privados dirigidos por grandes corporaciones.

Una enorme cantidad de proveedores grandes y pequeños ha puesto sus catálogos en línea de tal modo que los clientes puedan comprar fácilmente partes y componentes estándar. Ello simplificó mucho la colocación de una orden; sin embargo, el cumplimiento de la misma todavía debe hacerse físicamente a través de la fabricación y la entrega del producto con asistencia electrónica para la confirmación, la facturación y el pago.

Un ejemplo de **subastas de terceros** en la industria automotriz es el de Covisint, patrocinado por GM, Ford, Chrysler y otros. Este sitio de subastas inversas proporciona un acceso sencillo a los proveedores que desean hacer ofertas sobre contratos de partes y de componentes. En 2001, DaimlerChrysler llevó a cabo el evento de subastas más grande del mundo, el cual superó los 3 000 millones de dólares.

Numerosas compañías han integrado sus propias **actividades privadas de intercambio** para adquisiciones electrónicas, incluyendo a Dell Computer, Siemens, GE, Herman-Miller, IBM y Procter & Gamble; por ejemplo: IBM tiene 15 000 proveedores conectados a través de internet y todas las transacciones de sus adquisiciones se basan en la web. Para obtener respuesta a la pregunta acerca de cómo ha empleado IBM la World Wide Web para administrar su cadena de suministro, lea el cuadro de Liderazgo operativo titulado *IBM y las adquisiciones electrónicas*.

Los ámbitos de mercado de las adquisiciones electrónicas y de las conexiones B2B han crecido rápidamente. En 2009, las transacciones de adquisiciones electrónicas llegaron a tres trillones de dólares, con más de 20 000 ámbitos de mercado del tipo B2B; no obstante, este enorme crecimiento también ha generado problemas muy significativos:

- Se da demasiada atención a la tecnología sin una consideración adecuada al rediseño del proceso y a los aspectos de la coordinación del mismo.

Liderazgo operativo IBM y las adquisiciones electrónicas

El siguiente es un fragmento de una entrevista con el vicepresidente y director de adquisiciones de IBM, John M. Paterson, en cuanto a cómo cambió la web el modo en el que IBM efectúa operaciones de negocios.

P. Un productor del tamaño de IBM debe tener una cadena de suministro compleja. ¿Aproximadamente cuántos proveedores externos utiliza IBM?

R. Probablemente tenemos un total de 200 000 proveedores a través de todas nuestras líneas de manufactura. De ellos, sólo algunos cientos son proveedores clave. Debemos colocar cientos de millones de dólares en órdenes con proveedores clave en un año.

P. La administración de la cadena de suministro se ha convertido en un término de moda en la industria y en una preocupación de la manufactura en el último año. ¿Qué tan importante es el mejoramiento de la administración de la cadena de suministro externa para los productores de la actualidad?

R. Para IBM, es un asunto de vida o muerte. Hace 15 años éramos los principales diseñadores de las tecnologías en todos nuestros productos. En la actualidad, la velocidad del cambio tecnológico nos ha obligado a convertirnos en integradores de las tecnologías de otras personas para muchos productos.

P. En la arena de la cadena de suministro ha aparecido un número de herramientas y servicios basados en la web. ¿Qué tipos de servicios de la web son valiosos para los productores y cuáles deberían emplearse con precaución?

R. Una cantidad muy alta de servicios de la web tienen una fuerte inclinación hacia el lado de la compra de la cadena de suministro. Los servicios de la web sólo funcionan cuando benefician tanto al lado de la compra como al de la venta. Cuando un servicio le promete a los compradores que ahorrarán 15% y que ello provendrá de los márgenes de los proveedores, usted puede imaginarse cómo se sentirán los proveedores.

El valor real de los servicios de la web radica en la integración de la cadena de suministro y no en la capacidad para interconectar a los proveedores con base en el precio. Los servicios basados en la web que promocionan las opciones y las compras al contado son de poco valor para los grandes productores. Queremos desarrollar continuidad, calidad y niveles garantizados de abastecimiento a partir de nuestros OEM (original equipment manufacturers). . .

P. ¿En qué medida ha reemplazado la web el contacto personal con sus proveedores?

R. No ha sido así; en todo caso, tenemos más contacto personal. Nuestras relaciones con los proveedores clave ocupan una gran cantidad de nuestro tiempo. Esas relaciones son trascendentales para el éxito, y el contacto personal por parte de la alta administración es vital para la formación y el mantenimiento de ese nivel de confianza. Queremos seleccionar proveedores con los que podamos trabajar durante un periodo muy prolongado y trabajamos muy duro para formar y conservar esas relaciones.

Fuente: Adaptado de G. B. Latamore, "Get Personal", *APICS-The Performance Advantage*, octubre de 2000, pp. 30-35.

- No se desarrollaron en forma cuidadosa las proposiciones de un valor conjunto de modo que ambos socios puedan beneficiarse a partir de un intercambio B2B.
- Hay demasiados esfuerzos fragmentados entre las divisiones dentro de una misma compañía y enfoques fragmentados entre las empresas.
- El proceso está plagado de una extraordinaria cantidad de problemas relacionados con la exactitud de los registros y de los datos.

A pesar de estos conflictos, se ha conseguido un cierto progreso en la integración de las cadenas de suministro y la promesa para el futuro es muy atractiva. Las adquisiciones electrónicas se están volviendo rápidamente una práctica estándar en la industria.

10.9 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Toda empresa debe administrar una o más cadenas de suministro. La comprensión de la administración de la cadena de suministro es esencial para el mejoramiento del desempeño en todas las partes de la misma. Los aspectos clave de este capítulo incluyen lo siguiente:

- Una cadena de suministro es un conjunto de entidades y relaciones que definen de manera acumulada la forma en la que los materiales y la información fluyen hacia abajo y hacia arriba respecto del cliente. El flujo descendente facilita la transformación de materiales en unidades del producto final vendido a los clientes y la información

relacionada con el producto. El flujo ascendente facilita la devolución de unidades defectuosas, artículos reciclables e información para propósitos de planeación.

- La administración de la cadena de suministro se relaciona con el diseño y la administración de procesos con un valor agregado que no sólo atraviesan las fronteras organizacionales, sino que deben estar estrechamente integrados para permitir que la información y los materiales fluyan y sean utilizados por ellos y a través de ellos.
- Los administradores de la cadena de suministro toman decisiones para implantar estrategias y para solucionar problemas para asegurar un flujo efectivo y eficiente de materiales y de la información necesaria a lo largo de la totalidad de la cadena de suministro.
- La función de compras ejecuta diversas tareas del ciclo de adquisiciones para obtener bienes y servicios capaces de satisfacer las necesidades de la empresa.
- Las organizaciones que participan en un abastecimiento global adquieren bienes y servicios en forma global sin estar restringidas por las fronteras geográficas, pero se enfrentan a riesgos debido a la incapacidad para garantizar la calidad y debido a las fluctuaciones en los tipos de cambio.
- La función de logística se ocupa del movimiento y del almacenamiento de bienes dentro de una cadena de suministro.
- Las decisiones de logística buscan un medio eficiente y efectivo para transportar los bienes, para empacar y manejar las mercancías en tránsito y para almacenar los productos con el fin de lograr un desempeño superior de la cadena de suministro.
- La medición del desempeño de la cadena de suministro debe realizarse en cinco áreas: entregas, calidad, flexibilidad, costo y tiempo.
- De acuerdo con la filosofía de sistemas, las entidades de una cadena de suministro están interrelacionadas, interconectadas y dependen unas de otras. Estas entidades deben ser coordinadas para conseguir las metas generales de los sistemas y un desempeño superior en la cadena de suministro.
- El efecto de látigo, o efecto acelerador, se observa con frecuencia en las cadenas de suministro. Este efecto implica que la demanda de mercado se amplifica a través de la colocación de órdenes a entidades ascendentes en la cadena de suministro, de modo que, entre más lejana esté una entidad en forma ascendente, mayor será la variabilidad en las órdenes recibidas. Los retrasos de tiempo en la información y en los plazos para la reposición del inventario explican, en gran parte, la dinámica observada.
- La coordinación dentro de la empresa y entre las compañías de una cadena de suministro debe ser la meta de los esfuerzos para mejorar una cadena de suministro por medio de cambios estructurales o infraestructurales.
- Los mejoramientos estructurales en las cadenas de suministro pueden lograrse mediante una integración vertical; una simplificación mayor de los procesos; cambiando las configuraciones de los almacenes, la fábrica y los establecimientos al menudeo; un rediseño profundo del producto y la subcontratación de la logística a una tercera parte.
- La capacidad de formación de módulos en el rediseño del producto cambia la configuración de la cadena de suministro en términos de la selección del proveedor, administración del proveedor y proximidad del proveedor.
- Las prácticas de subcontratación y de contrataciones en países emergentes de la cadena de suministro modifican la configuración de la cadena de suministro de una empresa asignando un trabajo que se ejecutaba internamente a otras compañías dentro de la cadena de suministro, ya sea a escala nacional o en otros países.
- Los mejoramientos infraestructurales en las cadenas de suministro pueden conseguirse por medio de equipos interfuncionales, una reducción en el tiempo de preparación de la maquinaria, asociaciones, sistemas de información y a través de plataformas cruzados de carga y descarga.
- La reducción en el tiempo de preparación de la maquinaria a lo largo de la cadena de suministro puede facilitarse mediante la implantación de principios de manufactura esbelta en todas las entidades de la cadena de suministro.

- Los cruces de andenes se usan para mover rápidamente los materiales desde los andenes de recepción hasta los de salida sin ningún almacenamiento.
- Internet está creando nuevos tipos de negocios que facilitan las transacciones entre las empresas (B2B) o entre una compañía y sus clientes (B2C). Asimismo, internet está mejorando el desempeño de la cadena de suministro acelerando y reduciendo los costos de los procesos para la colocación y el cumplimiento de las órdenes.
- Existen tres tipos de servicios de adquisiciones electrónicas: catálogos en línea, subastas de terceros e intercambios privados. Tales servicios de adquisiciones electrónicas emplean internet para contactar a los compradores con los proveedores.

Términos clave

Cadena de suministro
Suministro físico
Distribución física
Canal de distribución
Administración de la cadena de suministro
Modelo SCOR
Administración de la demanda
Administración de la cadena de la demanda
Ciclo de compras
Abastecimiento global
Logística inversa
Entregas a tiempo
Plazo para la reposición del inventario
Flexibilidad del volumen
Flexibilidad de la mezcla
Tiempo total de *throughtput* de la cadena de suministro
Tiempos del ciclo
Tiempo del ciclo de efectivo a efectivo
Costo unitario
Efecto de látigo
Efecto acelerador
Silos funcionales
Estructura de la cadena de suministro
Infraestructura de la cadena de suministro
Integración hacia delante
Integración hacia atrás
Simplificación del proceso
Reducción de la base de proveedores
Subcontratación
Contrataciones en países emergentes
Estrategia de posposición
Módulos de intercambios de componentes
Proveedores de logística de terceras partes
Asociaciones
Cruces de andenes
Comercio electrónico
B2B
B2C
Cumplimiento de la orden
Adquisiciones electrónicas (*e-procurement*)
Subastas de terceros
Intercambios privados

Usted **decida**

En algunas organizaciones, las funciones de operaciones, compras y logística le reportan a un vicepresidente para la administración de la cadena de suministro. En otras, el personal de compras y de logística está subordinado al vicepresidente de operaciones. Incluso, en otras, estas funciones se tratan de manera separada, cada una con su propio vicepresidente. En su opinión, ¿cuál debería ser la estructura y la jerarquía organizacional apropiada? ¿Por qué?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. Federal Express
   http://www.fedex.com/us/supplychain/services

En este sitio web, encuentre qué servicios de administración de la cadena de suministro ofrece FedEx. ¿En qué circunstancias podría una compañía estar interesada en recurrir a ellos?

2. Supply Chain Council
   http://www.supply-chain.org/

Visite este sitio para estudiar el modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference). Asista a clase preparado para comentar cómo funciona el modelo y cómo puede aplicarse.

3. PriceWaterhouseCoopers
   http://www.pwc.com/

   Efectúe una búsqueda rápida de la página principal de PriceWaterhouseCoopers, usando las palabras *cadena de suministro* para hallar algunas de las últimas ideas que emplea esta empresa de consultoría.

4. Covisint
   http://www.covisint.com/

   Lea acerca de las soluciones que Covisint ofrece a los proveedores y a los clientes en la industria de automóviles. Acuda a clase preparado para expresar sus descubrimientos.

Preguntas de análisis

1. ¿Qué diferencia existe entre administración de la cadena de suministro y administración de la demanda?
2. Defina las cadenas de suministro para los siguientes productos desde la primera fuente de materia prima hasta el consumidor final:
   a) Big Mac.
   b) Gasolina.
   c) Reparaciones de automóviles.
   d) Un libro de texto.
3. ¿Por qué la administración de la cadena de suministro es un área importante de estudio? ¿Cómo contribuyen las funciones de compras y de logística al desempeño de la cadena de suministro?
4. ¿Cómo afectan los plazos de entrega y los errores de pronóstico al desempeño de la cadena de suministro?
5. ¿Por qué se requiere un incremento en la coordinación para administrar las cadenas de suministro? Mencione tres ejemplos.
6. ¿Cómo puede aumentarse la coordinación tanto internamente, dentro de la empresa, como externamente, con los clientes y proveedores?
7. Una cadena de suministro tiene la siguiente información:

	Proveedor	Fábrica	Mayorista	Minorista
Inventario en días*	30	90	40	20
Cuentas por cobrar en días	20	45	30	40
Cuentas por pagar en días	30	45	60	37
Costo unitario de adquisición	$5	$20	$55	$ 70
Costo unitario añadido	$10	$25	$10	$ 30
Precio unitario de venta	$20	$55	$70	$110
Entrega puntual (%)	85	95	75	95

*Éste es también el tiempo de *throughput* en días.

   a) Calcule el tiempo total de *throughtput* de la cadena de suministro para todas las entidades desde el principio hasta el fin.
   b) Estime el tiempo del ciclo de efectivo a efectivo para cada una de las cuatro entidades en forma separada. Con base en este cálculo, ¿quién se está beneficiando más?
   c) Calcule el costo total unitario entregado en la cadena de suministro desde el principio hasta el fin. ¿Qué cantidad de utilidades hay en la cadena de suministro?
8. Considerando los datos y los cálculos de la pregunta 7:
   a) ¿Qué entidades de la cadena de suministro tienen el peor desempeño en términos del tiempo de *throughput*, el ciclo de efectivo a efectivo, el costo unitario añadido y una entrega puntual?
   b) ¿Dónde deberían implementarse mejoras para beneficiar a la cadena de suministro como un todo?
9. ¿Cómo se relacionan los mejoramientos estructurales de la administración de la cadena de suministro con la reingeniería de los procesos de los negocios descritos en el capítulo 6? ¿En qué aspectos son iguales y en cuáles son diferentes?
10. ¿Cómo decidiría usted si una cadena de suministro necesita un mejoramiento en la estructura de la cadena de suministro, en la infraestructura de la cadena de suministro, o en ambos?
11. Suponga que la administración ha tomado la decisión de mejorar la estructura de la cadena de suministro. ¿Cómo decidiría cuál de los cinco enfoques debería aplicarse para el mejoramiento estructural?
12. ¿En qué circunstancias decidiría una empresa subcontratar todo su inventario, su distribución y su logística con una tercera parte?
13. Relacione las contrataciones en países emergentes con las subcontrataciones y con el abastecimiento global.
14. Explique la manera en la que la reducción del tiempo de preparación de las máquinas puede tener un poderoso efecto sobre la totalidad de la cadena de suministro.
15. ¿Por qué se utilizan tan ampliamente los equipos interfuncionales para el mejoramiento de la cadena de suministro?
16. Explique lo que se quiere decir con cruces de andenes, y describa los beneficios asociados.
17. Describa una compañía específica que realice adquisiciones electrónicas con un catálogo en línea, subastas de terceros o un intercambio privado. Si usted no está fa-

miliarizado con una empresa como ésta, encuentre una en internet que use alguno de estos enfoques.

18. ¿Qué problemas puede esperar hallar una organización con el cumplimiento de las órdenes cuando usa una colocación de órdenes en línea para hacer pedidos a sus proveedores?
19. ¿Cómo puede beneficiarse la totalidad de la cadena de suministro del empleo de las adquisiciones electrónicas?

Bibliografía

Ageshin, E. A. "E-Procurement at Work: A Case Study". *Production and Inventory Management Journal,* primer trimestre, 2001, pp: 48-53.

Badoc, Jean Luc. "The Context of E-Supply Chain Management". *Industrial Management*, septiembre-octubre de 2001, pp. 20-23.

Baliga, John. "Supply Chain Collaboration". *Semiconductor International*, enero de 2001, pp. 81-85.

Chopra, Sunil y Peter Meindl. *Supply Chain Management*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2006.

Constantine, Bruce, Bruce. D., Ruwadi y Joshua Wine. "Management Practices That Drive Supply Chain Success". *McKinsey Quarterly*, febrero de 2009, pp. 1-4.

Dowdy, Clare. "On the Loose". *Hemisphere*, mayo de 2009, pp. 90-92.

Fahey, L., R. Srivastava, J. S. Sharon y D. S. Smith. "Linking E-Business and Operating Processes: The Role of Knowledge Management". *IBM Systems Journal* 40, núm. 4 (2001), pp. 889-908.

Fisher, M. "What Is the Right Supply Chain for Your Product?" *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1997, pp. 105-116.

Hayes, Robert y Steven Wheelwright. *Restoring Our Competitive Edge: Competing through Manufacturing*. Nueva York: Wiley, 1984.

Hugos, Michael. *Essentials of Supply Chain Management*. Nueva York: Wiley, 2006.

Knolmayer, Gerhard, Peter Mertens y Aleaxander Zeierrt. *Supply Chain Management Based on SAP Systems*. Nueva York: Springer-Verlag, 2001.

Krizner, Ken. "Covisint Strikes Integration Platform Deal". *Frontline Solutions* 2, núm. 11 (octubre de 2001), pp. 66-68.

Latamore, G. B. "Get Personal". *APICS-The Performance Advantage*, octubre de 2000 pp. 30-35.

Lee, Hau L. "The Evolution of Supply-Chain Management Models and Practice at Hewlett-Packard". *Interfaces* 25, núm. 5 (septiembre-octubre de 1995), pp. 42-63.

Lee, H. L. "The Triple-A Supply Chain". *Harvard Business Review*, octubre de 2004, pp. 102-113.

Narayanan, V. G. y Ananth Raman. "Aligning Incentives in Supply Chains". *Harvard Business Review*, noviembre de 2004, pp. 94-103.

Nienhaus, J., A. Ziegenbein y P. Schoensleben. "How Human Behaviour Amplifies the Bullwhip Effect: A Study Based on the Beer Distribution Game Online". *Production Planning and Control* 17, núm. 6 (2006), pp. 547-557.

Salvador, F., C. Forza y M. Rungtusanatham. "How to Mass Customize: Product Architectures, Sourcing Configurations". *Business Horizon* 45, núm. 4 (2002), pp. 61-69.

Schonberger, Richard, J. "Strategic Collaboration: Breaching the Castle Walls". *Business Horizons*, marzo-abril de 1996, pp. 20-26.

Senge, Peter M. *The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization*. Nueva York: Currency Doubleday, 1990.

Senge, Peter M., Art Kleiner, Charlotte Roberts, Rick Ross y Bryan Smith. *The Fifth Discipline Fieldbook: Strategies and Tools for Building a Learning Organization*. Nueva York: Currency Doubleday, 1994.

Shah, Jennifer Balko. "FedEx's Hub of Supply Chain". *Electronic Component News*, abril de 2001.

Simchi-Levi, David, Philip Kaminsky y Edith Simchi-Levi. *Designing and Managing the Supply Chain*. Nueva York: McGraw-Hill, 2008.

Sohal, Amrik S., Damien J. Power y Mile Terziovski. "Integrated Supply Chain Management from the Wholesaler's Perspective". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 32, núm. 1/2 (2002), pp. 96-110.

Stadtler, Hartmut y Christopher Kilger. *Supply Chain Management and Advanced Planning*. 3a. ed., Nueva York: Springer-Verlag, 2004.

Tobin, Walter. "Globalizing the Supply Chain". *Electronic Component News* 46, núm. 5 (mayo de 2002), p. 27.

Capítulo 11

Preparación de pronósticos

Presentación del capítulo

11.1 Marco conceptual del pronóstico
11.2 Métodos cualitativos de pronóstico
11.3 Pronósticos de series de tiempo
11.4 Promedios móviles
11.5 Suavización exponencial
11.6 Errores de pronóstico
11.7 Pronósticos avanzados de series de tiempo
11.8 Métodos causales de pronóstico
11.9 Selección de un método de pronóstico
11.10 Planeación, preparación de pronósticos y reposiciones de inventario a un nivel colaborativo
11.11 Aspectos y términos clave
Usted decida
Ejercicios por internet
Problemas resueltos
Preguntas de análisis
Problemas
Bibliografía
Suplemento: métodos avanzados

La preparación de pronósticos es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros. Hasta la última década era, en gran medida, un arte, pero también se ha convertido en una ciencia. Aunque en el área de pronósticos todavía se requiere del criterio de la administración, en la actualidad los administradores se apoyan en herramientas y métodos matemáticos muy sofisticados. La preparación de pronósticos ha avanzado mucho respecto del arte oscuro de adivinar la suerte por medio de las estrellas, las hojas de té o las bolas de cristal.

Aquí describimos muchos y muy diferentes métodos de pronóstico y sus aplicaciones. Uno de los principales argumentos de este capítulo es que un método de pronóstico debe seleccionarse cuidadosamente para el uso particular que se le pretende dar. No existe un método universal de pronóstico para todas las situaciones.

Casi siempre los pronósticos resultan ser incorrectos; es raro que las ventas sean iguales a la cantidad exacta del pronóstico. A menudo, una pequeña variación respecto del pronóstico puede absorberse por un nivel adicional de capacidad, inventarios o reprogramación de órdenes, pero las variaciones fuertes pueden ocasionar grandes estragos en los

Liderazgo operativo Pronósticos de la cadena de suministro de Walmart

En 1962, Sam Walton abrió su primera tienda Walmart. En la actualidad, Walmart cuenta con más de 6 500 tiendas en todo el mundo, las cuales vendieron más de 405 mil millones de dólares en mercancía en el año fiscal 2009. Para favorecer el manejo de este complejo negocio, Walmart desarrolló un almacén de datos encaminado a la planeación, previsión y reabastecimiento colaborativo (CPFR, *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment*) con sus proveedores.

El almacén de datos contiene información acerca de cada uno de los artículos que se manejaron en cada tienda, cada día, durante las 65 semanas anteriores. Hoy en día, dicho sistema posee ocho terabytes (un billón de bytes) de datos sobre inventarios, ventas, pronósticos, demografía, precios, márgenes de ganancia, devoluciones y *canastas de mercado*. Los compradores, los comerciantes y los miembros de logística y de pronósticos, junto con sus 3 500 proveedores de mercancía, tienen acceso a esa información. Se dispone de más de 30 aplicaciones de computadora de modo que los usuarios puedan formular, prácticamente, cualquier pregunta que deseen.

Walmart le ofrece a cada uno de sus proveedores un estado mensual de pérdidas y ganancias para cada artículo suministrado, junto con una historia de la demanda y un pronóstico de las ventas futuras. Tal información aparece en el servidor del proveedor y ello le permite interactuar con los planificadores de Walmart para llegar a un pronóstico acordado para propósitos de planeación y de reabastecimiento del inventario. Asimismo, los proveedores pueden efectuar su propio análisis recurriendo el vasto almacén de datos de Walmart. Al utilizar este sistema tan avanzado, tanto Walmart como sus proveedores desarrollan decisiones participativas de planeación, de preparación de pronósticos y de reabastecimiento del inventario.

Fuente: Adaptado de Paul Foote y M. Krishnamurthi, "Forecasting Using Data Warehousing Model: Walmart's Experience", *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, otoño de 2001; y sitio web de Walmart, 2009.

negocios; por ejemplo: suponga que en un año en particular se pronostica que se venderán 100 000 cajas de un producto y que, en realidad, sólo se venden 80 000. Las 20 000 cajas adicionales pueden terminar en el inventario o, tal vez, podría recortarse el personal para reducir los niveles de producción. Se tiene un problema semejante cuando el pronóstico es demasiado bajo; entonces, la capacidad se ve estirada, puede contratarse de repente personal adicional o pueden perderse ventas debido a faltantes de inventarios. A partir de estos ejemplos, es evidente que la preparación de pronósticos posee un impacto muy fuerte en las operaciones y, en realidad, sobre todas las funciones del negocio.

Existen tres formas de lidiar con los errores del pronóstico. Una estriba en procurar reducir el error a través de mejores pronósticos. La segunda consiste en incorporar más flexibilidad en las operaciones en la cadena de suministro; y la tercera, en reducir el tiempo de espera a lo largo del cual se requieren los pronósticos. Incluso los buenos pronósticos tendrán algún error, pero el logro del error más pequeño posible es la meta consistente con los costos razonables de la preparación de pronósticos.

En reconocimiento de los errores inherentes a los pronósticos, todo pronóstico debe contar con, por lo menos, dos cálculos: uno para la mejor estimación de la demanda (por ejemplo: media, mediana o moda) y el otro para el error del pronóstico (desviación estándar, desviación absoluta o amplitud de rango). Preparar pronósticos con sólo un cálculo equivale a ignorar el error, pero ello es algo que ocurre comúnmente en la práctica.

Con frecuencia, los problemas en la preparación de pronósticos son muy complejos y difíciles; una muestra sería el pronóstico de los 50 000 artículos distintos que lleva una tienda de abarrotes común. El faltante de una marca en particular o de un cierto tamaño del paquete puede ocasionar una pérdida de ventas tanto para el minorista como para el productor; por lo tanto, el pronóstico ocupa un papel central en la empresa, y a lo largo de toda la cadena de suministro, debido a su complejidad y a su impacto sobre la compañía. En el cuadro "Liderazgo operativo" se describe la manera en la que Walmart maneja la preparación de pronósticos complejos en su cadena de suministro.

La primera parte de este capítulo presenta un marco descriptivo para la preparación de pronósticos. Se exponen con detalle distintos métodos y sus posibles aplicaciones. Después, se describen los usos del pronóstico en las organizaciones.

11.1 MARCO CONCEPTUAL DEL PRONÓSTICO

Aunque hay muchos tipos de pronósticos, este capítulo se concentrará en la preparación del pronóstico de la demanda para la producción proveniente de la función de operaciones; sin embargo, la demanda y las ventas no siempre son lo mismo. Siempre que la demanda no esté restringida por la capacidad o por otras políticas administrativas, el pronóstico de la demanda será el mismo que el de las ventas; de lo contrario, las ventas pueden ser un tanto inferiores a la demanda real del cliente.

Asimismo, debemos establecer desde el principio la diferencia entre el pronóstico y la planeación. El pronóstico trata de aquello que *pensamos que sucederá* en el futuro. La planeación trata con lo que *pensamos que debería pasar* en el futuro; por lo tanto, a través de la planeación, pretendemos alterar de una manera consciente los eventos futuros en tanto que usamos los pronósticos sólo para predecirlos. Una buena planeación emplea un pronóstico como insumo; si éste no es aceptable, en ocasiones, puede diseñarse un plan para modificar el curso de los eventos.

El pronóstico es un insumo para todos los tipos de planeación y control de los negocios, tanto dentro como fuera de la función de operaciones. El marketing recurre a los pronósticos para la planeación de los productos, la promoción y el establecimiento de precios. Finanzas los usa como un insumo para la planeación financiera. El pronóstico es un insumo para las decisiones de operaciones relacionadas con el diseño del proceso, la planeación de la capacidad y los inventarios.

Para propósitos de diseño del proceso, se requiere un pronóstico para decidir sobre el tipo de procesos y el grado de automatización que se utilizará; un bajo pronóstico de ventas futuras, por ejemplo, puede indicar que se necesita poca automatización y que el proceso debería mantenerse lo más sencillo posible. Si se pronostica un mayor volumen, puede justificarse más automatización y un proceso más elaborado, incluyendo un flujo de línea de ensamble. Ya que las decisiones de los procesos son, por naturaleza, a largo plazo, pueden demandar pronósticos para muchos años hacia el futuro.

Las decisiones de capacidad manejan pronósticos a diversos niveles de agregación y de precisión. Para la planeación de la capacidad total de las instalaciones, se necesita un pronóstico a largo plazo de varios años hacia el futuro. Para las decisiones que implican una capacidad de categoría mediana y que se extienden a lo largo del año o de un periodo similar, se requiere un pronóstico por producto más detallado con el fin de determinar los planes de contrataciones, las subcontrataciones y las decisiones de equipamiento. Además de ser más detallado, el pronóstico a mediano plazo debe ser más exacto, de ser posible, que el de largo plazo. Las decisiones de capacidad a corto plazo, incluyendo la asignación de las personas y las máquinas disponibles a distintos trabajos o actividades en el futuro cercano, deben detallarse en términos de productos individuales y deben ser altamente exactas.

Las decisiones de inventarios que dan como resultado acciones de compras tienden a ser a corto plazo y tratan con productos específicos. Los pronósticos que conducen a estas decisiones deben satisfacer los mismos requisitos que los de programación a corto plazo: deben tener un alto grado de exactitud y de especificación de productos individuales. En las decisiones de inventarios y de programación, debido a los muchos artículos que, por lo general, están involucrados, también será indispensable preparar un alto número de pronósticos; por lo tanto, en estas decisiones se usa a menudo un sistema computarizado de preparación de pronósticos.

La preparación de pronósticos se emplea para muchos propósitos en el marketing, incluyendo la planeación de las ventas, la introducción de nuevos productos, el diseño de programas de marketing, las decisiones de fijación de precios, la publicidad y la planea-

ción de la distribución. La preparación de pronósticos no se limita a un aspecto del marketing; en lugar de ello, afecta todas las decisiones de la misma. De hecho, en ocasiones, la responsabilidad del pronóstico puede asignarse al marketing o a un equipo interfuncional integrado por personal de marketing, de operaciones y de finanzas.

Las funciones de finanzas, contabilidad y recursos humanos también están profundamente interesadas en la preparación de pronósticos; incluso, la tarea rutinaria de elaborar un presupuesto o de estimar costos entraña un pronóstico de volumen y de planes financieros apoyados en pronósticos de ventas. Recursos humanos requiere de un pronóstico para anticipar decisiones de contrataciones y presupuestos de personal.

En resumen, existen diferentes tipos de decisiones en las operaciones y distintos requisitos de pronósticos, como se muestra en la tabla 11.1; además, en dicha tabla se ilustran algunas de las decisiones de marketing, finanzas/contabilidad y recursos humanos que requieren de un pronóstico y se señalan los tres tipos de métodos de pronóstico asociados con estas decisiones: cualitativos, series de tiempo y causales.

En términos generales, los **métodos cualitativos de pronóstico** se basan en el criterio administrativo y no usan modelos específicos; por lo tanto, distintos individuos pueden utilizar el mismo método cualitativo y llegar a pronósticos sumamente diferentes. No obstante, los métodos cualitativos son de utilidad cuando existe una falta de datos o cuando los datos históricos no son instrumentos de predicción confiables del futuro; en este caso, el tomador de decisiones humano puede emplear los mejores datos disponibles y un enfoque cualitativo para llegar a un pronóstico.

Hay dos tipos de **métodos cuantitativos de pronóstico**: el análisis de series de tiempo y los pronósticos causales. En general, los métodos cuantitativos manejan un modelo matemático fundamental para llegar a un pronóstico. El supuesto básico de todos los métodos cuantitativos de pronóstico es que los datos históricos y los patrones de los datos son instrumentos de predicción confiables del futuro. Entonces, los datos históricos se procesan a través de un modelo de series de tiempo o uno causal para llegar a un pronóstico.

En la parte restante de este capítulo, nos referiremos a plazos largos, medianos y cortos. *Largo plazo* significará a dos años o más hacia el futuro, un horizonte común para la planeación de las instalaciones y de los procesos. *Mediano plazo* remite a un periodo entre seis meses y dos años, el marco de tiempo normal para las decisiones de planeación agregada, de presupuestos y otras decisiones de adquisición y aplicación de recursos. *Corto plazo* se referirá a menos de seis meses, donde las decisiones se relacionan con la adquisición de materiales y la programación de trabajos y actividades específicas. Para las decisiones a corto plazo, son suficientes los pronósticos que se extienden a través de los plazos de adquisición o de producción.

TABLA 11.1
Aplicaciones y métodos de pronóstico

	Horizonte de tiempo	Exactitud requerida	Número de pronósticos	Nivel administrativo	Método de pronósticos
Aplicaciones de pronóstico para las decisiones operativas					
Diseño del proceso	Largo	Mediana	Uno solo o pocos	Alto	Cualitativo o causal
Planeación de la capacidad de las instalaciones	Largo	Mediana	Uno solo o pocos	Alto	Cualitativo y causal
Planeación agregada	Mediano	Alta	Pocos	Mediano	Causal y series de tiempo
Programación de la producción	Corto	La más alta	Muchos	Bajo	Series de tiempo
Administración del inventario	Corto	La más alta	Muchos	Bajo	Series de tiempo
Aplicaciones del pronóstico en marketing, finanzas y recursos humanos					
Programas de marketing a largo plazo	Largo	Mediana	Uno solo o pocos	Alto	Cualitativo
Decisiones de fijación de precios	Corto	Alta	Muchos	Mediano	Series de tiempo
Introducción de nuevos productos	Mediano	Mediana	Uno solo	Alto	Cualitativo y causal
Estimación de costos	Corto	Alta	Muchos	Bajo	Series de tiempo
Presupuesto de capital	Mediano	Alta	Pocos	Alto	Causal y series de tiempo

11.2 MÉTODOS CUALITATIVOS DE PRONÓSTICO

Como lo indicamos, los métodos de pronóstico cualitativos utilizan el criterio administrativo, la experiencia, los datos relevantes y un modelo matemático *implícito*. Puesto que el modelo es implícito, si dos administradores usan, cada uno, algún método cualitativo, por lo regular, ambos llegarán a pronósticos muy diferentes.

Algunas personas consideran que los pronósticos cualitativos deben aplicarse únicamente como último recurso; ello no es estrictamente verdad. Los pronósticos cualitativos deben usarse cuando los datos históricos no son indicadores confiables de las condiciones futuras; si eso sucede, los datos históricos deben templarse mediante el criterio antes de que pueda desarrollarse un pronóstico. Asimismo, los pronósticos cualitativos deben emplearse para introducciones de nuevos productos para los cuales no se dispone de una base de datos histórica; en este caso, pueden aplicarse métodos cualitativos para desarrollar un pronóstico por analogía o por el uso selectivo de datos de investigación del mercado. Observe que es posible un enfoque sistemático para la preparación de pronósticos cualitativos aun cuando no se formule un modelo matemático explícito.

La tabla 11.2 describe cuatro de los métodos cualitativos más conocidos y algunas de las características de cada uno de ellos. Como puede observarse, a menudo, los métodos cualitativos se aplican en pronósticos de mediano y largo plazos relacionados con el diseño del proceso o con la capacidad de las instalaciones. Para estas decisiones, de ordinario, no se dispone de datos históricos o, cuando están disponibles, exhibirán un patrón inestable.

Tanto el método del criterio informado como el método Delphi utilizan una peritación para llegar a un pronóstico. Cuando se usa un criterio informado con un panel, el grupo discutirá el pronóstico y llegará a un consenso; el peligro de este método es que no todos los miembros del panel son escuchados, puede haber un criterio apresurado o alguien puede dominar al panel en términos del criterio final.

El método Delphi se desarrolló para corregir esa situación. Consiste en varias rondas de recopilaciones anónimas de datos antes de llegar a un pronóstico. En la primera ronda, cada componente del panel proporciona en forma anónima su pronóstico. Posteriormente, la información del pronóstico proveniente de todos los miembros del panel se realimenta a cada uno, una vez más, de manera anónima, junto con cualesquiera razones o comentarios acerca de sus pronósticos. En la segunda ronda y en las subsecuentes, los participantes pueden revisar los pronósticos de los otros integrantes del panel y, luego, revisar sus pronósticos si hallan nueva información. Después de tres o cuatro rondas de recopilación de datos, existe la tendencia de que el pronóstico converja dentro de un ámbito de valores pronosticados y los miembros ya no ajustan sus pronósticos con base en la realimentación del panel; como resultado de ello, el panel Delphi llega no sólo a un pronóstico más probable, por ejemplo: media, mediana o moda, sino a una estimación del error del pronóstico (desviación estándar, desviación absoluta o amplitud de rango).

Por lo común, los estudios de mercado se emplean para obtener respuestas de los clientes potenciales acerca de la disposición para comprar un producto. Puede usarse una variedad de métodos, incluyendo las respuestas de los clientes por teléfono, correo o internet; además, los mercados de prueba son una forma efectiva de medir la demanda de los clientes y, probablemente, sean más exactos, ya que éstos, en realidad, compran el producto en un mercado de prueba.

Otro método que se aplica sobre todo para pronósticos de nuevos productos es la analogía del ciclo de vida; esta estrategia se basa en la idea de que la demanda de un producto tiene etapas de vida bien definidas (introducción, crecimiento y maduración) las cuales siguen una curva en forma de S. Para medir la forma de la curva, se utiliza una analogía con un producto similar; por ejemplo, una estimación de la demanda de un nuevo sitio web se basa en la curva real de crecimiento de sitios web similares, la cual se deriva de la demanda que se ha generado a lo largo del tiempo.

Aunque en este capítulo no describimos con detalle los métodos cualitativos, hacemos notar su utilidad para ciertas situaciones; asimismo, destacamos que dichos métodos son costosos, en especial cuando se requieren pronósticos múltiples. A continuación, nos colo-

TABLA 11.2
Métodos cualitativos de pronóstico

Métodos cualitativos	Descripción del método	Aplicaciones	Exactitud			Identificación de los puntos de inflexión	Costo relativo
			A corto plazo	A mediano plazo	A largo plazo		
1. Delphi	El pronóstico se desarrolla por medio de un panel de expertos que responden una serie de preguntas en rondas sucesivas. Las respuestas anónimas del panel se realimentan a todos los participantes en cada ronda. Se pueden requerir de tres a seis rondas para obtener la convergencia del pronóstico.	Pronósticos de ventas a largo plazo para la planeación de la capacidad de las instalaciones. Pronósticos tecnológicos para evaluar cuándo podrían ocurrir cambios tecnológicos.	Regular a muy buena	Regular a muy buena	Regular a muy buena	Regular a buena	Mediano a alto
2. Estudios de mercado	Paneles, cuestionarios, mercados de prueba o encuestas que se usan para recopilar datos sobre las condiciones del mercado.	Pronósticos de las ventas totales de la compañía, de grupos mayores de productos o de productos individuales.	Muy buena	Buena	Regular	Regular a buena	Alto
3. Analogía del ciclo de vida	La predicción se basa en las fases de introducción, crecimiento y maduración de productos similares. Aplica la curva de crecimiento en ventas con forma de S.	Pronósticos de ventas a largo plazo para la planeación de la capacidad o de las instalaciones.	Deficiente	Regular a buena	Regular a buena	Deficiente a regular	Mediano
4. Criterio informado	El pronóstico lo puede realizar un grupo o un individuo con base en la experiencia, presentimientos o hechos acerca de la situación. No se emplean métodos rigurosos.	Pronósticos de ventas totales y de productos individuales.	Deficiente a regular	Deficiente a regular	Deficiente a regular	Deficiente a regular	Bajo

Fuente: Reimpreso con permiso de *Harvard Business Review*. La tabla fue adaptada de David M. Georgoff y Robert Murdick, "Manager's Guide to Forecasting", *Harvard Business Review*, enero-febrero de 1986, pp. 110-120.

camos en el otro extremo: los métodos de análisis de series de tiempo, los cuales son muy convenientes para la preparación de pronósticos múltiples a corto plazo.

11.3 PRONÓSTICOS DE SERIES DE TIEMPO

Los **métodos de análisis de series de tiempo** se usan para hacer análisis detallados de los patrones históricos de la demanda a lo largo del tiempo y para proyectarlos hacia el futuro. Uno de los supuestos básicos de todos los métodos de análisis de series de tiempo es que la demanda puede descomponerse en elementos básicos como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclo y error. En la figura 11.1 se presenta una muestra de estos componentes para una serie de tiempo representativa. Cuando los componentes se añaden entre sí (o cuando se multiplican en algunos casos), serán iguales a la serie de tiempo original.

Estacionalidad. El deporte del esquí sobre nieve es una industria que muestra varios patrones distintos de comportamiento. Es, principalmente, estacional, es decir, el invierno, y durante un periodo muy prolongado muestra generalmente una tendencia de crecimiento. Los factores aleatorios pueden ocasionar variaciones, o picos y depresiones abruptas, en la demanda.

La estrategia básica que se aplica en los pronósticos de series de tiempo consiste en identificar la magnitud y la forma de cada componente con base en los datos históricos disponibles. Éstos, excepto el componente aleatorio, se proyectan, entonces, hacia el futuro. Si sólo queda un pequeño componente aleatorio y el patrón persiste hacia el futuro, se obtendrá un pronóstico confiable. Un ejemplo de la **descomposición** de una serie de tiempo es la siguiente:

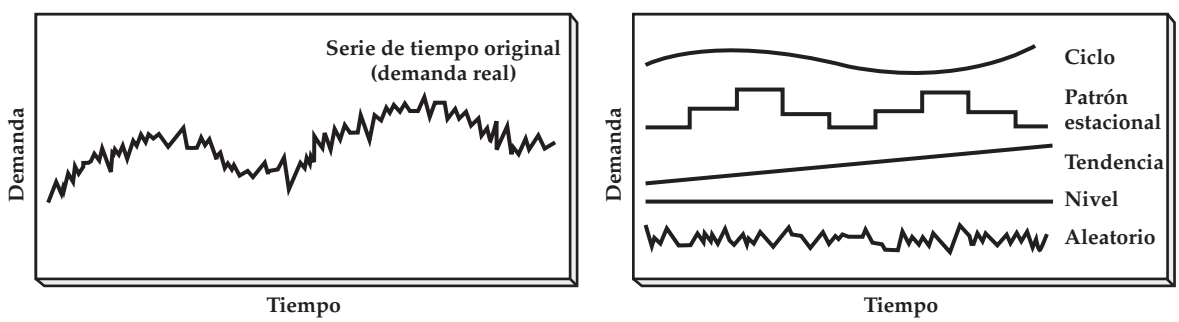
$$y(t) = (a + bt)[f(t)] + e \qquad \textbf{(11.1)}$$

donde

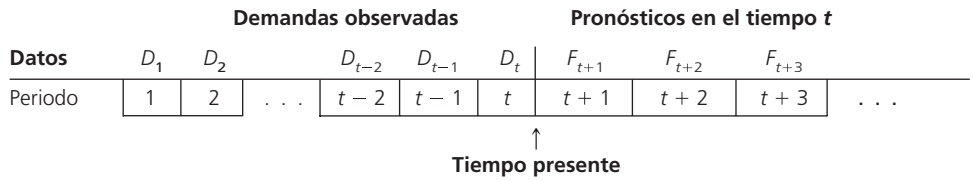
$y(t)$ = demanda durante el periodo t
a = nivel
b = tendencia
$f(t)$ = factor estacional (multiplicativo)
e = error aleatorio

Como puede verse, este modelo de series de tiempo posee un **nivel**, una **tendencia**, un **factor estacional** y un **término de error aleatorio**; cada uno de ellos se estima a partir de datos históricos para desarrollar una ecuación que, posteriormente, habrá de usarse para pronosticar la demanda futura. Consulte el suplemento del capítulo donde se presenta un ejemplo de este método.

FIGURA 11.1 Descomposición de los datos de una serie de tiempo.



En las exposiciones de pronósticos a través de series de tiempo, se utilizan los siguientes símbolos y terminología:



D_t = demanda durante el periodo t
F_{t+1} = pronóstico de demanda para el periodo $t + 1$
$e_t = D_t - F_t$ = error de pronóstico en el periodo t
A_t = promedio calculado a través del periodo t

El panorama general es que nos encontramos al final del periodo t, precisamente después de observar el valor de D_t, y que estamos haciendo un pronóstico para los periodos $t + 1$, $t + 2$, $t + 3$ y así sucesivamente.

11.4 PROMEDIOS MÓVILES

El método más sencillo de pronósticos de series de tiempo es el **método del promedio móvil**. En éste, se supone que la serie de tiempo sólo tiene un componente de nivel más un componente aleatorio. No se supone la presencia de un patrón estacional, de una tendencia o de componentes cíclicos en los datos de la demanda; sin embargo, las versiones más avanzadas del promedio móvil pueden incluir todos los tipos componentes.

Cuando se usa un promedio móvil, se selecciona un número dado de periodos (N) para los cálculos. A continuación, se calcula la demanda promedio, A_t, para los N periodos anteriores en el momento t:

$$A_t = \frac{D_t + D_{t-1} + \cdots + D_{t-N+1}}{N} \qquad \textbf{(11.2)}$$

Ya que estamos suponiendo que la serie de tiempo es plana (u horizontal), el mejor pronóstico para el periodo $t + 1$ es, simplemente, una continuación de la demanda promedio observada a través del periodo t. De este modo, tenemos lo siguiente:

$$F_{t+1} = A_t$$

Cada vez que se calcula F_{t+1}, la demanda más reciente se incluye en el promedio y se elimina la observación más antigua de la misma. Este procedimiento mantiene N periodos de demanda en el pronóstico y permite que el promedio se *mueva* a lo largo a medida que se observan nuevos datos de la demanda.

En la tabla 11.3 se utiliza un promedio móvil de tres periodos para propósitos de preparación de pronósticos. Observe la manera en la que el *promedio* móvil queda compensado por un periodo para obtener el *pronóstico* móvil. El error del pronóstico también se muestra en la tabla como la diferencia entre la demanda real y la demanda pronosticada. Siempre debe usarse el pronóstico para el periodo $t(F_t)$ al calcular los errores de pronóstico y no el promedio para el periodo $t(A_t)$.

Con propósitos ilustrativos, calcularemos algunos de los números de la tabla 11.3, empezando con el periodo 3. Ya que estamos usando un periodo móvil de tres periodos, A_3 es, exactamente, la suma de las demandas de los periodos 3, 2 y 1 promediadas a lo largo de estos tres periodos:

$$A_3 = (29 + 18 + 10)/3 = 19$$

El pronóstico del periodo 4 es igual al promedio móvil a través del periodo 3; por lo tanto, $F_4 = 19$. Después de observar la demanda real del periodo 4, la cual resulta ser de $D_4 = 15$,

TABLA 11.3
Pronósticos de promedios móviles

Periodo	D_t (Demanda)	A_t (Promedio móvil de tres periodos)	F_t (Pronóstico de tres periodos)	$D_t - F_t$ (Error)
1	10			
2	18			
3	29	19.0		
4	15	20.7	19.0	−4.0
5	30	24.7	20.7	+9.3
6	12	19.0	24.7	−12.7
7	16	19.3	19.0	−3.0
8	8	12.0	19.3	−11.3
9	22	15.3	12.0	10.0
10	14	14.7	15.3	−1.3
11	15	17.0	14.7	0.3
12	27	18.7	17.0	10.0
13	30	24.0	18.7	11.3
14	23	26.7	24.0	−1.0
15	15	22.7	26.7	−11.7

se calcula el error del pronóstico del periodo 4 como $(D_4 - F_4) = 15 - 19 = -4$. Verifique algunas de las cifras de esta tabla para asegurarse de haber entendido los conceptos.

La gráfica de la figura 11.2 muestra los datos de la demanda provenientes del ejemplo, un promedio móvil de tres periodos y un promedio móvil de seis. Resulta útil graficar los datos y los pronósticos antes de hacer comparaciones. Observe la manera en la que el promedio móvil de seis periodos responde con mayor lentitud a los cambios de la demanda que el de tres. Como regla general, entre más largo sea el periodo del promedio, más lenta será la respuesta a los cambios de la demanda; por lo tanto, un periodo más prolongado tiene la ventaja de proporcionar estabilidad en el pronóstico, pero la desventaja de responder con más lentitud a los cambios reales en el nivel de la demanda. El analista del pronóstico debe seleccionar el equilibrio apropiado entre la estabilidad y el tiempo de respuesta mediante la selección de la longitud del promedio N.

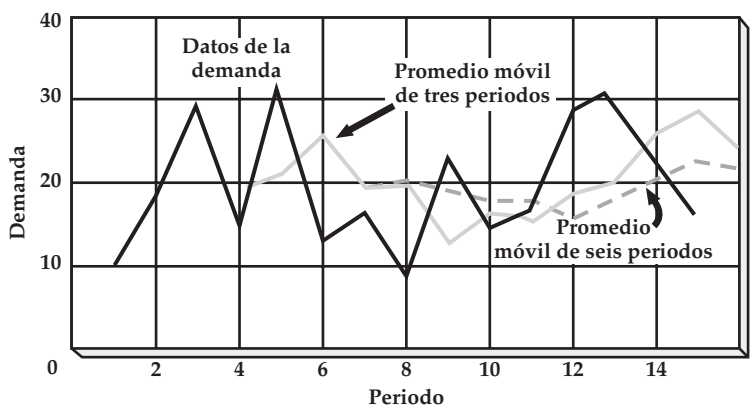
Una forma de hacer que el promedio móvil responda más rápido a los cambios en la demanda es dar relativamente más peso a las demandas recientes que a las anteriores; ello se conoce como **promedio móvil ponderado**, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$F_{t+1} = A_t = W_1 D_t + W_2 D_{t-1} + \cdots + W_N D_{t-N+1} \qquad \textbf{(11.3)}$$

con la condición

$$\sum_{i=1}^{N} W_i = 1$$

FIGURA 11.2
Datos de series de tiempo.



En un promedio móvil ponderado pueden especificarse cualesquiera pesos deseados siempre y cuando sumen 1; por ejemplo: si tenemos las tres demandas $D_1 = 10$, $D_2 = 18$ y $D_3 = 29$, el promedio móvil ordinario de tres periodos es de 19.0. Con pesos de .5, .3 y .2, el promedio móvil ponderado de tres periodos es de 21.9. En este caso se aplicó el peso de .5 al tercer periodo, .3 al segundo y .2 al primero. Observe, en este ejemplo, la forma en la que el promedio móvil ponderado respondió con mayor rapidez que el promedio móvil ordinario al incremento de la demanda de 29 en el tercer periodo. Note, también, que el promedio móvil simple es, precisamente, un caso especial del promedio móvil ponderado donde todos los pesos son iguales a $W_i = 1/N$.

Una de las desventajas de un promedio móvil ponderado es que la totalidad de la historia de la demanda para N periodos debe movilizarse a lo largo del cálculo; además, la respuesta de un promedio móvil ponderado no puede cambiarse fácilmente sin modificar cada uno de los pesos. Para superar esas dificultades, se ha desarrollado el método de suavización exponencial.

11.5 SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL

La **suavización exponencial** se basa en la muy sencilla idea de que puede calcularse un nuevo promedio a partir de uno antiguo y de la demanda más reciente que se haya observado; suponga, por ejemplo, que tenemos un promedio antiguo de 20 y que acabamos de observar una demanda de 24. Sería correcto razonar que el nuevo promedio se encontrará entre 20 y 24, dependiendo de la cantidad de peso que deseemos otorgar a la demanda que se acaba de observar en comparación con el peso sobre el promedio antiguo.

Para formalizar la lógica anterior, podemos escribir:

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)A_{t-1} \qquad \textbf{(11.4)}$$

En este caso, A_{t-1} es el promedio antiguo (20), D_t es la demanda que se acaba de observar (24) y α es la proporción de peso que se colocó en la nueva demanda en comparación con el promedio antiguo ($0 \leq \alpha \leq 1$).

Para ilustrar, estime que usamos los valores $\alpha = .1$, $D_t = 24$ y $A_{t-1} = 20$. Posteriormente, de la ecuación (11.4), tenemos $A_t = 20.4$. Si $\alpha = .5$, tenemos $A_t = 22$, y si $\alpha = .9$, tenemos $A_t = 23.6$; por lo tanto, A_t puede variar entre el promedio antiguo de 20 y la demanda de 24, dependiendo del valor de α que se emplee.

Si deseamos que A_t sea muy receptivo a la demanda reciente, debemos elegir un valor grande de α. Si queremos que A_t responda de un modo más lento, α debería ser más pequeña. En la mayoría de los trabajos sobre pronósticos, a α se le asigna un valor entre .1 y .3 para mantener una estabilidad razonable.

En una **suavización exponencial simple**, exactamente como en el caso de los promedios móviles, suponemos que la serie de tiempo es plana y sin ciclos y que no existen componentes estacionales o de tendencia. Después, el pronóstico exponencialmente suavizado para el siguiente periodo es simplemente el promedio obtenido por medio del periodo actual. Es decir,

$$F_{t+1} = A_t$$

En este caso, el pronóstico también se ve compensado un periodo a partir del promedio suavizado.

Podemos sustituir la relación anterior en la ecuación (11.4) para obtener la siguiente ecuación:

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)F_t \qquad \textbf{(11.5)}$$

En ocasiones, esta forma alternativa de suavización exponencial simple, o de primer orden, es más conveniente que la ecuación (11.4) porque utiliza pronósticos en lugar de promedios.

Otra manera de visualizar la suavización exponencial estriba en rearreglar los términos del lado derecho de la ecuación (11.5) para obtener

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$$

Esta forma indica que el nuevo pronóstico es el pronóstico antiguo más una proporción del error entre la demanda observada y el pronóstico antiguo. La proporción de error utilizada puede controlarse mediante la elección de α.

Por ejemplo: estime que hubiéramos pronosticado para el periodo 5, $F_5 = 100$, y que hubiéramos observado la demanda para el periodo 5, $D_5 = 120$. En este caso, tenemos un error de $D_5 - F_5 = 20$. Si $\alpha = .1$, entonces sólo añadimos 10% de este error al pronóstico antiguo para hacer el ajuste del hecho de que la demanda excedió al pronóstico; por lo tanto, en este caso, el pronóstico para el periodo 6 es $F_6 = 100 + .1\ (20) = 102$. Observe que al emplear una constante de suavización de .1 no estamos reaccionando en forma excesiva al hecho de que acabamos de observar una demanda que excede a nuestro pronóstico; sin embargo, si queremos reaccionar con más rapidez a los aumentos de demanda como éste, podríamos aumentar el valor de α. Por ejemplo, ¿cuál sería el pronóstico para el periodo 6 si $\alpha = .5$ o $\alpha = .7$? (Respuesta: $F_6 = 110$ para $\alpha = .5$ y $F_6 = 114$ para $\alpha = .7$.)

Con frecuencia, los estudiantes se preguntan por qué se ha dado el nombre de *suavización exponencial* a este método; puede demostrarse matemáticamente que los pesos sobre cada punto de datos de la demanda precedente disminuyen exponencialmente, en un factor de $(1 - \alpha)$, hasta que se alcanza la demanda del primer periodo y el pronóstico inicial F_1. Ya que los pesos sobre las demandas anteriores disminuyen de modo exponencial a través del tiempo y todos los pesos suman 1, la suavización exponencial es una forma especial del promedio móvil ponderado.

En la tabla 11.4 se calculan dos pronósticos exponencialmente suavizados para $\alpha = .1$ y para $\alpha = .3$, usando los mismos datos de la demanda que en la tabla 11.3. Como puede observarse, el pronóstico $\alpha = .3$ responde con mayor rapidez a los cambios de la demanda, pero es menos estable que $\alpha = .1$. ¿Cuál de estos pronósticos es el mejor?

Antes de responder a esta pregunta, examinaremos algunas columnas de la tabla 11.4. En la columna 1, el pronóstico inicial para el periodo 1, $F_1 = 15$, se da como un valor inicial. La demanda para el periodo 1 es sólo de 10 unidades y, por lo tanto, el pronóstico para el periodo 2 disminuirá. Para $\alpha = .1$ el nuevo pronóstico F_2 será de 14.5, y para $\alpha = .3$ el nuevo

TABLA 11.4
Suavización exponencial*

		$\alpha = .1$		$\alpha = .3$			
Periodo	D_t (demanda)	F_t (pronóstico)	$D_t - F_t$ (error)	F_t (pronóstico)	$D_t - F_t$ (error)	MAD_t ($\alpha = .3$)	TS (señal de seguimiento)
1	10	15	−5.0	15	−5.0	6.4	−.8
2	18	14.5	3.5	13.5	4.5	5.8	−.1
3	29	14.85	14.15	14.85	14.15	8.3	1.6
4	15	16.26	−1.26	19.09	−4.09	7.1	1.3
5	30	16.14	13.86	17.86	12.14	8.6	2.5
6	12	17.52	−5.52	21.50	−9.50	8.8	1.4
7	16	16.97	−.97	18.65	−2.65	7.0	1.4
8	8	16.87	−8.87	17.85	−9.85	7.9	−.1
9	22	15.98	6.02	14.90	7.10	7.6	.9
10	14	16.58	−2.58	17.03	−3.03	6.2	.6
11	15	16.33	−1.33	16.12	−1.12	4.7	.6
12	27	16.19	10.81	15.78	11.22	6.7	2.1
13	30	17.27	12.73	19.15	10.85	7.9	3.1
14	23	18.54	4.46	22.40	0.60	5.7	4.4
15	15	18.99	−3.99	22.58	−7.58	6.4	2.8
Sesgo $\Sigma(D_t - F_t)$			36.01		17.74		
Desviación absoluta $\Sigma\lvert D_t - F_t\rvert$			95.05		103.38		

*Suponga que $F_1 = 15$ como un punto de partida arbitrario. También, estime que $MAD_0 = 7$. Consulte el texto donde se presentan las definiciones de MAD y de una señal de seguimiento.

pronóstico será de 13.5. Verifique estas cifras usted mismo. Ésta es la razón por la cual se afirma que el pronóstico reacciona más rápido a los cambios en la demanda para valores más altos de α, pero es menos estable, ya que no se sabe si el promedio fundamental a largo plazo cambió o si sólo se observa una fluctuación aleatoria en el primer periodo.

Para responder a la pregunta de cuál es el mejor pronóstico, se deben contemplar los datos y los errores de pronóstico a lo largo de un periodo relativamente largo. En la tabla 11.4 se calculan dos medidas de errores de pronósticos para 15 periodos. Una medida es la suma aritmética de todos los errores, la cual refleja el sesgo en el método de pronóstico. Idealmente, dicha suma debe ser de cero, ya que los errores positivos y negativos deberían cancelarse entre sí a lo largo del tiempo. En la tabla 11.4, ambos métodos tienen un sesgo positivo, y $\alpha = .1$ produce una mayor cantidad de sesgo que $\alpha = .3$. La explicación para este sesgo positivo en ambos métodos es que el punto de partida elegido para el pronóstico en $F_1 = 15$ fue, tal vez, un poco bajo. Un mejor punto de partida, en retrospectiva, hubiera sido $F_1 = 20$.

La segunda medida de un error de pronóstico es la desviación absoluta; en este caso, se suma el valor absoluto de los errores, de modo que los errores negativos no cancelen los positivos. El resultado es una medida de la varianza en el método de pronóstico. La desviación total absoluta para $\alpha = .1$ es inferior a la que se tiene para $\alpha = .3$.

Así, se tiene el interesante resultado de que el pronóstico de $\alpha = .1$ tiene más **sesgo**, aunque menos **desviación absoluta** que el pronóstico de $\alpha = .3$. En este caso, no se dispone de una alternativa clara entre los dos métodos; simplemente, dependen de la preferencia de uno entre el sesgo y la desviación. Sin embargo, si un pronóstico tiene tanto una desviación más baja como un sesgo más bajo, evidentemente será el preferido.

Por lo tanto, el procedimiento para elegir un valor de α ahora es claro. Debe calcularse un pronóstico para varios valores de α. Si un valor de α produce un pronóstico con menos sesgo y menos desviación que los otros, ese valor será el elegido. Si no existe una elección clara, deben evaluarse las ventajas y desventajas entre los sesgos y las desviaciones al seleccionar el valor preferido de α.

Por desgracia, la suavización exponencial simple no siempre puede usarse en la práctica debido a las tendencias o a los efectos estacionales en los datos; cuando estos efectos están presentes, puede utilizarse una suavización de segundo orden, una suavización de tercer orden, una suavización corregida por la tendencia o una suavización estacional. Algunos de tales métodos más avanzados se explican en el suplemento del capítulo.

11.6 ERRORES DE PRONÓSTICO

Cuando se emplea la suavización exponencial, ya sea que se trate de una suavización simple o más avanzada, debe calcularse una estimación del **error del pronóstico** junto con el promedio suavizado; esta estimación del error puede aplicarse para varios propósitos:

1. Para vigilar las observaciones erráticas de la demanda o los valores atípicos, los cuales deben evaluarse cuidadosamente y, tal vez, extraerse de los datos.
2. Para determinar el momento en el que el método de pronóstico ya no le da un seguimiento a la demanda real y, por lo tanto, debe configurarse nuevamente.
3. Para establecer los valores de los parámetros (por ejemplo, N y α) que proporcionan el pronóstico con el menor error.
4. Para instaurar inventarios de seguridad o una capacidad de seguridad y garantizar, con ello, un nivel deseado de protección contra los faltantes de inventarios.

Las tres primeras aplicaciones se expondrán a continuación; la cuarta, se analiza en el capítulo 15.

Al trabajar con pronósticos, existen cuatro formas distintas de medir el error de pronóstico acumulativo a largo plazo a lo largo de diversos periodos. (Recuerde que $e_t = D_t - F_t$ es el error de pronóstico para el periodo t, como se definió arriba.)

Suma acumulativa de los errores de pronóstico	$\text{CFE} = \sum_{t=1}^{n} e_t$	
Media del error al cuadrado	$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^{n} e_t^2}{n}$	
Media de la desviación absoluta de los errores del pronóstico	$\text{MAD} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \lvert e_t \rvert}{n}$	
Media de los errores de porcentajes absolutos	$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left\lvert \frac{e_t}{D_t} \right\rvert 100}{n}$	(expresada como un porcentaje)

Observe que n es el número de periodos históricos utilizados para calcular las mediciones del error acumulativo.

Ya se ha estudiado el valor de CFE como el sesgo del pronóstico; idealmente, el sesgo será de cero, lo que ocurre si los errores positivos quedan compensados por los negativos. No obstante, si el pronóstico siempre es bajo, por ejemplo, el error será positivo en cada periodo y el CFE será un número positivo grande, indicando, con ello, un pronóstico sesgado. En ese caso, el punto de partida elegido es demasiado bajo y el método de pronóstico debería configurarse de nuevo con un punto de partida más alto.

La segunda y tercera fórmulas miden la variación en el pronóstico. La raíz cuadrada de MSE es la desviación estándar σ. MSE utiliza el cuadrado de cada término de error de modo que los errores positivos y negativos no se cancelen entre sí. La otra medida de la variación, MAD, se calcula a partir de los valores absolutos del error en cada periodo en lugar de utilizar los errores elevados al cuadrado. MAD es el error promedio a lo largo de n periodos sin consideración del signo del error en cada periodo. En la práctica, MAD se ha aplicado a trabajos de pronósticos porque es fácil de entender y de utilizar.

La última: medida del error acumulativo del pronóstico (MAPE, *cumulative forecast error*) normaliza los cálculos del error mediante el cálculo de un porcentaje de error. Ello hará posible comparar los errores de pronóstico para diferentes datos de series de tiempo; por ejemplo: si una serie de tiempo posee valores bajos de la demanda y otra, valores de demanda mucho más altos, el MAPE será una forma precisa de comparar los errores para estas dos series de tiempo.

Cuando se emplea una suavización exponencial, es común calcular la desviación media absoluta suavizada, la cual se define como:

$$\text{MAD}_t = \alpha|D_t - F_t| + (1 - \alpha)\text{MAD}_{t-1}$$

En este caso, la nueva MAD, o MAD_t, es una fracción α de la desviación absoluta actual más $(1 - \alpha)$ veces la MAD anterior. Ello es análogo a la ecuación (11.4), puesto que la MAD se suavizó de la misma manera que el promedio. MAD_t es un promedio exponencialmente ponderado de los términos del error absoluto.

La MAD_t actual debe calcularse para cada periodo junto con el promedio del pronóstico. MAD_t puede aplicarse para detectar un valor atípico en la demanda comparando la desviación observada con el valor de MAD_t. Si la desviación observada es mayor que 3.75 MAD_t, tenemos razones para sospechar que la demanda puede ser un valor extremo. Esto es comparable a la determinación de si un valor observado de la demanda está fuera de tres desviaciones estándar σ para la distribución normal, lo que es así porque $\sigma = 1.25$ MAD_t para la distribución normal. En la tabla 11.4, MAD_t se calculó para un valor de $\alpha = .3$. Como puede notar, ninguno de los errores de la demanda cae fuera de 3.75 MAD_t y, por lo tanto, no se sospechan valores atípicos en los datos.

El segundo uso de MAD_t es determinar si el pronóstico le está dando un seguimiento a los valores reales de la serie de tiempo; para ello, se calcula una señal de seguimiento, como sigue:

$$\text{Señal de seguimiento} = \text{TS} = \frac{\text{CFE}}{\text{MAD}_t}$$

La señal de seguimiento es, entonces, un cálculo del sesgo (error acumulativo del pronóstico) en el numerador dividido por la estimación más reciente de MAD_t. Si se supone que las variaciones de la demanda son aleatorias, la existencia de límites de control de ± 6 en la señal de seguimiento debe asegurar sólo 3% de probabilidad de que los límites sean exhibidos en forma azarosa.[1] Así, cuando la señal de seguimiento excede de ± 6, el método de pronóstico debe detenerse y volverse a configurar para igualar con mayor exactitud la demanda observada. En la tabla 11.4, la señal de seguimiento no excede de ± 6 en ningún periodo; por lo tanto, se considera que el pronóstico le está dando un seguimiento suficientemente cercano a la demanda real.

En los sistemas de pronóstico computarizados, es extremadamente importante incorporar controles de errores del tipo que se expuso anteriormente, esto asegurará que el sistema no se salga de control; en lugar de ello, el usuario es notificado si se detectan valores atípicos en la demanda o cuando la señal de seguimiento se vuelve demasiado grande.

Como un ejemplo de dichos cálculos, refiérase a las primeras columnas de la tabla 11.4. En las dos últimas columnas de la tabla, se calculó el MAD suavizado y la señal de seguimiento. Se empieza con el supuesto arbitrario de que $MAD_0 = 7$, podemos calcular el valor de MAD_1 a partir de la fórmula ya dada anteriormente de la siguiente manera, utilizando un valor de $\alpha = .3$:

$$\text{MAD}_1 = .3|10 - 15| + .7(7) = 6.4$$

De manera similar, la señal de seguimiento para el periodo 1 es el error acumulativo dividido entre MAD_1:

$$\text{TS} = -5/6.4 = -.8$$

Como ejercicio, calcule el valor de MAD_2 y la señal de seguimiento para el periodo 2 y compare sus resultados con la tabla 11.4.

Como se mencionó, la preparación de un pronóstico debe generar dos números y no sólo uno. El pronóstico de la demanda promedio debe producirse junto con una estimación del error del pronóstico. Esto le aporta a la administración más que una mera estimación de punto para la toma de decisiones basados únicamente en el promedio pronosticado; asimismo, el error del pronóstico brinda y forma la base para el entendimiento del riesgo inherente en el pronóstico.

11.7 PRONÓSTICOS AVANZADOS DE SERIES DE TIEMPO

Una variación de la suavización exponencial que ha recibido considerable atención es la **suavización exponencial adaptativa**. En una modalidad de este enfoque se usa la suavización de primer orden, pero el coeficiente de suavización varía en cada pronóstico por $\pm .05$ para determinar cuál de los tres pronósticos posee el error de pronóstico más bajo. Se emplea el valor resultante de α para el pronóstico del siguiente periodo. Se permite que el coeficiente de suavización aumente a un máximo de .95 y disminuya a un mínimo de .05.

Otro tipo de suavización adaptativa consiste en ajustar continuamente el valor de α con base en el error actual del pronóstico; α podría, por ejemplo, ajustarse para el valor del error del pronóstico suavizado. Si se tiene un error de pronóstico grande, α será grande hasta que el pronóstico vuelva a estar en la pista correcta. Cuando el error es más pequeño,

[1] Estos límites numéricos y probabilidades se basan en la distribución normal de probabilidad y en un valor de $\alpha = .1$.

α también será pequeña y se conseguirá un pronóstico estable. Este método parece funcionar muy bien en las situaciones de pronósticos de inventarios.

La tabla 11.5 resume cuatro métodos de preparación de pronósticos de series de tiempo; ya se explicaron dos de ellos, los promedios móviles y la suavización exponencial, con cierto detalle. Más adelante se describen de manera breve los dos restantes.

Cualquier modelo matemático puede ajustarse a una serie de tiempo como la que se muestra en la ecuación (11.1), con componentes de nivel, de tendencia y de tipo estacional; por ejemplo: puede ajustarse un modelo por los métodos de regresión lineal o a través del uso de métodos no lineales. En algunos casos, el modelo resultante puede ofrecer un pronóstico más exacto que la técnica de suavización exponencial; sin embargo, un modelo ajustado ex profeso es más costoso y, por lo tanto, debe hacerse un análisis de negociación entre la exactitud y el costo del modelo.

Para ayudar a los analistas en su trabajo de preparación de pronósticos, se desarrolló el sofisticado método de Box-Jenkins para la preparación de pronósticos de series de tiempo. Esta técnica cuenta con una fase especial para la identificación del modelo y permite un análisis más preciso de los modelos propuestos que el que es posible con los otros métodos; no obstante, el método de Box-Jenkins requiere de aproximadamente 60 periodos de datos históricos y es demasiado costoso para los pronósticos rutinarios de muchos artículos. Pese a ello, cuando se trata de un pronóstico especial de ventas que implique una decisión costosa, el uso del modelo de Box-Jenkins, ciertamente, puede justificarse.

En resumen, los métodos de series de tiempo son útiles para pronósticos a corto y mediano plazos cuando se espera que el patrón de la demanda permanezca estable. Por lo regular, los pronósticos de series de tiempo son insumos para las decisiones relacionadas con la planeación agregada de la producción, la preparación de presupuestos, la asignación de recursos, el inventario y la programación de la producción. Por lo común, los pronósticos de series de tiempo no son útiles para las decisiones de planeación de las instalaciones o para la selección de procesos debido a los prolongados periodos involucrados.

11.8 MÉTODOS CAUSALES DE PRONÓSTICO

En general, los **métodos causales de pronóstico** desarrollan un modelo de causa y efecto entre la demanda y otras variables; por ejemplo: la demanda de los helados puede relacionarse con la población, la temperatura promedio del verano y la hora. Pueden recopilarse datos sobre estas variables y realizarse un análisis para determinar la validez del modelo propuesto. Uno de los mejores métodos causales conocidos es la regresión, la cual se enseña, por lo general, en cursos de estadística.

Para los métodos de regresión debe especificarse un modelo antes de que se recopilen los datos y se gestione el análisis. El caso más sencillo es el siguiente modelo lineal de una sola variable:

$$\hat{y} = a + bx$$

donde

$\hat{y}$ = demanda estimada
x = variable independiente (se supone ser la causa de $\hat{y}$)
a = intersección y
b = pendiente

Se recopilan datos para este modelo y se estiman los parámetros a y b. Posteriormente, pueden hacerse estimaciones de la demanda a partir de la ecuación anterior. Desde luego, también pueden desarrollarse modelos de regresión múltiple más complicados.

Se ilustrará la preparación de pronósticos de regresión lineal con un ejemplo sencillo: suponga que estamos interesados en estimar la demanda de periódicos con base en la población local. La demanda de los periódicos a lo largo de los últimos ocho años (y_i) y la

TABLA 11.5
Métodos de pronóstico de series de tiempo

Métodos de series de tiempo	Descripción del método	Aplicaciones	Exactitud			Identificación de los puntos inflexión	Costo relativo
			A corto plazo	A mediano plazo	A largo plazo		
1. Promedios móviles	El pronóstico se basa en un promedio aritmético o en un promedio ponderado de un número determinado de puntos de datos históricos.	Planeación a corto y mediano plazos para los inventarios, niveles de producción y programación. Es eficaz para muchos productos.	Deficiente a buena	Deficiente	Muy deficiente	Deficiente	Bajo
2. Suavización exponencial	Similar a los promedios móviles, pero se otorga un mayor peso exponencial a los datos recientes. Se adapta muy bien al uso de computadoras y cuando hay un alto número de elementos que deben pronosticarse.	Lo mismo que un promedio móvil.	Regular a muy buena	Deficiente a buena	Muy deficiente	Deficiente	Bajo
3. Modelos matemáticos	Un modelo lineal o no lineal que se ajusta a datos de series de tiempo, de ordinario a través de métodos de regresión. Incluye líneas de tendencia, polinomios, logaritmos no lineales, series de Fourier, etcétera.	Lo mismo que un promedio móvil, pero limitado, debido a los gastos inherentes, a unos cuantos productos.	Muy buena	Regular a buena	Muy deficiente	Deficiente	Bajo a mediano
4. Box-Jenkins	Los métodos de autocorrelación se utilizan para identificar las series de tiempo fundamentales y para ajustar el *mejor* modelo. Requiere de cerca de 60 puntos de datos históricos.	Limitado, debido a los gastos inherentes, a productos que requieren de pronósticos muy exactos a corto plazo.	Muy buena a excelente	Regular a buena	Muy deficiente	Deficiente	Mediano a alto

Fuente: Reimpreso con permiso de *Harvard Business Review*. La tabla fue adaptada de David M. Georgoff y Robert Murdick, "Manager's Guide to Forecasting", *Harvard Business Review*, enero-febrero de 1986, pp. 110-120.

TABLA 11.6
Ejemplo de regresión*

i	y_i	x_i
1	3.0	2.0
2	3.5	2.4
3	4.1	2.8
4	4.4	3.0
5	5.0	3.2
6	5.7	3.6
7	6.4	3.8
8	7.0	4.0
	39.1	24.8

*La demanda de periódicos, y_i, se expresa en millares de copias; la población, x_i, en unidades de 10 000 personas.

población correspondiente de un pequeño pueblo (x_i) se presentan en la tabla 11.6. Con los datos disponibles, primeramente se calculan los valores de a y de b para la línea usando cualquier paquete estadístico, como Excel, Minitab, SPSS o SAS. En este caso, el resultado es $a = -1.34$ y $b = 2.01$. La mejor ecuación (mínimos cuadrados) para predecir la demanda de los periódicos es, por lo tanto, $y = -1.34 + 2.01x$. Partiendo de esta ecuación, se observa que la tasa de incremento en los periódicos es de 2.01 (miles de copias) para cada incremento de 10 000 personas en la población. Esta tasa de incremento, o tendencia, nos permitiría proyectar la demanda de los periódicos en los años futuros a partir de estimaciones de la población, suponiendo que una ecuación lineal continúe ajustándose a la población como una variable de predicción.

Otras formas de pronósticos causales —los modelos econométricos, los modelos insumo-producto y los modelos de simulación— se describen en la tabla 11.7. En general, esos modelos son más complejos y más costosos de desarrollar que los de regresión; sin embargo, en aquellas situaciones en las que es necesario modelar un segmento de la economía con detalle, será apropiado un modelo econométrico o uno de insumos-producto.

Los modelos de simulación son especialmente útiles cuando se modela una cadena de suministro o un sistema de logística para propósitos de preparación de pronósticos; por ejemplo, estime que usted desea calcular la demanda de televisiones de pantallas planas. En este caso, puede construirse un modelo que represente el canal de distribución desde el productor de las pantallas planas al productor de aparatos de televisión y de ahí, finalmente, a las cadenas de distribución al mayoreo y al menudeo; se incluirían todas las importaciones, los inventarios y las exportaciones provenientes de la cadena de suministro. A través del empleo de este modelo, se obtiene un pronóstico razonable para pantallas planas de televisión durante varios años hacia el futuro.

Una de las características principales de los modelos causales es que se emplean para predecir los puntos de inflexión en la función de la demanda. En contraste, pueden usarse modelos de análisis de series-tiempo sólo para predecir el patrón futuro de la demanda con base en el pasado; no pueden establecer los repuntes y las recesiones en el nivel de la demanda.

Citas famosas acerca de los pronósticos

He visto el futuro y es muy parecido al presente, sólo que más lejano.
—Kehlog Albran, *The Profit*

La predicción es muy difícil, especialmente cuando es acerca del futuro.
—Niels Bohr, Premio Nobel de Física

Un economista es un experto que ha de saber el día de mañana por qué las cosas que predijo ayer no sucedieron el día de hoy.
—Evan Esar

Siempre evito tener que hacer profecías *a priori* porque es mucho mejor profetizar después de que el evento ya ha ocurrido.
—Winston Churchill

Los índices de Wall Street predijeron nueve de las últimas cinco recesiones.
—Paul Samuelson, 1966

El instinto de rebaño entre quienes preparan pronósticos hace que las ovejas se vean como pensadores independientes.
—Edgar R. Fiedler, 1977

TABLA 11.7
Métodos causales de pronóstico

Métodos causales	Descripción del método	Aplicaciones	Exactitud			Identificación del punto de inflexión	Costo relativo
			A corto plazo	A mediano plazo	A largo plazo		
1. Regresión	Este método relaciona la demanda con otras variables externas o internas que tienden a ocasionar los cambios en la demanda. El método de regresión utiliza la técnica de mínimos cuadrados para obtener un mejor ajuste entre las variables.	Planeación a corto y a mediano plazos para la producción agregada o para un inventario que incluya un número pequeño de productos. Es de utilidad cuando existen fuertes relaciones causales.	Buena a muy buena	Buena a muy buena	Deficiente	Muy buena	Mediano
2. Modelo econométrico	Un sistema de ecuaciones de regresión interdependientes que describe algún sector de las ventas o de las utilidades de las actividades.	Pronóstico de ventas por clases de productos para la planeación a corto y mediano plazos.	Muy buena a excelente	Muy buena	Buena	Excelente	Alto
3. Modelo insumo-producto	Un método de pronóstico que describe los flujos de un sector de la economía a otro. Predice los insumos necesarios para elaborar los productos requeridos en otro sector.	Pronósticos de las ventas globales de toda una compañía o localidad por sectores industriales.	No disponible	Buena a muy buena	Buena a muy buena	Regular	Muy alto
4. Modelo de simulación	Simulación del sistema de distribución que describe los cambios en las ventas y en los flujos de productos a lo largo del tiempo. Refleja los efectos del canal de distribución.	Pronósticos de las ventas globales de toda una compañía por grupos principales de productos.	Muy buena	Buena a muy buena	Buena	Buena	Alto

Fuente: Reimpreso con permiso de *Harvard Business Review*. La tabla fue adaptada de David M. Georgoff y Robert Murdick, "Manager's Guide to Forecasting", *Harvard Business Review*, enero-febrero de 1986, pp. 110-120.

Debido a esa capacidad para predecir los puntos de inflexión, los modelos causales son, a menudo, más precisos que los de series de tiempo para pronósticos a mediano y largo plazos; por lo tanto, los modelos causales son más útiles para la planeación de las instalaciones y de los procesos en las operaciones.

No obstante, la preparación de pronósticos continúa siendo una ciencia inexacta; ello queda demostrado en algunas citas famosas acerca de los pronósticos que aparecen en la tabla de arriba. Hacen advertencias sobre los peligros de los pronósticos, incluyendo la inestabilidad de la serie de tiempo, las incertidumbres acerca del futuro, las dificultades en la predicción de los puntos de inflexión y *las retrospectivas 20-20*.

11.9 SELECCIÓN DE UN MÉTODO DE PRONÓSTICO

En esta sección presentaremos un marco conceptual para seleccionar entre métodos cualitativos, de series de tiempo y causales. Los factores más importantes en la selección de un modelo son los siguientes:

1. **Sofisticación del usuario y del sistema.** ¿Qué tan sofisticados son los administradores, dentro y fuera de las operaciones, quienes se espera que usen los resultados de los pronósticos? Se encontró que el método de pronóstico debe estar acoplado con los conocimientos y la sofisticación del usuario. Casi siempre, los administradores se muestran renuentes a aplicar resultados que provienen de técnicas que no entienden.

   Otro factor relacionado es la condición de los sistemas de pronóstico que están actualmente en uso. Los sistemas de pronóstico tienden a evolucionar hacia métodos con mayor sofisticación matemática; no cambian en una medida considerable; por lo tanto, el método elegido no debe ser demasiado avanzado o sofisticado para sus usuarios o tan avanzado que se sitúe más allá del sistema actual de pronósticos. Además, los modelos más sencillos, algunas veces, pueden tener un mejor desempeño y, por lo tanto, la sofisticación no es la meta final.
2. **Tiempo y recursos disponibles.** La selección de un método de pronóstico dependerá del tiempo disponible necesario para la recopilación de los datos y la preparación del pronóstico, lo que involucra el tiempo de los usuarios, de quienes preparan los pronósticos y de los recolectores de datos. La preparación de un pronóstico complicado, en el cual la mayoría de los datos deben recopilarse puede llevar varios meses y costar miles de dólares. En el caso de pronósticos rutinarios realizados por sistemas computarizados, tanto el costo como la cantidad de tiempo requerida pueden ser muy modestos.

3. **Aplicación o características de la decisión.** Como se señaló al principio de este capítulo, el método de pronóstico debe relacionarse con la aplicación o las decisiones que se requieran. La aplicación, a su vez, está estrechamente vinculada con características como la exactitud requerida, el horizonte de tiempo del pronóstico y el número de conceptos a pronosticarse; las decisiones de inventarios, de programación de la producción y de fijación de precio, por mencionar ejemplos, entrañan pronósticos a corto plazo altamente exactos respecto de un número elevado de artículos. Los métodos de análisis de series de tiempo son idealmente útiles para esas necesidades; en contraste, las decisiones asociadas con los procesos, la planeación de las instalaciones y los programas de marketing son a largo plazo e involucran menos exactitud respecto de, tal vez, una sola estimación de la demanda total. Los métodos cualitativos o causales tienden a ser más apropiados para estas decisiones. En la categoría de un plazo intermedio se encuentran la planeación agregada, el presupuesto de capital y las decisiones de introducción de nuevos productos, los cuales con frecuencia manejan métodos de series de tiempo o causales.
4. **Disponibilidad de los datos.** A menudo, la elección del método de pronóstico se restringe por los datos disponibles. Un modelo econométrico puede demandar datos que simplemente no estén disponibles en el corto plazo; por lo tanto, debe seleccionarse otro. El método de análisis de series de tiempo de Box-Jenkins requiere de cerca de 60

puntos de datos (cinco años de datos mensuales). La calidad de los datos disponibles también es esencial; los de mala calidad conducen a pronósticos deficientes. Los datos deben verificarse en busca de factores extraños o puntos inusuales.

5. **Patrón de los datos.** El patrón contenido en los datos afectará el tipo de método de pronóstico que se seleccione. Si la serie de tiempo es plana, como lo hemos supuesto en la mayor parte de este capítulo, puede utilizarse un método de primer orden; pese a ello, si los datos muestran tendencias o patrones estacionales, se necesitarán métodos más avanzados. El patrón contenido en los datos también determinará si un método de análisis de series de tiempo será suficiente o si se requerirán modelos causales. Si el patrón de datos es inestable a lo largo del tiempo, puede seleccionarse un método cualitativo; por lo tanto, el patrón contenido en los datos es uno de los factores fundamentales que afectan la selección de un método de pronóstico. Una forma de detectar el patrón radica en representar los datos sobre una gráfica, lo que deberá hacerse siempre como el primer paso del pronóstico.

Otro aspecto relacionado con la selección de un método de pronóstico es la diferencia entre el **ajuste** y la **predicción**. Cuando se prueban distintos modelos, con frecuencia se piensa que el modelo con el mejor ajuste a los datos históricos (el error mínimo) es, además, el mejor modelo de predicción. Ello no es verdad; por ejemplo: suponga que se obtienen observaciones de demanda a lo largo de los últimos ocho periodos y que deseamos ajustar el mejor modelo de series de tiempo a estos datos. Puede construirse un modelo polinomial de séptimo grado para ajustarse en forma exacta a cada uno de los ocho puntos de datos históricos;[2] sin embargo, este modelo no es necesariamente el mejor instrumento de predicción del futuro.

El mejor modelo predictivo es el que describe la serie de tiempo fundamental y que no es forzado para ajustarse a los datos. La forma correcta de ajustar modelos basados en datos históricos es separar el ajuste del modelo y la predicción del modelo. Primero, el conjunto de datos se divide en dos partes. Entonces, varios modelos basados en supuestos razonables acerca de la estacionalidad, la tendencia y los ciclos se ajustan al primer conjunto de datos. Estos modelos se usan para predecir valores para el segundo conjunto de datos y aquel que tenga el error más bajo en el segundo conjunto es el mejor modelo. Este enfoque utiliza el ajuste sobre el primer conjunto de datos y la predicción sobre el segundo como una base para la selección del modelo.

11.10 PLANEACIÓN, PREPARACIÓN DE PRONÓSTICOS Y REPOSICIONES DE INVENTARIO A UN NIVEL COLABORATIVO

La planeación, la **preparación de pronósticos y las reposiciones de inventario a un nivel colaborativo** (CPFR, *collaborative planning, forecasting, and replenishment*) son un enfoque relativamente nuevo que tiene como finalidad lograr pronósticos más exactos. La idea básica es compartir información entre los clientes y proveedores de la cadena de suministro durante el proceso de planeación y de preparación de pronósticos; un cliente puede, por ejemplo, tener información sobre las promociones futuras de las ventas planeadas o ajustes de inventario que el proveedor no conozca. En este caso, un pronóstico basado sólo en datos de series de tiempo elaborado por el proveedor sería inexacto, pero podría ajustarse si la información del cliente estuviera disponible.

Con el uso del CPFR, el cliente y el proveedor intercambian información sobre sus respectivas demandas pronosticadas. Cuando hay una discrepancia en los pronósticos, se realiza una discusión para descubrir la base de la diferencia. Después de eso, se desarrolla un pronóstico conjunto el cual se convierte en la base para la planeación de la reposición de inventarios. Es indispensable destacar que éste es un pronóstico y no una orden real pro-

[2] El modelo podría ser $Y = a_1 + a_2t + a_3t^2 + \cdots + a_8t^7$, donde t = tiempo.

veniente del cliente que, por lo regular, se colocaría en una fecha posterior. Un pronóstico colaborativo brinda visibilidad dentro de los procesos de la planeación de reabastecimiento del inventario más allá del ciclo usual de ordenamiento.

El CPFR es de utilidad sólo en ciertas situaciones; funciona mejor en las relaciones B2B donde existen sólo algunos clientes que reflejan la mayor parte de la demanda. Por ejemplo, Walmart no emplearía el CPFR con su alto número de clientes al menudeo, pero, ciertamente, transmite las órdenes pronosticadas a sus proveedores. Walmart hace esto por artículo y por tienda para todos sus proveedores mayores, como se explica en el cuadro "Liderazgo operativo"; en consecuencia, los proveedores obtienen una mejor perspectiva hacia los cambios esperados en la demanda, hacia las promociones especiales de ventas y hacia los ajustes de inventario que Walmart planea. El CPFR contribuye a coordinar la cadena de suministro de Walmart.

Whirlpool aplica el CPFR para reducir los errores de pronóstico de sus artículos.

Whirlpool maneja el CPFR para pronosticar las ventas de sus artículos de sus socios comerciales clave, por ejemplo: Sears. Tradicionalmente, Whirlpool y cada uno de sus socios comerciales habían creado en forma independiente un pronóstico de ventas para cada mercado. Utilizando el CPFR, ellos comparten sus pronósticos en un sitio web y, posteriormente, trabajan para reducir las diferencias. Antes del CPFR, el error promedio del pronóstico era de 100% de la demanda debido a la pequeña cantidad de artículos que se vendían en una tienda común. Tras el uso del CPFR, el error del pronóstico se redujo a 45% de la demanda. Precisamente para entender el impacto de este cambio, cada reducción de un punto porcentual en el error del pronóstico a lo largo de todo el sistema reducía el inventario de Whirlpool en varios millones de dólares.[3]

Los aspectos de importancia que deben recordarse acerca del CPFR son los siguientes:

1. Todas las partes deben estar dispuestas a compartir información confidencial acerca de los datos de la demanda, de las promociones futuras de ventas, de las órdenes potenciales, los nuevos productos y los tiempos de espera, entre otras. Debe proporcionarse seguridad en el sentido de que los competidores no tengan acceso a información confidencial.
2. Se necesita una relación colaborativa a largo plazo que sea mutuamente benéfica. Ello requerirá un ambiente de confianza y de atención continua por parte de la administración.
3. Deben aportarse suficientes recursos y tiempo para que el CPFR tenga éxito. En otras palabras, existe un costo al recibir los beneficios del CPFR.

El CPFR puede ser beneficioso si todas las partes se adhieren a estos aspectos.

11.11 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

Los pronósticos de la demanda son insumos vitales para las decisiones de planeación dentro de las operaciones y otras partes de la empresa. En este capítulo hemos destacado distintos usos y métodos de pronóstico relevantes. Algunos de los principales aspectos de este capítulo son los siguientes:

- Distintas decisiones requieren de diferentes métodos de pronóstico, incluyendo las siguientes decisiones del área de operaciones: diseño del proceso, planeación de la capacidad, planeación agregada, programación de la producción y administración del

[3] R. E. Slone (2004).

inventario. Algunas de las decisiones externas a las operaciones que demandan pronósticos son los programas de marketing a largo plazo, la fijación de precios, la introducción de nuevos productos, las estimaciones de costos y el presupuesto de capital. Los métodos disponibles pueden clasificarse como cualitativos, de series de tiempo y causales.

- Cuatro de los métodos cualitativos más destacados son el Delphi, los estudios de mercado, las analogías del ciclo de vida y el criterio informado. Dichos métodos son de mayor utilidad cuando no se dispone de datos históricos o cuando éstos no son confiables para predecir el futuro. Los métodos cualitativos se emplean, sobre todo, para pronósticos a largo o mediano plazo que involucran el diseño del proceso, la planeación de las instalaciones y los programas de marketing.
- Los pronósticos de series de tiempo se aplican para descomponer los datos de la demanda en sus componentes principales y para proyectar, de esta manera, el patrón histórico hacia el futuro. Sus principales usos son la realización de pronósticos a corto o mediano plazo para los inventarios, la programación de la producción, la fijación de precios y las decisiones de costo. Algunas de las técnicas mejor conocidas de análisis de series de tiempo son los promedios móviles, la suavización exponencial, los modelos matemáticos y el método de Box-Jenkins.
- Los métodos causales de pronóstico incluyen la regresión, los modelos econométricos, los modelos insumo-producto y los modelos de simulación. Estos métodos se utilizan como un intento para establecer una relación de causa-efecto entre la demanda y otras variables. Los métodos causales pueden ayudar a predecir los puntos de inflexión en los datos de series de tiempo y, por lo tanto, son de más utilidad para la preparación de pronósticos a mediano y largo plazos.
- Dos tipos de errores que ocurren en la preparación de pronósticos son el sesgo y la desviación. Ambos deben ser controlados en forma rutinaria para supervisar la exactitud de los pronósticos obtenidos. En las aplicaciones de pronósticos, las señales de seguimiento y el MAD son dos métodos que se usan para establecer si el sesgo y la desviación, respectivamente, están bien controlados.
- Debe seleccionarse un método de pronóstico con base en cinco factores: sofisticación del usuario y del sistema, tiempo y recursos disponibles, aplicación o características de la decisión, disponibilidad de datos y patrón de datos.
- Existe una distinción entre preparación de pronósticos y planeación. La preparación de un pronóstico es predecir lo que sucederá y la planeación consiste en determinar qué debería suceder.
- El CPFR es un método que se emplea para compartir y mejorar los pronósticos entre los clientes y los proveedores a lo largo de la cadena de suministro y reducir, con ello, los errores de pronóstico.

Términos clave

Métodos cualitativos de pronóstico
Métodos cuantitativos de pronóstico
Métodos de análisis de series de tiempo
Descomposición
Nivel
Tendencia
Factores estacionales
Término de error aleatorio
Método del promedio móvil
Promedio móvil ponderado
Suavización exponencial
Suavización exponencial simple
Sesgo
Desviación absoluta
Error del pronóstico
Suavización exponencial adaptativa
Métodos causales de pronóstico
Ajuste
Predicción
CPFR

Usted **decida**

¿Hasta qué grado es posible realizar un pronóstico exacto?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. ForecastPro Software
   http://www.forecastpro.com/

Este sitio contiene una descripción de los programas de cómputo de ForecastPro. Lea la descripción y haga un recorrido de visita rápido. Escriba un breve reporte de resumen sobre las características de los programas de cómputo.

2. Institute for Business Forecasting
   http://www.ibf.org

Este sitio ofrece una lista de empleos en el campo de la preparación de pronósticos. Examínela y obtenga una apreciación de los grados universitarios que se desean, de la experiencia requerida y de las compañías que están solicitando profesionales en pronósticos.

3. Journal of Business Forecasting
   http://www.ibf.org

Lea un artículo de muestra en este sitio y venga a clase preparado para comentar sus hallazgos.

4. Delphus
   http://www.delphus.com

Examine los tipos de programas de cómputo disponibles en esta empresa. Prepare un breve reporte sobre las características aprovechables en sus sistemas de pronósticos.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema

1. **Promedio móvil, promedio móvil ponderado y suavización exponencial** La demanda semanal de alitas de pollo en un restaurante durante las seis semanas anteriores ha sido como sigue:

Semana	1	2	3	4	5	6
Demanda	650	521	563	735	514	596

a) Pronostique la demanda para la semana siete utilizando un promedio móvil de cinco periodos.
b) Pronostique la demanda para la semana siete empleando un promedio móvil ponderado de tres periodos. Use los siguientes pesos para obtener sus pronósticos: $W_1 = .5$, $W_2 = .3$, $W_3 = .2$.
c) Pronostique la demanda para la semana siete con una suavización exponencial. Use un valor de .1 y suponga que el pronóstico para la semana seis fue de 600 unidades.
d) ¿Qué supuestos se han hecho en cada uno de los pronósticos anteriores?

Solución

$$a)\ F_7 = A_6 = \frac{D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6}{n}$$
$$= \frac{521 + 563 = 735 + 514 + 596}{5}$$
$$= 585.8$$
$$b)\ F_7 = A_6 = (W_1 \times D_6) + (W_2 \times D_5) + (W_3 \times D_4)$$
$$= (.5 \times 596) + (.3 \times 514) + (.2 + 735)$$
$$= 599.2$$
$$c)\ F_7 = A_6 = [(\alpha) \times D_6] + [(1 - \alpha) \times F_6]$$
$$= [(.1) \times 596] + [(1 - .1) \times 600]$$
$$= 599.6$$

d) Hemos supuesto lo siguiente: la demanda futura será como la demanda histórica en términos de la cantidad demandada. No existen efectos de tendencia, de estacionalidad o cíclicos. En el modelo del promedio móvil ponderado, la demanda más reciente se considera más importante que la demanda antigua para predecir la demanda. En el modelo de suavización exponencial, un valor de α de .1 pone muy poco peso sobre la demanda actual (10%) mientras que la mayor parte del peso se pone en la demanda histórica (90 por ciento).

Problema

2. Suavización exponencial, MAD exponencialmente suavizado y señal de seguimiento La compañía XYZ se inundó a causa de una tormenta y perdió una parte de sus datos de pronóstico. Las posiciones de la tabla que se marcaron como [*a*], [*b*], [*c*], [*d*], [*e*] y [*f*] deben recalcularse a partir de los datos restantes.

Periodo	D_t (demanda)	$F_t(\alpha = .3)$ (pronóstico)	$e_t = D_t = F_t$ (error)	$\alpha = .3$ (MAD_t)	Señal de seguimiento
0				10.0	
1	120	100.0	20.0	[a]	1.5
2	140	106.0	34.0	19.3	[*b*]
3	160	[*c*]	[*d*]	[*e*]	[*f*]

Solución

a) $MAD_t = (\alpha \times |D_t - F_t|) + [(1 - \alpha) \times MAD_{t-1}]$

$MAD_1 = (\alpha \times |D_1 - F_1|) + [(1 - \alpha)MAD_0]$

$= (.3 \times |120 - 100|) + [(1 - .3) \times 10.0]$

$= 13.0$

b) $TS_t = \dfrac{CFE}{MAD_t}$

$TS_2 = \dfrac{(D_1 - F_1) + (D_2 - F_2)}{MAD_2}$

$= \dfrac{20.0 + 34.0}{19.3}$

$= 2.8$

c) $F_{t+1} = (\alpha \times D_t) + [(1 - \alpha) \times F_t]$

$F_3 = (\alpha \times D_2) + [(1 - \alpha) \times F_2]$

$= (.3 \times 140) + [(1 - .3) \times 106.0]$

$= 116.2$

d) $e_t = D_t - F_t$

$e_3 = D_3 - F_3$

$= 160 - 116.2$

$= 43.8$

e) $MAD_t = (\alpha \times |D_t - F_t|) + [(1 - \alpha) \times MAD_{t-1}]$

$MAD_3 = (\alpha \times |D_3 - F_3|) + [(1 - \alpha) \times MAD_2]$

$= (.3 \times |160 - 116.2|) + [(1 - .3) \times 19.3]$

$= 26.7$

f) $TS_t = \dfrac{CFE}{MAD_t}$

$TS_3 = \dfrac{(D_1 - F_1) + (D_2 - F_2) + (D_3 - F_3)}{MAD_3}$

$= \dfrac{20.0 + 34.0 + 43.8}{26.7}$

$= 3.7$

Preguntas de análisis

1. ¿Existe alguna diferencia entre pronosticar la demanda y las ventas? ¿Puede pronosticarse la demanda a partir de los datos históricos de ventas?
2. ¿Cuál es la distinción entre la preparación de pronósticos y la planeación? ¿Cómo pueden confundirse las organizaciones respecto de los pronósticos cuando no está clara dicha distinción?
3. Defina los términos *método cualitativo, métodos de análisis de series de tiempo* y *pronóstico causal.*
4. Se ha dicho que los métodos cualitativos de pronóstico deben usarse sólo como último recurso. Comente.
5. Describa las aplicaciones de los pronósticos cualitativos, de series de tiempo y causales.
6. Se afirma que los pronósticos cualitativos y los causales no son particularmente útiles como insumos para las decisiones de inventarios y de programación de la producción. ¿Por qué es verdadera esta afirmación?
7. ¿Qué tipo de componentes de series de tiempo debería usted esperar para los siguientes aspectos?
   a) Las ventas mensuales de un florista al menudeo.
   b) Las ventas mensuales de leche en un supermercado.
   c) La demanda diaria de llamadas telefónicas.
   d) La demanda mensual de periódicos.
8. ¿Cuáles son las ventajas de la suavización exponencial sobre los promedios móviles y los promedios móviles ponderados?

9. ¿Cómo debería hacerse la elección de α en una suavización exponencial?
10. Establezca la diferencia entre *ajuste* y *predicción* para los modelos de pronóstico.
11. Una compañía le solicitó a todos sus vendedores que preparen pronósticos de sus territorios de ventas para el año siguiente. Estos pronósticos se agregarán por líneas de producto, distritos y regiones y, finalmente, a un nivel nacional. Describa los problemas que resultarán del uso de estos pronósticos para la planeación de niveles agregados de las operaciones para el año siguiente y para decisiones específicas de inventarios y de programación de la producción.
12. En la compañía Stokely, el área de marketing hace un pronóstico de ventas cada año mediante el desarrollo de una exploración a la fuerza de ventas. Mientras tanto, el área de operaciones elabora un pronóstico de ventas con base en los datos históricos, las tendencias y los componentes estacionales. De ordinario, el pronóstico del área de operaciones revela un incremento sobre el año anterior, pero todavía representa 20% menos que el pronóstico del departamento de marketing. ¿Cómo debería realizarse la preparación de pronósticos en esta empresa?
13. Explique el enfoque del CPFR y la manera en la que se usa para reducir el error del pronóstico.
14. ¿En qué circunstancias podría ser de utilidad el CPFR y en qué ocasiones no es de utilidad?

Indicaciones útiles para el uso de hojas electrónicas de Excel

En el sitio web del estudiante se proporcionan cuatro hojas electrónicas de Excel como ayuda para la resolución de problemas de este capítulo y de su suplemento. La hoja electrónica para el problema 8 se ilustra más abajo, pero con datos distintos a los de dicho problema. Los insumos para la hoja electrónica son el valor de alfa, la demanda para los periodos 1 al 14, y el pronóstico para el periodo 1. Esta hoja electrónica calcula el pronóstico de primer orden exponencialmente suavizado, el error, el MAD, la señal de seguimiento, el error absoluto y la suma acumulada del error para cada periodo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
21										
22										
23			NOMBRE:	Ejemplo				Capítulo 11, problema 8		
24			SEC:	**********						
25										
26						ALFA	0.2			
27										Suma
28								Señal de	Error	acumulada
29			Día	Demanda	Pronóstico	Error	MAD	seguimiento	absoluto	del error
30			----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
31			1	107	110.0	–3.0	0.6	–5.0	3.0	–3.0
32			2	121	109.4	11.6	2.8	3.1	11.6	8.6
33			3	117	111.7	5.3	3.3	4.2	5.3	13.9
34			4	111	112.8	–1.8	3.0	4.0	1.8	12.1
35			5	94	112.4	–18.4	6.1	–1.0	18.4	–6.3
36			6	99	108.7	–9.7	6.8	–2.4	9.7	–16.1
37			7	104	106.8	–2.8	6.0	–3.1	2.8	–18.8
38			8	116	106.2	9.8	6.8	–1.3	9.8	–9.1
39			9	123	108.2	14.8	8.4	0.7	14.8	5.7
40			10	129	111.1	17.9	10.3	2.3	17.9	23.6
41			11	92	114.7	–22.7	12.8	0.1	22.7	0.9
42			12	95	110.2	–15.2	13.2	–1.1	15.2	–14.3
43			13	104	107.1	–3.1	11.2	–1.6	3.1	–17.4
44			14	102	106.5	–4.5	9.9	–2.2	4.5	–22.0
45				--------	--------	-------	------	------	-------	------
46			TOTAL	1514.0	1536.0	–22.0	101.1	–3.4	140.6	

Problemas

1. La demanda diaria de claveles de la India en una florería de gran tamaño se muestra más abajo. Calcule:
   a) Un promedio móvil de tres periodos.
   b) Un promedio móvil de cinco periodos.

Periodo	Demanda
1	85
2	92
3	71
4	97
5	93
6	82
7	89

2. En el área de Atlanta, el número de llamadas diarias para reparaciones de máquinas copiadoras Speedy se ha registrado como sigue:

Octubre	Llamadas
1	92
2	127
3	106
4	165
5	125
6	111
7	178
8	97

   a) Prepare un pronóstico de un promedio móvil de tres periodos para los datos. ¿Cuál es el error en cada día?
   b) Prepare un pronóstico con un promedio móvil ponderado de tres periodos utilizando pesos de $w_1 = .5$, $w_2 = .3$, $w_3 = .2$.
   c) ¿Cuál de los dos pronósticos es mejor?

3. The ABC Floral Shop vendió la siguiente cantidad de geranios durante las dos últimas semanas:

Día	Demanda	Día	Demanda
1	200	8	154
2	134	9	182
3	147	10	197
4	165	11	132
5	183	12	163
6	125	13	157
7	146	14	169

   Desarrolle una hoja electrónica para responder las siguientes preguntas.
   a) Calcule un pronóstico de la demanda anterior utilizando un promedio móvil de tres periodos y de cinco periodos.
   b) Grafique estos pronósticos y los datos originales usando Excel. ¿Qué muestra la gráfica?
   c) ¿Cuál de los pronósticos anteriores es mejor? ¿Por qué?

4. La tienda de departamentos Handy-Dandy pronosticó ventas de 110 000 dólares para la última semana. Las ventas reales resultaron ser de 130 000 dólares.
   a) ¿Cuál es el pronóstico para esta semana, usando una suavización exponencial y $\alpha = .1$?
   b) Si las ventas de esta semana resultan ser de 120 000 dólares, ¿cuál es el pronóstico para la siguiente semana?

5. The Yummy Ice Cream Company proyectó la demanda de helados empleando una suavización exponencial de primer orden. La semana pasada, el pronóstico fue de 100 000 galones de helados y, en realidad, se vendieron 90 000 galones.
   a) Utilizando $\alpha = .1$, prepare un pronóstico para la siguiente semana.
   b) Calcule el pronóstico usando $\alpha = .2$ y $\alpha = .3$ para este problema. ¿Qué valor de α aporta el mejor pronóstico suponiendo una demanda real de 95 000 galones?

6. Con los datos del problema 2, prepare pronósticos exponencialmente suavizados para los siguientes casos:
   a) $\alpha = .1$ y $F_1 = 90$
   b) $\alpha = .3$ y $F_1 = 90$

7. Calcule los errores del sesgo y de la desviación absoluta para los pronósticos del problema 6. ¿Cuál de los modelos de pronóstico es mejor?

eXcel 8. En la tienda ABC Floral Shop, se desarrolló una discusión entre dos de los propietarios, Bob y Henry, en relación con la exactitud de los métodos de pronóstico. Bob argumenta que la suavización de primer orden con $\alpha = .1$ sería el mejor método. Henry replica que la tienda obtendría un mejor pronóstico con $\alpha = .3$.
   a) Usando $F_1 = 100$ y los datos del problema tres, ¿cuál de los dos administradores tiene la razón?
   b) Grafique los dos pronósticos y los datos originales utilizando Excel. ¿Qué muestra la gráfica?
   c) Es posible que la exactitud del pronóstico pueda mejorarse aún más. Intente valores adicionales de $\alpha = .2$, .4 y .5 para ver si se consigue una mejor exactitud.

9. Sólo se terminó una porción de la siguiente tabla para la suavización exponencial. Complete los renglones que faltan empleando $\alpha = .1$.

Periodo	D_t	F_t	e_t	MAD_t	Señal de seguimiento
0				20	
1	300	290			
2	280				
3	309				

10. Una tienda de dulces vendió la siguiente cantidad de libras de dulces durante los tres días anteriores. Suponiendo que $\alpha = .4$, $A_0 = 16$, y $MAD_0 = 1$, complete la siguiente tabla.

Periodo	D_t	A_t	F_t	e_t	MAD_t	Señal de seguimiento
0		16			1	
1	20					
2	26					
3	14					

eXcel 11. Una tienda de abarrotes en Estados Unidos vende la siguiente cantidad de pavos congelados a lo largo de un periodo de una semana antes del Día de Gracias:

	Pavos vendidos
Lunes	80
Martes	53
Miércoles	65
Jueves	43
Viernes	85
Sábado	101

a) Prepare un pronóstico de ventas para cada día, empezando con $F_1 = 85$ y $\alpha = .2$.
b) Calcule el MAD y la señal de seguimiento para los datos que se proporcionaron arriba en cada periodo. Use $MAD_0 = 0$.
c) Con base en los criterios dados en el texto, ¿se encuentra el MAD y la señal de seguimiento dentro de tolerancias?
d) Recalcule los incisos *a*) y *b*) empleando $\alpha = .1$, .3 y .4. ¿Qué valor de α aporta el mejor pronóstico?

12. La famosa empresa Widget Company recurre a una suavización exponencial simple para pronosticar la demanda para sus artículos con mejores ventas. La compañía evalúa si debería usar $\alpha = .1$ o $\alpha = .3$ para propósitos de pronósticos. Utilice los siguientes datos de ventas diarias para plantear una recomendación:

Día	Demanda	Día	Demanda
1	35	8	39
2	47	9	24
3	46	10	26
4	39	11	36
5	26	12	43
6	33	13	46
7	24	14	29

Desarrolle una hoja electrónica de Excel para responder las siguientes preguntas.

a) Para los siete primeros días de datos, compare la desviación absoluta de los pronósticos empleando $\alpha = .1$ y $\alpha = .3$. Empiece con $A_0 = 33$. ¿Qué método es mejor?
b) Use la segunda semana de siete días de datos (días 8 al 14) para hacer la misma comparación. Utilice $A_7 = 32$ para ambos métodos. ¿Qué método es mejor ahora?
c) ¿Qué ilustra este ejemplo?

13. La tienda de llantas Easyfit tuvo una demanda para sus llantas como se muestra más abajo. Divida los datos en dos partes iguales de siete días cada una. Suponga $F_1 = 198$.

a) Desarrolle una hoja electrónica utilizando los primeros siete días de demanda para determinar el mejor modelo de suavización exponencial para valores de $\alpha = .2$, $\alpha = .3$ y $\alpha = .4$. Seleccione el modelo que tenga la desviación absoluta más pequeña para siete periodos.
b) Desarrolle otra hoja electrónica con la muestra ampliada para los segundos siete días a efecto de comparar el mejor modelo de suavización exponencial encontrado en el inciso *a*) con un modelo de promedios móviles de tres periodos. Compare las predicciones con base en la desviación total absoluta para los segundos siete periodos.
c) ¿Qué principios ilustra este problema?

Día	Demanda	Día	Demanda
1	200	8	208
2	209	9	186
3	215	10	193
4	180	11	197
5	190	12	188
6	195	13	191
7	200	14	196

14. La empresa ABC Floral Shop del problema 3 considera ajustar algunos modelos de pronóstico sobre los siete primeros días de demanda y usar los segundos siete días como una muestra ampliada para comparar la exactitud de predicción de los modelos. Decidieron emplear $\alpha = .25$, pero no están seguros de qué valor inicial de pronóstico utilizar para F_1.

a) Intente valores de $F_1 = 160$, $F_2 = 170$ y $F_3 = 180$ para determinar el mejor modelo exponencial para los siete primeros días usando el valor mínimo de la desviación total absoluta como criterio. Puede modificarse la hoja electrónica del problema 8 para los cálculos.
b) Compare el mejor modelo del inciso *a*) con un modelo de un promedio móvil de tres periodos en el segundo conjunto de datos. ¿Cuál tiene la suma más pequeña de errores absolutos?
c) ¿Qué principios ilustra este problema?

Bibliografía

Armstrong, J. Scott. *Principles of Forecasting*. Nueva York: Springer Verlag, 2001.

Basu, Shankar y Roger G. Schroeder. "Incorporating Judgments in Sales Forecasts: Application of the Delphi Method at American Hoist & Derrick". *Interfaces* 7, núm. 3 (mayo de 1977), pp. 18-27.

Box, G. E. P., G. M. Jenkins, G. C. Reinsel y G. Jenkins. *Time Series Analysis, Forecasting, and Control*. 3a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1994.

Brander, A. "One Total Forecast". *APICS-The Performance Advantage*, mayo de 2003, pp. 54-57.

Brockwell, Peter J. y Richard Davis. *Introduction to Time Series and Forecasting*. 2a. ed., Nueva York: Springer Verlag, 2002.

Danese, Pamela. "Designing CPFR Collaborations: Insights from Seven Case Studies". *International Journal of Operations & Production Management* 27, núm. 2 (2007), pp. 181-204.

Foote, Paul y M. Krishnamurthi. "Forecasting Using Data Warehousing Model: Walmart's Experience". *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, otoño de 2001, pp. 13-17.

Georgoff, David M. y Robert Murdick. "Manager's Guide to Forecasting". *Harvard Business Review*, enero-febrero de 1986, pp. 110-120.

Granger, Clive. "Forecasting-Looking Back and Forward: Paper to Celebrate the 50th Anniversary of the Econometrics Institute at the Erasmus University, Rotterdam". *Journal of Econometrics* 138, núm. 1 (2007), pp. 3-13.

Hanke, John y Dean Wichern. *Business Forecasting and Student CD Package*. 9a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.

Hyndman, Rob, J. Keith Ord, Anne B. Koehler y Ralph D. Snyder. *Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach*. Nueva York: Springer Verlag, 2008.

Kakouros, S., D. Kuettner y B. Cargille, "Measure, Then Manage". *APICS-The Performance Advantage*, octubre de 2002, pp. 25-29.

Makridakis, Spyros, Steven Wheelwright y Rob Hyndman. *Forecasting Methods and Applications*, 3a. ed., Nueva York: Wiley, 1998.

Malehorn, Jack. "Supply Chain Collaboration: How to Implement CPFR and Other Best Collaborative Practices". *Journal of Business Forecasting* 24, núm. 4 (invierno de 2005), pp. 12-15.

Montgomery, Douglas C., Cheryl L. Jennings y Murat Kulahci. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Nueva York: Wiley, 2009.

Slone, R. E. "Leading a Supply Chain Turnaround". *Harvard Business Review*, octubre de 2004, pp. 114-121.

Smaros, Johanna. "Forecasting Collaboration in the European Grocery Sector: Observations from a Case Study". *Journal of Operations Management* 25, núm. 3 (2007), pp. 702-716.

Wilson, J. Holton, Barry Keating y Solutions, Inc. *Business Forecasting with Student CD*. 6a. ed., Nueva York: McGraw-Hill, 2008.

Winters, Peter R. "Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages". *Management Sciences*, abril de 1960, pp. 324-342.

Suplemento

Métodos avanzados

Este suplemento describe tres métodos adicionales para los pronósticos de series de tiempo que tienen componentes de tendencia y de periodos estacionales. Tales métodos son extensiones de las técnicas descritas en este capítulo.

Cuando el modelo de series de tiempo posee un componente de tendencia, puede desarrollarse un modelo de suavización exponencial basado en la actualización de dos variables en cada periodo: un nivel promedio y una tendencia. El nivel promedio se calcula como una versión ampliada de la ecuación de primer orden para incluir la tendencia, de la siguiente manera:

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

A la vez, este promedio se emplea para actualizar la estimación de la tendencia tomando la diferencia en promedios y suavizándola con la tendencia antigua. La tendencia actualizada es, por lo tanto,

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

En este caso, la constante de suavización β, la cual puede ser la misma o distinta de la constante α utilizada para el nivel, se usa para la tendencia. El modelo requiere estimaciones iniciales de A_0 y T_0 para arrancar. Tales estimaciones pueden basarse en el criterio o en datos históricos.

Con los valores anteriores, podemos calcular los pronósticos para el futuro. El procedimiento es, ahora, un tanto distinto del caso de primer orden, pues se ha supuesto una tendencia constante en la serie de tiempo. El pronóstico para el periodo $t + K$ en el futuro es, entonces,

$$F_{t+K} = A_t + KT_t \; K = 1, 2, 3, \ldots$$

Se añade una unidad de tendencia a cada periodo hacia el futuro. Un ejemplo que utiliza estas fórmulas se muestra en la tabla S11.1.

Las series de tiempo que poseen componentes tanto de tendencia como estacionales pueden pronosticarse con un método desarrollado por Winters (1960). En este caso, tres variables —el promedio, la tendencia y un factor estacional— se actualizan para cada periodo.

El promedio se calcula para el periodo t a continuación:

$$A_t = \alpha\left(\frac{D_t}{R_{t-L}}\right) + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

En este caso, la demanda se ajusta por la razón estacional y se suaviza con el promedio y la tendencia antiguos. La tendencia para el periodo t es, así,

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

TABLA S11.1
Suavización exponencial ajustada por la tendencia*

t	D_t (demanda)	A_t (promedio)	T_t (tendencia)	F_t (Pronóstico)	$D_t - F_t$ (error)
1	85	85	15	85	0
2	105	100.5	15.05	100	5.00
3	112	115.2	15.01	115.55	–3.55
4	132	130.4	15.03	130.21	1.79
5	145	145.4	15.03	145.43	–.43

*Suponga que $A_0 = 70$, $T_0 = 15$, $\alpha = .1$, $\beta = .1$.

TABLA S11.2
Método de suavización exponencial estacional de Winters*

t	D_t (demanda)	A_t (promedio)	T_t (tendencia)	R_t (razón estacional)	F_t (pronóstico)	$D_t - F_t$ (error)
1	66	80.5	10.1	.804	64	2.0
2	106	90.1	10.0	1.195	108.7	−2.7
3	78	99.5	9.9	.799	80.4	−2.4
4	135	110.1	10.0	1.201	130.7	4.3

*Suponga que $A_0 = 70$, $T_0 = 10$, $L = 2$, $R_{-1} = .8$, $R_0 = 1.2$, $\alpha = .2$, $\beta = .2$, $\gamma = .2$.

La razón estacional para el periodo t es

$$R_t = \gamma\left(\frac{D_t}{A_t}\right) + (1 - \gamma)R_{t-L}$$

En este caso, estamos suponiendo que el ciclo estacional es de L periodos. Existen L razones estacionales, una para cada periodo. Si la demanda es mensual y el ciclo estacional se repite sobre una base anual, $L = 12$. Cada mes, una de las razones estacionales se actualizará y adquirirá un nuevo valor, junto con la tendencia y el promedio.

El modelo requiere estimaciones iniciales de A_0, T_0 y R_0, R_{-1}, . . ., R_{-L+1}. Estas estimaciones iniciales pueden basarse en el criterio o en los datos si están disponibles.

De acuerdo con los valores actualizados, el pronóstico para los periodos futuros en el periodo t es

$$F_{t+K} = (A_t + KT_t)(R_{t-L+K})$$

En la tabla S11.2 se presenta un ejemplo de este método.

Cuando no existe alguna tendencia, el método de Winters también puede usarse únicamente con factores estacionales. En este caso, la ecuación de tendencia anterior y los valores de T_t se eliminan del método de una manera similar.

Una de las técnicas que con frecuencia se emplean en los pronósticos de series de tiempo es la *descomposición clásica*. Este método implica la descomposición de una serie de tiempo en componentes de nivel, tendencia, estacionales y, posiblemente, cíclicos. La descomposición se ilustra por medio de un ejemplo con tres años de datos trimestrales provenientes de una juguetería. Se ha supuesto que el patrón estacional es de carácter trimestral y que, asimismo, puede haber componentes de tendencia y de nivel en los datos. Ya que sólo se dispone de tres años de datos, no se estimará algún componente cíclico.

Los datos trimestrales acerca de las ventas de juguetes se presentan en la tabla S11.3. Las ventas más grandes de juguetes, por mucho, se ubican en el cuarto trimestre, durante la época navideña. Una inspección visual de los datos implica una tendencia ascendente, pero, ¿cómo puede separarse esta tendencia de la estacionalidad de los datos? Ello se hace calculando primero un promedio móvil de cuatro trimestres. La descomposición requiere el mismo número de periodos en el promedio móvil que la estacionalidad de los datos, es decir, cuatro periodos para la estacionalidad trimestral, 12 periodos para la estacionalidad mensual, con la finalidad de promediar los periodos de demanda altos y bajos a lo largo del ciclo estacional. El promedio móvil de cuatro periodos se muestra en la tercera columna de la tabla S11.3. Estos promedios móviles se centran entre periodos, ya que un promedio de cuatro periodos debe representar un punto con dos periodos en cada lado. En la columna tres, la tendencia ascendente se hace evidente, pues la estacionalidad se eliminó de los datos.

Para calcular las razones estacionales, necesitamos un promedio para cada periodo, lo cual se consigue en la columna cuatro de la tabla S11.3 mediante la construcción de un promedio móvil de dos periodos de la columna tres. Estos nuevos promedios se centran, una vez más, en los periodos de datos en lugar de entre periodos. La columna cuatro representa, entonces, el mejor promedio de los datos para estimar la tendencia; además, se utiliza para calcular las razones estacionales en forma directa dividiendo las ventas entre la columna cuatro para llegar, así, a las razones estacionales de la columna cinco. La interpretación de estas razones es ésta: la demanda en el tercer trimestre es de 95.8% del

TABLA S11.3
Método de descomposición clásica

Trimestre	Ventas*	Promedio móvil de cuatro periodos	Promedio móvil de dos periodos	Razón estacional
1	30			
2	42			
		56.75		
3	55		57.4	.958
		58		
4	100		58.5	1.709
		59		
5	35		59.5	.588
		60		
6	46		62.5	.736
		65		
7	59		66.0	.894
		67		
8	120		68.4	1.754
		69.75		
9	43		71.3	.603
		72.75		
10	57		75.5	.755
		78.25		
11	71			
12	142			

	Trimestre de razones estacionales			
	1	**2**	**3**	**4**
			.958	1.709
	.588	.736	.894	1.754
	.603	.755		
Promedio	.596	.746	.926	1.732

*Las ventas están en miles de dólares.

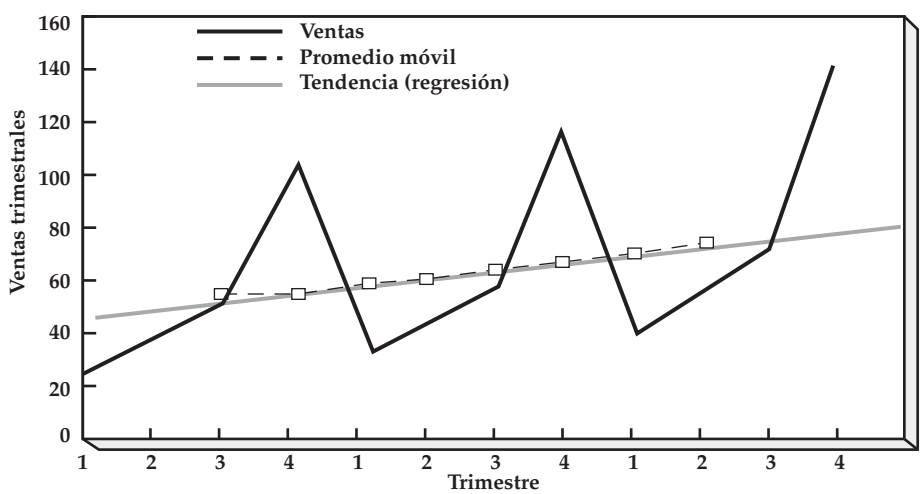
promedio anual, la demanda en el cuarto trimestre es de 170.9% del promedio anual, y así sucesivamente. Para obtener una mejor estimación de las razones estacionales, simplemente se promedian las razones para los trimestres correspondientes. Este cálculo se presenta en la parte inferior de la tabla S11.3. Observe que las razones estacionales son del todo estables en este ejemplo, pero tenemos un monto mínimo de datos para trabajar con él. Casi siempre, deben emplearse por lo menos cuatro años de datos para establecer razones estacionales.

Los datos originales de ventas y el promedio móvil desestacionalizado, de la columna cuatro, se grafican en la figura S11.1. El promedio móvil indica una línea de tendencia ascendente. En realidad, la tendencia podría ser ligeramente no lineal, pero supongamos, para este ejemplo, una línea de tendencia lineal. Posteriormente, puede ajustarse una línea de regresión a través de los ocho puntos del promedio móvil que se muestra en la gráfica. El resultado es

$$Y(t) = 47.8 + 2.63t$$

donde $Y(t)$ = ventas y t = tiempo.

FIGURA S11.1
Ventas estacionales de juguetes.



Asimismo, podría ajustarse una línea de tendencia a los datos originales de ventas, pero en la descomposición clásica se acostumbra usar promedios móviles antes de ajustar la línea de tendencia, lo que parece aportar un pronóstico ligeramente más estable.

Para pronosticar las ventas para el año siguiente, se utiliza el siguiente método. Primero, emplee la ecuación de tendencia lineal para predecir el promedio para los trimestres 13, 14, 15 y 16 insertando estos valores de tiempo en la ecuación de regresión anterior. Eso nos da la columna dos de la tabla S11.4. A continuación, multiplique la razón estacional de cada trimestre entre el promedio predicho. El resultado es un pronóstico para cada trimestre del año siguiente, como se presenta en la tabla S11.4.

TABLA S11.4
Cálculos del pronóstico estacional

Trimestre	Promedio predicho	×	Factor estacional	=	Pronóstico
13	82.0		.596		48.8
14	84.6		.746		63.1
15	87.2		.926		80.7
16	89.9		1.732		155.7

Problemas complementarios

1. Ace Hardware maneja refacciones para cegadoras de césped. Se recopilaron los siguientes datos para una semana del mes de mayo cuando las navajas de reemplazo de las cegadoras tenían una demanda muy alta:

Día	Demanda
1	10
2	12
3	13
4	15
5	17
6	20
7	21

   a) Simule un pronóstico para la semana, empezando con $F_1 = 10$, $T_0 = 2$, $\alpha = .2$ y $\beta = .4$. Use el modelo de tendencia que se proporcionó en el suplemento del capítulo.
   b) Calcule el valor de MAD y la señal de seguimiento para los datos. Utilice un valor de $MAD_0 = 0$.
   c) ¿Se encuentran dentro de tolerancias el valor de MAD y la señal de seguimiento?
   d) Simule un pronóstico empleando una suavización simple para la semana, empezando con $F_1 = 10$ y $\alpha = .2$. Presente el pronóstico y los datos en una gráfica. Observe la manera en la que el pronóstico va por detrás de los datos.

eXcel 2. Se registró la demanda diaria de donas de chocolate de Donut-Hole Shop durante un periodo de dos semanas.

Día	Demanda	Día	Demanda
1	80	8	85
2	95	9	99
3	120	10	110
4	110	11	90
5	75	12	80
6	60	13	65
7	50	14	50

   a) Simule un pronóstico de la demanda con una suavización exponencial ajustada por la tendencia con los siguientes valores: $A_0 = 90$, $T_0 = 25$ y $\alpha = \beta = .2$.
   b) Presente los datos y el pronóstico en una gráfica.
   c) ¿Será éste un buen modelo para los datos?

3. The SureGrip Tire Company produce llantas de distintos tamaños y formas. La demanda de las llantas tiende a seguir un patrón estacional trimestral con una tendencia. Para un tipo particular de llantas, las estimaciones actuales de la compañía son como sigue: $A_0 = 10\,000$, $T_0 = 1\,000$, $R_0 = .8$, $R_{-1} = 1.2$, $R_{-2} = 1.5$ y $R_{-3} = .75$.
   a) La empresa acaba de observar el primer trimestre de la demanda $D_1 = 6\,000$ y le gustaría actualizar su pronóstico para cada uno de los cuatro trimestres siguientes con $\alpha = \beta = \gamma = .4$.
   b) Cuando se observó la demanda para el segundo trimestre, $D_2 = 15\,000$, ¿qué cantidad de error había en el pronóstico?
   c) Actualice de nuevo los pronósticos para el año siguiente retomando los datos de las demanda del segundo trimestre.

eXcel 4. La administración considera que existe un patrón estacional en los datos anteriores para Donut-Hole Shop (vea problema 2), y que los dos primeros días de una semana representan un primer nivel; el tercero y el cuarto días, un segundo nivel, y el quinto, sexto y séptimo un tercer nivel; por lo tanto, se han sugerido tres factores estacionales: $R_0 = .9$, $R_{-1} = 1.3$ y $R_{-2} = .8$.
   a) Simule un pronóstico de la demanda para los días 1 a 7 usando $A_0 = 85$, $T_0 = 0$ y $\alpha = \beta = \gamma = .1$. Aplique el método de Winters que se presentó en el suplemento de este capítulo.
   b) Comente acerca de la idoneidad de los pronósticos desarrollados.

5. La administración de ABC Floral Shop considera que sus ventas son de naturaleza estacional con un patrón

estacional mensual y sin ninguna tendencia. Los datos de la demanda y las razones estacionales para los tres años anteriores son como se describen abajo.

Mes	Demanda del año 1	Demanda del año 2	Demanda del año 3	Razón estacional
Enero	$12 400	$11 800	$13 600	0.8
Febrero	23 000	24 111	21 800	1.8
Marzo	15 800	16 500	14 900	0.9
Abril	20 500	21 000	19 400	1.6
Mayo	25 100	24 300	26 000	2.0
Junio	16 200	15 800	16 500	1.0
Julio	12 000	11 500	12 400	0.7
Agosto	10 300	10 100	10 800	0.6
Septiembre	11 800	11 000	12 500	0.7
Octubre	14 000	14 300	13 800	1.2
Noviembre	10 700	10 900	10 600	0.9
Diciembre	7 600	7 200	8 100	0.6

a) Calcule un pronóstico para el año pasado utilizando $A_0 = 15\,000$, $\alpha = \gamma = .3$, y la razones estacionales que se mostraron antes. Para cada periodo, calcule el pronóstico y la razón estacional actualizada.

b) Presente los datos originales y el pronóstico en una gráfica.

c) Calcule las señales de seguimiento para el año pasado empleando $MAD_0 = 0$. ¿Están dentro de tolerancias?

d) Con el método de descomposición clásica que se describió en el suplemento del capítulo, calcule las razones estacionales provenientes de los datos y determine la tendencia y los niveles promedio. Utilice esas razones y estimaciones de tendencia y de nivel para elaborar un pronóstico para el año siguiente.

Capítulo **12**

Planeación de la capacidad

Presentación del capítulo

12.1 Decisiones de instalaciones

12.2 Estrategia de instalaciones

12.3 Definición de la planeación de las ventas y de las operaciones

12.4 Naturaleza interfuncional de la planeación de las ventas y de las operaciones

12.5 Opciones de planeación

12.6 Estrategias básicas de la planeación agregada

12.7 Costos de la planeación agregada

12.8 Ejemplo de planeación agregada

12.9 Aspectos y términos clave

Usted decida

Ejercicios por internet

Problemas resueltos

Preguntas de análisis

Problemas

Bibliografía

Suplemento: modelos matemáticos

En este capítulo exponemos las decisiones de capacidad relacionadas con la ejecución de la producción de bienes y servicios. Las empresas toman decisiones de planeación de la capacidad que son de largo, mediano y corto plazos. Tales decisiones se desprenden en forma natural de las de la cadena de suministro ya tomadas y de la información de los pronósticos como un insumo.

Las decisiones de capacidad deben alinearse con la estrategia de operaciones de una empresa. La estrategia de operaciones proporciona un mapa que se usa al tomar decisiones de la cadena de suministro encaminadas a crear una red de organizaciones cuyo trabajo y producto final se apliquen a la satisfacción de las necesidades de productos y servicios de los clientes. Las decisiones de capacidad se basan en estimaciones pronosticadas de la demanda futura; por ejemplo: las áreas de operaciones y de marketing colaboran para desarrollar un pronóstico para la demanda de servicios de un balneario del tipo spa antes de que éste tome decisiones de planeación de capacidad vinculadas con las instalaciones apropiadas y la cantidad de personal que requerirá.

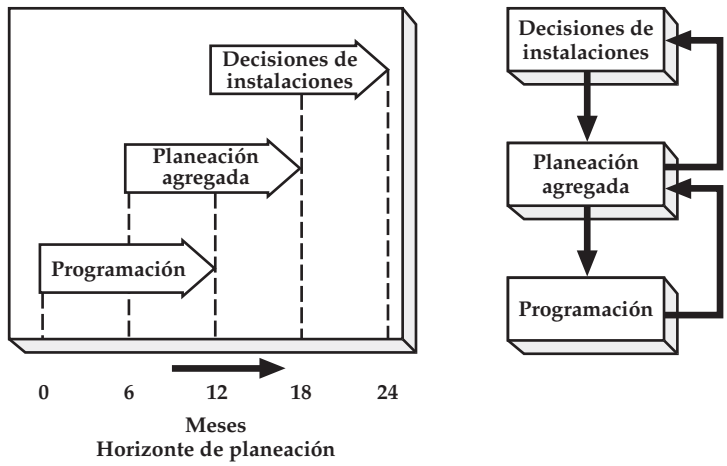


FIGURA 12.1
Jerarquía de las decisiones de capacidad.

Como lo expusimos en el capítulo anterior, las decisiones a largo plazo se asocian con la selección de las instalaciones y del proceso, las cuales se extienden, por lo general, aproximadamente uno o más años hacia el futuro. La primera parte de este capítulo describe las decisiones de instalaciones y un enfoque estratégico para tomarlas. Asimismo, en este capítulo estudiamos la planeación agregada a mediano plazo, la cual se extiende de seis meses a un año o dos hacia el futuro. En el siguiente capítulo se exponen las decisiones de capacidad a corto plazo de menos de seis meses que se relacionan con la programación de los recursos disponibles para satisfacer la demanda.

Las instalaciones, la planeación agregada y la programación de la producción integran una **jerarquía de decisiones de capacidad** respecto de una planeación de operaciones que puede extenderse de un largo plazo, hasta uno mediano o uno corto. Primero, las decisiones de planeación de las instalaciones son de carácter a largo plazo y se toman para obtener la capacidad física que debe planearse, desarrollarse y estructurarse antes del uso que se pretende. Posteriormente, la planeación agregada determina el nivel de la fuerza laboral y el de la producción final para un mediano plazo dentro de la capacidad disponible. Por último, la programación de las operaciones consiste en decisiones a corto plazo que se restringen por la planeación agregada y aplica la capacidad disponible asignándola a actividades específicas.

Esta jerarquía de las decisiones de capacidad se muestra en la figura 12.1. Observe que las decisiones proceden de los niveles altos a los niveles bajos y que hay ciclos de realimentación de los niveles más bajos a los más altos; por lo tanto, con frecuencia, las decisiones de programación indican la necesidad de una planeación agregada revisada y, asimismo, la planeación agregada puede poner de manifiesto necesidades de instalaciones.

Definimos **capacidad** (algunas veces denominada capacidad máxima) como la mayor producción que puede elaborarse a lo largo de un periodo específico, como un día, una semana o un año. La capacidad puede medirse en términos de medidas de producción como el número de unidades o las toneladas producidas y el número de clientes atendidos a lo largo de un periodo específico. También, puede medirse por la disponibilidad física de los activos, como el número de cuartos de hotel disponibles, o por la disponibilidad de la mano de obra; por ejemplo: la mano de obra disponible para consultorías o servicios de contabilidad.

La estimación de la capacidad depende de supuestos razonables acerca de la disponibilidad de las instalaciones, del equipamiento y de la fuerza laboral para uno, dos o tres turnos así como de los días operativos por semana o por año. Si suponemos que se dispone de dos turnos de ocho horas durante cinco días por semana, todo el año, la capacidad de las instalaciones es de $16 \times 5 = 80$ horas por semana y $80 \times 52 = 4\,160$ horas por año; sin embargo, si las instalaciones se dotan de personal para un solo turno, dichas estimaciones

Liderazgo operativo — El derrumbe de un puente ilustra la necesidad de disponer de una capacidad de emergencia

El puente denominado 1-35W Mississippi River, cerca del centro de Minneapolis y de la Universidad de Minnesota, se derrumbó durante las horas de congestionamiento de la noche del 1 de agosto de 2007. En los esfuerzos de rescate participaron 75 agencias de la ciudad, del condado, del Estado y federales. Tales catástrofes ilustran la necesidad de disponer de una capacidad especial para servicios de emergencia.

La policía de Minneapolis y los departamentos de bomberos estuvieron entre los primeros que respondieron al desastre y, aunque de ordinario tienen un exceso de capacidad, la utilización de esos servicios se vio temporalmente sobrepasada. La policía suburbana y las unidades de bomberos, con su propia capacidad disponible, se congregaron para responder a otras demandas para aquellos servicios sin relación con el derrumbe del puente.

Aunque la mayoría de las víctimas afectadas fueron tratadas en el centro médico del condado Hennepin, otros nueve hospitales del área también trataron a las víctimas. Tal colaboración entre las unidades de emergencia de los hospitales es necesaria durante los grandes desastres, ya que ningún hospital por sí solo tiene la capacidad suficiente para absorber estos brotes repentinos en la demanda.

Las excelentes relaciones laborales entre agencias que se desarrollaron durante una capacitación conjunta, una planeación en grupo e incidentes anteriores de emergencia se citaron como una de las principales razones por las que las operaciones de respuesta y de recuperación se desplegaron de manera uniforme. Como lo comentó un líder del rescate: *No lo visualizamos como un incidente de Minneapolis; más bien, fue un incidente de la ciudad, del condado y del Estado*.

Fuente: Adaptado de la información compilada a partir de varias fuentes, incluyendo "1-35W Mississippi River Bridge", www.wikipedia.org, 2009.

de la capacidad deben dividirse a la mitad. La capacidad de las instalaciones no está disponible a menos que haya una fuerza de trabajo para operarla.

La **utilización** es la relación entre la producción real y la capacidad y se define mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad}} \times 100\%$$

La utilización de la capacidad es una útil medida para estimar qué tan ocupadas están las instalaciones o la proporción de la capacidad total que se está utilizando. Casi nunca es razonable planear para un uso al 100%, ya que la capacidad extra (no empleada) es necesaria tanto para los eventos planeados como para los no planeados. Los eventos planeados pueden incluir el mantenimiento requerido o el reemplazo de equipos y los no planeados podrían ser una entrega tardía de un proveedor o una demanda inesperada.

Las tasas de utilización varían ampliamente por industria y por empresa. Los procesos con un flujo continuo pueden tener un uso cercano al 100%. Las instalaciones con procesos de líneas de ensamble pueden establecer el empleo planeado al 80% para permitir flexibilidad para la satisfacción de una demanda inesperada. A menudo, los procesos por lotes y por talleres de trabajo tienen, incluso, una utilización más baja. Los servicios de emergencia como la policía, los bomberos y los cuidados médicos de emergencia, casi siempre, tienen una utilización muy baja, en parte para satisfacer las demandas que deben atender durante catástrofes. El cuadro "Liderazgo operativo" narra la historia del derrumbe del puente Interestatal 35W en Minneapolis, Minnesota, como un ejemplo de la necesidad de una capacidad proveniente de una variedad de organizaciones durante las emergencias.

En el corto plazo es posible que una empresa opere por arriba de una utilización al 100% ya que puede utilizarse tiempo extra o una tasa adicional de la fuerza de trabajo para satisfacer una demanda altamente variable o estacional. Por lo regular, los servicios de correo y de entrega de empaques recurren a estos medios para incrementar el producto del trabajo antes de un gran día festivo; sin embargo, las empresas no pueden sostener esta rápida tasa de trabajo más allá de un breve periodo. Para la mayoría de las organizaciones, el agotamiento del trabajador, el mantenimiento demorado del equipamiento y los costos adicionales pueden hacer indeseable operar a una utilización muy alta en un plazo mediano o largo.

Además de la capacidad máxima teórica, existe una **capacidad efectiva** que se obtiene sustrayendo el tiempo inactivo durante el mantenimiento, los descansos entre turnos, los cambios de programas, el ausentismo y otras actividades que disminuyen la capacidad disponible; de este modo, la capacidad efectiva es la cantidad de capacidad que puede usarse al planear la producción real de las instalaciones a lo largo de un periodo. Para estimar la capacidad efectiva de las instalaciones con dos turnos que se describieron anteriormente, debemos sustraer las horas para los eventos planeados y para los imprevistos.

12.1 DECISIONES DE INSTALACIONES

Las **decisiones de instalaciones**, es decir, las de planeación de la capacidad al plazo más largo de todos, son de gran importancia para una compañía. Dichas decisiones imponen restricciones físicas sobre la cantidad que puede producirse y, por lo común, requieren de una inversión de capital significativa; por lo tanto, las decisiones de instalaciones involucran a todas las funciones organizacionales y, con frecuencia, se toman al nivel corporativo más alto, incluyendo a la alta administración y a la junta directiva.

Las empresas deben decidir si amplían las instalaciones actuales o si construyen instalaciones nuevas. A medida que expongamos la estrategia de instalaciones más adelante, veremos que hay distintas ventajas y desventajas que deben considerarse. La expansión de las instalaciones actuales puede proporcionar conveniencias de ubicación para la administración, pero la construcción puede demandar sistemas actualizados como calefacción y ventilación; de manera alternativa, las instalaciones nuevas pueden localizarse cerca de una fuerza laboral potencialmente más grande, pero requerirá de una duplicación de actividades como mantenimiento y capacitación.

Cuando la construcción es necesaria, el tiempo de espera de muchas decisiones de instalaciones va de uno a cinco años. Por lo general, el marco de tiempo de un año involucra edificios y equipamiento que pueden construirse rápidamente o que pueden arrendarse. El marco de tiempo de cinco años implica instalaciones grandes y complejas como refinerías, fábricas de papel, fundidoras y plantas generadoras de electricidad.

En las decisiones de instalaciones se plantean cinco preguntas fundamentales:

1. ¿Cuánta capacidad se necesita?
2. ¿Qué tan grande deben ser las instalaciones?
3. ¿Cuándo se requiere la capacidad?
4. ¿Dónde deberían localizarse las instalaciones?
5. ¿Qué tipo de instalaciones o de capacidad se demandan?

Las preguntas acerca de cuánto, qué tan grande, cuándo, dónde, y qué tipo pueden separarse conceptualmente, pero, en la práctica, casi siempre, se interrelacionan. En consecuencia, las decisiones de instalaciones son extremadamente complejas y difíciles de analizar.

Es la siguiente sección se consideran con detalle estos cinco tipos de decisiones de instalaciones. Se resalta la noción de una estrategia de instalaciones, de una toma de decisiones interfuncional y la relación de la estrategia de las instalaciones con la estrategia del negocio.

12.2 ESTRATEGIA DE INSTALACIONES

En el capítulo 2 se hizo notar que una estrategia de instalaciones es una de las principales partes de una estrategia de operaciones. Ya que las principales decisiones sobre instalaciones afectan el éxito competitivo, deben considerarse como parte de la estrategia total de operaciones y no sólo como una serie de decisiones adicionales de presupuesto de capital. Asimismo, como ya se mencionó, el apoyo de la estrategia de operaciones se aplica a otras importantes decisiones estratégicas del área de operaciones referentes al diseño del proceso, la cadena de suministro y la administración de calidad.

Una **estrategia de instalaciones** considera la cantidad de capacidad, el tamaño de las instalaciones, fijar el momento de los cambios de capacidad, la ubicación de las instalaciones y los tipos de instalaciones necesarias en el largo plazo. Debe coordinarse con otras áreas funcionales debido a las inversiones necesarias (finanzas), a los tamaños del mercado que determinan el monto de la capacidad necesaria (marketing), a los aspectos de la fuerza laboral relacionados con la integración de las nuevas instalaciones (recursos humanos), a la estimación de los costos de las nuevas instalaciones (contabilidad) y a las decisiones de tecnología vinculadas con las inversiones en equipos (ingeniería). La estrategia de instalaciones debe considerarse de una manera integrada con estas áreas funcionales y se verá afectada por los siguientes factores:

1. **Demanda pronosticada.** La formulación de una estrategia de instalaciones requiere de un pronóstico de demanda; las técnicas para elaborar estos pronósticos se consideraron en el capítulo anterior. Con frecuencia, el marketing participa en los pronósticos de la demanda futura.
2. **Costo de las instalaciones.** El costo se determina por la cantidad de capacidad que se añade en un momento, la fijación del tiempo y la ubicación de la capacidad. Contabilidad y finanzas participan en la estimación de los costos y flujos de efectivos futuros provenientes de las estrategias de instalaciones.
3. **Comportamiento probable de los competidores.** Cuando se espera una respuesta competitiva baja, la empresa debe añadir capacidad para capturar al mercado antes de que los competidores se fortalezcan; en contraste, cuando se espera una respuesta competitiva rápida, la compañía debe ser más cautelosa en la expansión de la capacidad.
4. **Estrategia de negocios.** Una estrategia de negocios ocasionará que una organización se interese más en los costos, en los servicios o en la flexibilidad en cuanto a la elección de instalaciones; por ejemplo: una estrategia para brindar el mejor servicio puede conducir a la adopción de instalaciones que posean capacidad excesiva o bien, de varias sucursales para proporcionar un servicio más rápido. Otras estrategias de negocios pueden llevar a una minimización de costos o a intentos para maximizar la flexibilidad futura.
5. **Consideraciones internacionales.** A medida que los mercados y las cadenas de suministro continúen volviéndose más internacionales, las instalaciones se localizarán en forma global; ello implica no sólo la captura de una mano de obra barata, sino, en algunas ocasiones, la localización de las instalaciones en aras de la mejor ventaja estratégica para tener acceso a nuevos mercados o para obtener el talento deseado en la fuerza de trabajo.

Cantidad de capacidad

Una parte de la estrategia de instalaciones es la cantidad de capacidad que se necesita, lo cual se determina tanto por la demanda pronosticada como por una decisión estratégica por parte de la empresa acerca de la cantidad de capacidad que deberá proporcionarse en relación con la demanda esperada. Lo anterior puede describirse mejor con la noción de un **colchón de capacidad**, el cual se define a continuación:

$$\text{Colchón de capacidad} = 100\% - \text{Utilización}$$

El colchón de capacidad es la diferencia entre la producción que una organización podría lograr y la producción real que elabora para satisfacer la demanda. Ya que la utilización de la capacidad refleja la producción requerida para satisfacer la demanda, un

Estrategia de instalaciones. La fábrica de Ron Bacardi abastece a la totalidad del mercado estadounidense a partir de una sola y moderna destilería automatizada ubicada en Puerto Rico.

colchón positivo significa que existe más capacidad disponible que la que se requiere para cubrir la demanda. Un colchón de cero implica que la demanda promedio es igual a la capacidad disponible.

La decisión que se relaciona con una cantidad prevista de colchón es de carácter estratégico. El colchón de la capacidad deberá plantearse dentro de las decisiones de capacidad, pues dicho colchón afectará los niveles de servicio al igual que la capacidad de la empresa para responder ante situaciones inesperadas.

Pueden adoptarse tres estrategias respecto de la cantidad de colchón de la capacidad:

1. **Colchón grande.** En esta estrategia se planea un colchón positivo de capacidad grande, superior éste a la demanda promedio. Intencionalmente, la compañía tiene más capacidad que el pronóstico de la demanda promedio. Este tipo de estrategia es apropiado cuando existe un mercado en expansión o cuando el costo de construir y de operar la capacidad es económico en relación con el de quedarse sin capacidad. Las corporaciones de servicios eléctricos adoptan este enfoque, ya que los apagones de luz, por lo general, no son aceptables. Las empresas que se encuentran en mercados crecientes pueden adoptar un colchón de capacidad positivo que les permita capturar una participación de mercado antes que sus competidores; también, un colchón grande puede ayudar a una organización a satisfacer una demanda impredecible de los clientes, por ejemplo: para promover nuevas tecnologías que se vuelven populares con gran rapidez. De ordinario, las compañías que usan un proceso de fabricación a la orden tienen un colchón grande de capacidad.
2. **Colchón moderado.** En esta estrategia, la empresa es más conservadora respecto a la capacidad. Ésta se planea para satisfacer con comodidad la demanda promedio pronosticada y con un exceso de capacidad suficiente para cubrir los cambios inesperados en la demanda siempre que éstos no sean muy distintos del pronóstico. Esta estrategia se aplica cuando el costo (o las consecuencias) de quedarse sin capacidad están aproximadamente en equilibrio con el costo de un exceso de capacidad.
3. **Colchón pequeño.** En esta estrategia se planea un colchón de capacidad pequeño o cercano a cero para maximizar la utilización. Esta estrategia es apropiada cuando la capacidad es muy costosa en relación con los faltantes de inventario, como en el caso de las refinerías de petróleo, de las fábricas de papel y otras industrias que hacen un uso intensivo del capital. Tales instalaciones operan rentablemente sólo a tasas de uso muy altas entre 90 y 100%. Aunque esta estrategia tiende a maximizar las utilidades a corto plazo, puede ser una desventaja si los competidores adoptan colchones de capacidad más grandes. Los competidores podrán satisfacer cualquier demanda excesiva para la capacidad de la empresa. Los procesos de fabricación para almacenamiento, probablemente, hagan planes para emplear un colchón pequeño de capacidad mediante el uso de esta estrategia.

Cuando se planea el colchón de capacidad, las compañías evalúan la probabilidad de diversos niveles de demanda y, luego, utilizan esas estimaciones para tomar decisiones acerca de los incrementos o decrementos planeados en la capacidad; por ejemplo: suponga que una organización posee capacidad para producir 1 200 unidades, con 50% de probabilidades para 1 000 unidades de demanda, y con 50% de probabilidades para 800 unidades de demanda. De este modo, se estima que la demanda promedio es de $(.5 \times 1\,000) + (.5 \times 800) = 900$ unidades. La producción de 900 unidades da como resultado una tasa de utilización de $(900/1\,200) \times 100\% = 75\%$. Con base en la capacidad actual, el colchón es de $(100\% - 75\%) = 25\%$.

La sección de problemas resueltos que se presenta al final del capítulo proporciona un ejemplo de cómo calcular el colchón de capacidad por medio del uso de probabilidades de demanda, de los niveles actuales de capacidad y de los costos de incorporar una mayor capacidad. Tal método aporta una base cuantitativa para estimar la cantidad del colchón de capacidad que puede requerirse.

Tamaño de las instalaciones

Tras decidir la cantidad de capacidad que deberá otorgarse, la estrategia de instalaciones debe definir el tamaño que tendrá cada unidad de capacidad. Éste es un aspecto que involucra **economías de escala**, con base en la noción de que, a menudo, las instalaciones grandes son más económicas porque los costos fijos pueden distribuirse sobre una mayor cantidad de unidades de producción.

Las economías de escala se presentan por dos razones. Primero: el costo de construir y operar un equipo de producción grande no aumenta en forma lineal con el volumen. Por lo regular, una máquina con una tasa de producción del doble es más barata que lo que costaría el doble de compras y operación; además, en las instalaciones más grandes, los gastos indirectos relacionados con los administradores y el personal asesor pueden repartirse entre más unidades de producción. En consecuencia, cuando existen economías de escala, el costo de producción unitario disminuye a medida que el tamaño de las instalaciones se incrementa, como se muestra en la figura 12.2.

No obstante, lo anterior tiene sus pros y sus contras, ya que, junto con las economías de escala, vienen las **deseconomías de escala**. Conforme una instalación se vuelve cada vez más grande, pueden aparecer las deseconomías debido a diversas causas. Primero, las deseconomías de la logística están presentes; en una empresa manufacturera, por ejemplo, una instalación grande incurre en más costos de transporte para entregar bienes a los mercados que dos instalaciones más pequeñas que están más cerca de éstos. En una compañía de servicios, una instalación más grande puede requerir más movimiento de clientes o materiales: el desplazamiento de pacientes dentro de un hospital gigantesco o el desplazamiento del correo en un centro regional de clasificación. Asimismo, las deseconomías de escala surgen como consecuencia de que, en las grandes instalaciones, aumentan los costos de coordinación. A medida que se añaden más jerarquías de personal y administradores para el manejo de las instalaciones, los costos pueden incrementarse más rápido que la producción; además, los costos asociados con la complejidad y la confusión aumentan conforme se añaden más productos o servicios a una sola instalación. Por estos motivos, la curva de la figura 12.2 crece en el lado derecho debido a deseconomías de escala.

Como la figura 12.2 lo indica, existe un costo unitario mínimo para un cierto tamaño de instalaciones el cual dependerá de qué tan grandes sean los costos fijos y de la rapidez con la que ocurran las deseconomías de escala; como ejemplo, Hewlett-Packard tiende a operar plantas de menos de 300 trabajadores, con costos fijos relativamente bajos. Este tamaño de la planta ayuda a la empresa a fomentar la innovación en sus numerosas líneas pequeñas de productos. En contraste, IBM opera plantas de entre 5 000 y 10 000 trabajadores las cuales tienden a ser muy automatizadas y usan un enfoque descentralizado de la administración para minimizar las deseconomías de escala. Cada organización parece tener un tamaño óptimo en sus instalaciones dependiendo de su estructura de costos, de su mezcla de productos y servicios y de la estrategia específica de operaciones la cual puede destacar el costo, la flexibilidad en las entregas o el servicio; después de todo, el costo no es el único factor que afecta el tamaño de las instalaciones.

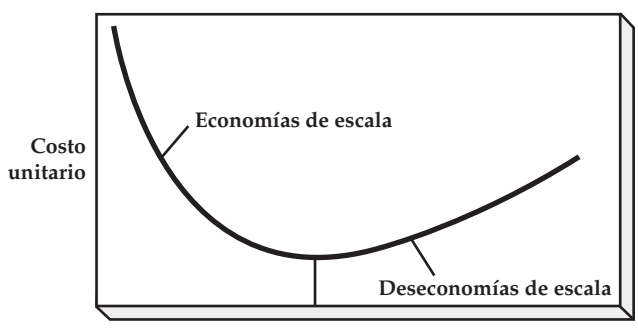


FIGURA 12.2
Tamaño óptimo de las instalaciones.

Oportunidad de las decisiones de instalaciones

Otro elemento de la estrategia de instalaciones es la oportunidad de aumentar la capacidad; para ello, existen, básicamente, dos estrategias opuestas.

1. **Predominio de la competencia.** En esta estrategia, la empresa afianza sus operaciones incorporando capacidad en forma anticipada a las necesidades del mercado. Esta estrategia brinda un colchón positivo a la capacidad y, en realidad, puede estimular al mercado y, al mismo tiempo, prevenir que la competencia ingrese durante un tiempo. Apple Computer utilizó tal estrategia en los primeros días del mercado de computadoras personales; incorporó capacidad en forma anticipada a la demanda y logró capturar un gran segmento del mercado antes de que los competidores incursionaran. McDonald's también optó por esta estrategia en los primeros días de la industria de comida rápida.
2. **Esperar y ver.** En esta estrategia, la compañía espera para añadir capacidad hasta que se desarrolle la demanda y se aclare la necesidad de más capacidad; como resultado, la organización va por detrás de la demanda del mercado y emplea una estrategia con un riesgo menor. Puede desarrollar un colchón de capacidad pequeño o negativo y el efecto puede ser una pérdida de la participación potencial de mercado; sin embargo, dicha estrategia puede ser eficaz porque los canales superiores de marketing o la tecnología misma pueden permitir que el seguidor capture una participación de mercado. Por ejemplo, IBM siguió al líder (Apple) en el mercado de computadoras personales y pudo apoderarse de una participación de mercado debido a la superioridad de su imagen de marca, a su tamaño y a su presencia de mercado; en contraste, para su infortunio, las compañías automovilísticas estadounidenses practicaron la estrategia de esperar y ver para los automóviles pequeños con la intención de observar cómo se desarrollaría la demanda de automóviles de los productores japoneses, éstos tomaron una posición dominante en el mercado de autos compactos de Estados Unidos.

Ubicación de las instalaciones

Las decisiones de ubicación de las instalaciones se han vuelto más complejas a medida que la globalización amplía las opciones para la ubicación de la capacidad y el desarrollo de nuevos mercados; por ejemplo: Starbucks puede optar por construir instalaciones en zonas que tengan consumidores de café más asiduos, compitiendo por la clientela de esa región. De manera alternativa, puede inclinarse por situar las instalaciones en lugares en donde las personas casi no consumen café y tratar de crear una demanda para su producto y su servicio. Caribou Coffee, el competidor estadounidense de Starbucks, hace un gran esfuerzo por hallar ubicaciones de instalaciones en el lado derecho de la carretera del tráfico matutino, pues es más probable que los clientes se detengan cuando pueden estacionarse del lado derecho a que estén dispuestos a dar vueltas complicadas a la izquierda en medio de un tráfico intenso.

Las decisiones de ubicación se toman evaluando los factores tanto cuantitativos como cualitativos. Los factores cuantitativos que afectan las decisiones de ubicación pueden incluir el rendimiento sobre la inversión, el valor presente neto, los costos de transporte, los impuestos y los tiempos de espera para la entrega de bienes y servicios. Los factores cualitativos pueden englobar el lenguaje y las normas, las actitudes entre los trabajadores y los clientes, y la proximidad con estos últimos, los proveedores y los competidores. En particular, los servicios de las oficinas del frente deben localizarse cerca de los clientes por la conveniencia de éstos y, por lo tanto, este factor debe derrotar a la mayoría de los demás al decidir dónde ubicar las nuevas instalaciones. Algunos ejemplos incluyen bancos, tiendas de abarrotes y restaurantes.

Con frecuencia, las empresas comparan las posibles ubicaciones ponderando la importancia de cada factor relevante para la decisión y, posteriormente, anotando el puntaje de cada probable ubicación sobre esos factores. Después, al multiplicar el peso del factor por el puntaje de la ubicación, se obtiene el cálculo de un puntaje promedio ponderado para cada sitio, el cual aporta indicios informativos en relación con la capacidad de cada lugar potencial para satisfacer las necesidades de la compañía y puede emplearse para tomar la decisión final de establecimiento de las instalaciones.

Tipo de instalaciones

El elemento final de la estrategia de instalaciones considera el aspecto de lo que la organización planea conseguir en cada instalación. Existen cuatro diferentes tipos de instalaciones:

1. Concentrada en el producto (55%)
2. Concentrada en el mercado (30%)
3. Concentrada en el proceso (10%)
4. Con propósitos generales (5%)

Las cifras entre paréntesis señalan los porcentajes aproximados de compañías del Fortune 500 que utilizan cada tipo de instalación.

Las **instalaciones concentradas en el producto** fabrican una familia o tipo de producto o servicio casi siempre para un gran mercado. Un ejemplo es la planta Andersen Window, la cual produce distintos tipos de ventanas para Estados Unidos a partir de una sola planta concentrada en el producto. Por lo regular, se recurre a este tipo de plantas cuando los costos de transporte son bajos o las economías de escala son altas, lo que tiende a centralizar las instalaciones en una localidad o en un número pequeño de éstas. Otros ejemplos de instalaciones concentradas en el producto son las operaciones de procesamiento de tarjetas de crédito de bancos grandes y las compañías arrendadoras de automóviles que procesan el alquiler de coches para toda la Unión Americana desde un solo sitio.

Las **instalaciones concentradas en el mercado** se localizan precisamente en los mercados que atienden. Muchas instalaciones de servicios caen dentro de esta categoría ya que, por lo común, los servicios no pueden transportarse. Las plantas que requieren de una respuesta rápida a los clientes o de productos personalizados o que poseen altos costos de transporte tienden a concentrarse en el mercado; por ejemplo, debido a su voluminosa naturaleza y a los altos costos de embarque, la mayoría de las plantas productoras de colchones se localizan en mercados regionales. Las instalaciones internacionales también tienden a concentrarse en el mercado debido a los aranceles, las barreras comerciales y las probables fluctuaciones cambiarias.

Las **instalaciones concentradas en el proceso** cuentan con una tecnología o como máximo dos. Por lo general, tales instalaciones producen componentes o subensambles que se ofrecen a otras para un procesamiento adicional. Ello es común en la industria de automóviles, en la cual las plantas de motores y las de transmisiones alimentan a las plantas de los ensambles finales. Las plantas que se centran en el proceso, como las refinerías de petróleo, pueden elaborar una amplia variedad de productos dentro de una tecnología de proceso determinada.

Las **instalaciones de propósitos generales** pueden elaborar varios tipos de productos y servicios empleando procesos diferentes; las instalaciones con propósitos generales se usan para manufacturar, por ejemplo, muebles y para proporcionarle al consumidor servicios de banca y de inversión. A menudo, las instalaciones con propósitos generales brindan una gran cantidad de flexibilidad en términos de la mezcla de productos o servicios que se producen ahí. En ocasiones, las utilizan las empresas que no tienen un volumen suficiente para justificar más de una sola instalación. Con frecuencia, las corporaciones más grandes concentran sus instalaciones de acuerdo con el producto, el mercado o el proceso, aplicando la orientación de fábrica enfocada descrita en el capítulo 4.

Se ha expuesto cómo puede desarrollarse la estrategia de instalaciones al considerar diversos aspectos como capacidad, tama-

ño de las instalaciones, oportunidad, ubicación y tipos de instalaciones; a continuación, se estudiarán las decisiones a mediano plazo respecto de la manera en la que se usa la capacidad una vez establecida.

12.3 DEFINICIÓN DE LA PLANEACIÓN DE LAS VENTAS Y DE LAS OPERACIONES

La **planeación de las ventas y de las operaciones** (S&OP, *sales and operations planning*) es un término que muchas empresas utilizan para describir el proceso de la **planeación agregada** la cual es una actividad que consiste en acoplar la oferta de la producción con la demanda a un mediano plazo. El marco de tiempo se sitúa entre seis meses y dos años hacia el futuro, o en promedio, aproximadamente un año. El término *agregado* implica que la planeación se hace para una sola medida general de producción o, a lo máximo, para un reducido número de categorías agregadas de productos. La meta de la planeación de las ventas y de las operaciones es establecer los niveles generales de producción en un futuro a mediano plazo a la luz de una demanda fluctuante o incierta.

Se empleará una amplia definición de la planeación de las ventas y de las operaciones la cual posee las siguientes características:

1. Un horizonte de tiempo de aproximadamente 12 meses, con una actualización del plan en una base periódica, tal vez en forma mensual.
2. Un nivel agregado de demanda para una categoría o un número pequeño de categorías de productos. Se supone que la demanda es fluctuante, incierta o estacional.
3. La posibilidad de cambiar las variables tanto de oferta como de demanda.
4. Una variedad de objetivos de la administración que podrían incluir inventarios bajos, buenas relaciones laborales, costos bajos, flexibilidad para incrementar los niveles futuros de producción y buen servicio a los clientes.
5. Instalaciones que se consideran fijas y que no pueden ampliarse o reducirse.

Como resultado de la planeación de las ventas y de las operaciones, se toman decisiones y se formulan políticas relacionadas con la fuerza laboral como contrataciones, despidos, tiempo extra y subcontrataciones. Asimismo, se toman decisiones asociadas con la producción final y los niveles de inventarios. La planeación de las ventas y de las operaciones se utiliza no sólo para planear los niveles finales de producción, sino para determinar la mezcla apropiada de insumos que deberá usarse. Puesto que se supone que las instalaciones son fijas y que no pueden ampliarse o contraerse, la administración debe considerar cómo emplear las instalaciones y los recursos para ajustarse mejor a la demanda.

La planeación de las ventas y de las operaciones puede involucrar distintos planes para influir en la demanda y la oferta. En la planeación a mediano plazo, pueden tomarse en cuenta factores como la fijación de precios, la publicidad y la mezcla de productos. Más adelante, en este capítulo, se expondrán estas tácticas.

Casi siempre, la planeación de las ventas y de las operaciones se hace por familia de productos, es decir, un conjunto de productos o servicios similares que, más o menos, comparten un proceso de producción, incluyendo el equipamiento y la fuerza laboral necesarios para elaborar la producción. De ordinario, en la planeación de las ventas y de las operaciones, sólo se emplea un número reducido de familias de productos para limitar la complejidad del proceso de la planeación. Las inconsistencias entre la oferta y la demanda se resuelven revisando el plan a medida que las condiciones se modifican.

La planeación de las ventas y de las operaciones acopla la oferta y la demanda mediante el uso de un equipo interfuncional en el que se incluyen las áreas de marketing, ventas, ingeniería, recursos humanos, operaciones y finanzas, que se reúne con el administrador general para ponerse de acuerdo sobre el pronóstico de ventas, el plan de suministro y cualesquiera pasos que se requieran para modificar la oferta o la demanda. Durante el proceso de planeación de las ventas y de las operaciones, se desconecta la demanda de la oferta.

Liderazgo operativo La planeación de las ventas y de las operaciones en los productos de limpieza del hogar

Reckitt Benckiser, con 4 000 millones de libras esterlinas de ventas en 60 países, posee algunas de las marcas más famosas del mundo incluyendo Vanish, Lysol, Calgon y Airwick. En los vertiginosamente cambiantes mercados al menudeo se requieren rápidos ajustes en la producción y en las ventas. Ya que Reckitt cuenta con más de 500 productos en su cartera, se necesitaba una planeación de las ventas y de las operaciones para coordinar su cadena de suministro.

El sistema de planeación de las ventas y de las operaciones tiene exito y le permite a Reckitt Benckiser capturar 70% de las ventas de tiendas de abarrotes a partir de productos que se clasifican en primero o segundo lugar dentro de sus categorías. Su equipo de planeación de las ventas y de las operaciones incluye administradores de marketing, ventas, producción, distribución e investigación y desarrollo. Antes de la planeación de las ventas y de las operaciones, Reckitt Benckiser utilizaba con frecuencia distintas cifras de pronósticos en diferentes partes de la organización; en la actualidad, es capaz de manejar sus marcas con *un conjunto de números*, afirma Ariston Banaag. El equipo se reúne con regularidad para revisar los pronósticos y actualizar los planes y emplea programas de cómputo provenientes de Demand Solutions para darle un seguimiento a las ventas, los pronósticos y los planes para todas sus marcas y productos.

Fuente: Adaptado de www.demandsolutions.com, 2009.

Para cada familia de productos, el equipo interfuncional debe decidir si deberá producir inventarios, administrar el plazo de espera de los clientes (pedidos pendientes de cumplir), proporcionar capacidad adicional (interna o externa) o restringir la demanda; sin embargo, una vez que los planes para administrar la demanda y la oferta están en equilibrio, el plan actual puede no concordar con los planes financieros anteriores o con los planes o presupuestos de recursos humanos, los cuales también pueden necesitar cambios.

El plan de ventas y operaciones resultante se actualiza aproximadamente cada mes, con un horizonte de planeación de 12 meses o más. En el mejor de los casos, la planeación de las ventas y de las operaciones reduce la falta de alineación entre las funciones al requerir que todas las partes implanten un plan común. Puede exigirse un fuerte liderazgo por parte del administrador general para resolver cualesquiera conflictos que se presenten. Consulte el cuadro "Liderazgo operativo" para comprender la manera en la que Reckitt Benckiser aplica la planeación de las ventas y de las operaciones en sus productos de limpieza para el hogar.

Syngenta es un líder mundial en productos vinculados con la agroindustria, con 19 000 empleados en 90 países. El altamente estacional mercado agroindustrial es difícil de pronosticar y experimenta fuertes cambios en la demanda. Syngenta recurre a la planeación de las ventas y de las operaciones para fomentar la colaboración entre las funciones y con sus socios de la cadena de suministro. En los diferentes países, los administradores emplean el proceso de la planeación de las ventas y de las operaciones y los programas de cómputo de apoyo para obtener un mejor acuerdo con los pronósticos, las promociones de ventas, los niveles de inventarios, los planes de ventas y los planes de producción agregada. Una colaboración en tiempo real a través de la web le permite a cada unidad de negocio participar en el proceso de la planeación de las ventas y de las operaciones para lograr las metas establecidas.[1]

[1] Herrin (2004).

Debido a que la planeación de las ventas y de las operaciones es una forma de planeación agregada, precede a una detallada programación, la cual se aborda en el siguiente capítulo. La programación sirve para asignar la capacidad disponible de la planeación agregada a trabajos, actividades u órdenes específicos.

12.4 NATURALEZA INTERFUNCIONAL DE LA PLANEACIÓN DE LAS VENTAS Y DE LAS OPERACIONES

Es responsabilidad fundamental de la función de operaciones una planeación agregada encaminada a definir la manera en la que se usará la capacidad a mediano plazo; sin embargo, requiere de una coordinación y una cooperación interfuncional con todas las funciones de la empresa, incluyendo contabilidad, finanzas, recursos humanos y marketing.

La planeación de las ventas y de las operaciones o planeación agregada se vincula estrechamente con otras decisiones del negocio incluyendo, por ejemplo, presupuestos, personal y marketing. La relación con el área de presupuestos es, en particular, intensa, pues la mayoría de éstos se basan en suposiciones acerca de una producción agregada, de niveles de personal, de niveles de inventarios y de niveles de compras, entre otros; por lo tanto, un plan agregado debe ser la base para el desarrollo inicial del presupuesto y para las revisiones presupuestales a medida que lo justifiquen las condiciones.

El área de personal, o de planeación de recursos humanos, también se ve muy afectada por la planeación de las ventas y de las operaciones porque tal planeación para una producción futura puede dar como consecuencia decisiones de contratación, de despidos y de tiempo extra. En las industrias de servicios, las cuales no pueden usar el inventario como un colchón contra una demanda cambiante, la planeación agregada es, algunas veces, sinónimo de la preparación de presupuestos y la planeación de personal, en especial en los servicios que hacen un uso intenso de la mano de obra y que se basan sobre todo en la fuerza laboral para el suministro de servicios.

El marketing siempre debe estar estrechamente involucrado en la planeación de las ventas y de las operaciones ya que la oferta futura de la producción, y por lo tanto el servicio al cliente, ahí se determinan. Además, se requiere la cooperación entre el marketing y las operaciones cuando se manejan las variables tanto de oferta como de demanda para establecer el mejor enfoque de negocios para una planeación agregada. La siguiente sección contiene una explicación detallada de las opciones disponibles para modificar la demanda y la oferta para la planeación agregada. Esto va seguido del desarrollo de estrategias específicas que puedan emplearse para prever la producción agregada tanto en las industrias de manufactura como de servicios.

La planeación de las ventas y de las operaciones no es un sistema aislado; es un insumo clave para el sistema de planeación de los recursos empresariales (ERP, *enterprise resource planning*), el cual se analiza en el capítulo 16. El sistema de planeación de los recursos empresariales le da seguimiento a todas las transacciones detalladas, desde órdenes hasta embarques y pagos, pero requiere de un alto nivel de planeación agregada para las ventas futuras y las operaciones como un insumo. Cuando se recurre a la planeación de las ventas y de las operaciones, pueden probarse varios escenarios y supuestos a través de una simulación para llegar a un plan agregado que todas las funciones deberán implantar; entonces, el sistema de planeación de los recursos empresariales acepta como insumo el plan de la planeación de las ventas y de las operaciones y proyecta las transacciones detalladas (órdenes de trabajo, órdenes de compra, inventarios y pagos) que se requieren para dar apoyo al plan convenido. Ello se cubre con mayor precisión en el capítulo 16. La figura 12.3 ilustra estos insumos y productos provenientes de un proceso de planeación de las ventas y de las operaciones.

En algunas empresas, el proceso de la planeación de las ventas y de las operaciones se encuentra fragmentado o ausente; la alta administración no apoya ni participa activamente en el proceso. La rendición de cuentas por la planeación de las ventas y de las operaciones

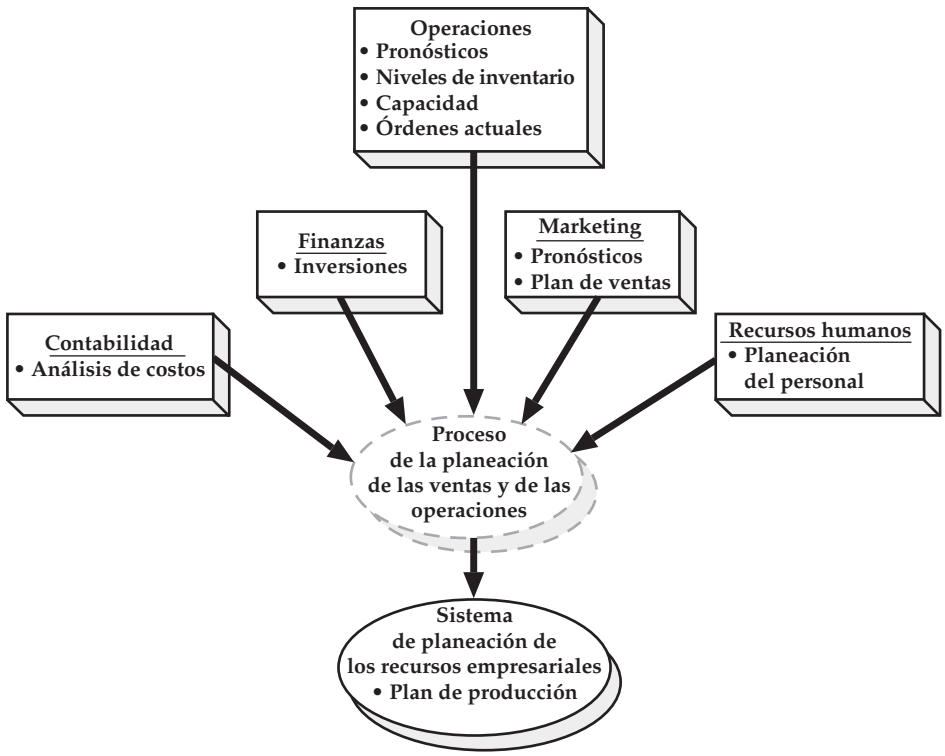


FIGURA 12.3
Relación de la planeación de las ventas y de las operaciones con otras funciones.

es inadecuada o está en conflicto entre las funciones. El sistema de información de la compañía puede no apoyar a la planeación de las ventas y de las operaciones y, por lo tanto, la organización no puede realizar análisis importantes del tipo *¿qué pasaría si…?* Asimismo, los planes de la planeación de las ventas y de las operaciones pueden no ejecutarse por todas las funciones organizacionales como se convino; por lo tanto, para tener éxito, el sistema de planeación de las ventas y de las operaciones puede demandar cambios en la corporación, en las funciones de información y en la rendición de cuentas, y en los sistemas de información.

12.5 OPCIONES DE PLANEACIÓN

Las operaciones y el marketing deben trabajar en conjunto al hacer planes para acoplar la oferta y la demanda a lo largo de un margen de tiempo de mediano plazo, ello lo llevan a cabo durante la planeación agregada al coordinar sus decisiones para desarrollar una demanda suficiente para los productos y servicios sin ir más allá de la capacidad disponible en las instalaciones.

El proceso de la planeación de las ventas y de las operaciones puede aclararse a través de la exposición de las diversas opciones de decisión disponibles. Éstas incluyen dos categorías de decisiones: 1) aquellas que modifican la demanda y 2) las que modifican la oferta.

La **administración de la demanda** implica el hecho de modificar o de influir en la demanda en diversas formas:

1. **Fijación de precios.** Con frecuencia se usa una fijación de precios diferencial para reducir los picos en la demanda o para aumentar la demanda durante periodos de poco movimiento. Algunos ejemplos son los precios de las salas de cine matutinas, las tarifas de los hoteles durante periodos fuera de temporada, los descuentos de fábrica por compras antes o después de las temporadas y los precios especiales de los restaurantes durante horas de poca actividad. El propósito de tales esquemas de fijación de precios

estriba en nivelar la demanda a lo largo de un día, de una semana, de un mes o de un año.

2. **Publicidad y promoción.** Estos métodos se utilizan para estimular o, en algunos casos, para uniformar la demanda. Puede programarse la publicidad para promover la demanda durante periodos flojos y para cambiar la demanda de periodos de alto movimiento a periodos de bajo movimiento; por ejemplo: la estaciones de esquí hacen publicidad para hacer más largas sus estaciones de temporada y los criadores de pavos hacen su publicidad para estimular la demanda fuera de las temporadas de alta actividad de días festivos.
3. **Reservaciones o pedidos pendientes de cumplir.** En algunos casos, la demanda se ve influida al solicitar a los clientes que esperen para recibir sus órdenes (pedidos pendientes de cumplir) o al reservar cierta capacidad en forma anticipada (reservaciones). Por lo general, ello tiene el efecto de cambiar la demanda de periodos de alta actividad a periodos con una capacidad poco activa; sin embargo, el tiempo de espera puede traer como consecuencia una pérdida del negocio, que puede tolerarse si la meta es maximizar las utilidades, aunque la mayoría de las operaciones son extremadamente renuentes a alejar a los clientes.
4. **Desarrollo de ofertas complementarias.** Las empresas que poseen una demanda altamente estacional pueden tratar de desarrollar productos que tengan tendencias estacionales contracíclicas; por ejemplo: Toro produce tanto segadoras de césped como máquinas removedoras de nieve, los cuales son productos estacionalmente complementarios que pueden compartir las instalaciones de producción. En los restaurantes de comida rápida, en muchos casos, se añadió un desayuno para emplear una capacidad anteriormente ociosa.

Las industrias de servicios, aplicando todos los mecanismos descritos anteriormente, fueron mucho más lejos que la mayoría de sus contrapartes de manufactura al influir sobre la demanda. Debido a que son incapaces de inventariar su producción —sus servicios—, utilizan estos mecanismos para mejorar el uso de la capacidad de las instalaciones fijas.

La **administración del suministro** incluye una variedad de factores que pueden emplearse para modificar la oferta a través de una planeación agregada. Tales factores incluyen lo siguiente:

1. **Contratación y despido de empleados.** Algunas organizaciones harán casi cualquier cosa antes de reducir el tamaño de la fuerza laboral por medio de despidos. Otras compañías aumentan y disminuyen de manera rutinaria la fuerza laboral a medida que la demanda cambia. Estas prácticas, las cuales difieren ampliamente entre empresas e industrias, afectan no sólo los costos, sino las relaciones laborales, la productividad y la moral de los trabajadores; en consecuencia, las prácticas de la empresa de contratación y despidos pueden restringirse por contratos sindicales o por políticas de las compañías. Estos efectos pueden convertirse en decisiones acerca de si se debe modificar el tamaño de la fuerza laboral para acoplarse a la demanda de un modo más estrecho.
2. **Uso de tiempo extra y de tiempo reducido.** En ocasiones se recurre al tiempo extra para hacer ajustes en la mano de obra a corto y a mediano plazos en lugar de hacer contrataciones y despidos, en especial si el cambio en la demanda se considera temporal. De ordinario, el tiempo extra cuesta 150% del tiempo regular y se aplica el doble de tiempo durante los fines de semana y los días festivos. Debido a su costo más elevado, algunas veces, los administradores se rehúsan a aplicarlo; además, los trabajadores pueden negarse a trabajar más de un 20% semanal como tiempo extra durante un periodo prolongado. El tiempo reducido alude a una subutilización planeada de la fuerza de trabajo en lugar de proceder a los despidos, tal vez usando una semana de trabajo acortada. El tiempo reducido, en la forma de permisos de ausencia, fue común en muchas industrias, incluyendo la de manufactura, la de educación y el gobierno durante los meses de recesión del periodo 2008-2009 en Estados Unidos.
3. **Uso de la mano de obra de tiempo parcial o en forma temporal.** En algunos casos, es posible contratar empleados de tiempo parcial o temporal para satisfacer los perio-

dos de gran demanda o de una demanda estacional. Esta opción es particularmente atractiva cuando a los trabajadores de tiempo parcial se les paga una cantidad significativamente más baja en sueldos y beneficios. Con frecuencia, los sindicatos ven mal esta práctica porque, a menudo, dichos trabajadores no pagan las cuotas sindicales y pueden debilitar la influencia del sindicato. La mano de obra temporal tiene más probabilidades de utilizarse para satisfacer una demanda estacional o una de corto o mediano plazo. La mano de obra de tiempo parcial y la mano de obra temporal se usan considerablemente en muchas operaciones de servicio, como restaurantes, hospitales, supermercados y tiendas de departamentos. La mano de obra temporal también es común en las industrias relacionadas con la agricultura.

4. **Mantenimiento de inventarios.** En las empresas de manufactura, el inventario puede usarse como un amortiguador entre la oferta y la demanda. Durante periodos de una demanda floja, pueden acumularse inventarios destinados a un uso posterior; por lo tanto, el inventario desconecta la oferta de la demanda en las operaciones de manufactura, haciendo posible operaciones más uniformes con un empleo más estable de la capacidad a lo largo de un periodo. El inventario es una forma de almacenar la capacidad y la mano de obra invertida en aras de un consumo futuro. Por lo regular, esta opción no está disponible en las operaciones de servicios; ello da como resultado mayores desafíos para las industrias de servicios al acoplar la oferta y la demanda.
5. **Subcontrataciones.** Éstas consisten en la adquisición externa de un trabajo —ya sea de actividades de manufactura o de servicios— a partir de otras empresas. Esta opción puede ser muy efectiva para aumentar o disminuir la oferta. El subcontratista puede suministrar la totalidad del producto o del servicio o sólo algunos de sus componentes; por ejemplo: un fabricante de juguetes puede utilizar varios subcontratistas para hacer ciertas partes de plástico durante periodos de alta demanda. Las operaciones de servicios pueden subcontratar asistencia secretarial, operaciones de centros de llamadas, servicios de aprovisionamiento o instalaciones durante periodos de alta demanda.
6. **Acuerdos cooperativos.** Éstos son similares a las subcontrataciones en que se emplean otras fuentes de abastecimiento, pero los acuerdos cooperativos casi siempre involucran firmas asociadas que, por lo común, son competidores. Las empresas optan por compartir su capacidad y, de este modo, previenen que cualquier organización construya una capacidad que sería usada sólo durante periodos breves. Algunos ejemplos incluyen a las compañías de servicios eléctricos que vinculan su capacidad a través de redes de compartimiento de energía, los hospitales que envían pacientes a otros hospitales ya sea para ciertos servicios especializados o durante periodos de gran demanda y los hoteles o las aerolíneas que intercambian clientes entre sí cuando se encuentran al tope de sus reservaciones.

Al considerar todas estas opciones, es evidente que la planeación de las ventas y de las operaciones y el problema de la planeación agregada son extremadamente amplios y afectan a la mayoría de las partes de la empresa. Por lo tanto, las decisiones que se toman son estratégicas e interfuncionales y reflejan todos los objetivos de la compañía. Si la planeación agregada se considera de una manera limitada, se producen decisiones inapropiadas y puede ocurrir una suboptimización. Algunas de las negociones múltiples que deben considerarse son el nivel de servicio al cliente (a través de órdenes atrasadas o una demanda perdida), los niveles de inventario, la estabilidad de la fuerza laboral y los costos. En ocasiones, los objetivos en conflicto y las ventajas y desventajas entre estos elementos se combinan en una sola función de costos. Más adelante, en este capítulo, se describe un método para la evaluación de los costos.

12.6 ESTRATEGIAS BÁSICAS DE LA PLANEACIÓN AGREGADA

Cuando la demanda cayó bruscamente, la planta manufacturera de partes de plástico Parker Hannifin, ubicada en Spartanburg, Carolina del Sur, mantuvo su fuerza laboral, pero

reducía las horas de trabajo siempre que ello era posible. En contraste, la firma de inversiones Goldman Sachs despidió 10% de su personal a finales de 2008 y otro 10% a principios de 2009. En esta sección exponemos las estrategias de planeación agregada que se emplean en cada una de estas situaciones y explicamos el modo en el que las empresas deciden cuál estrategia es mejor para ellas.

Pueden utilizarse dos estrategias básicas de planeación, así como algunas combinaciones de ellas, para satisfacer la demanda agregada a mediano plazo. Una estrategia estriba en mantener una fuerza de trabajo uniforme; la otra, en perseguir la demanda con la fuerza de trabajo.

Con una **estrategia perfectamente nivelada**, el tamaño de la fuerza de trabajo y la tasa de producción a tiempo regular son constantes. Cualesquiera variaciones en la demanda deben absorberse mediante el uso de inventarios, tiempo extra, trabajadores temporales, subcontrataciones, acuerdos cooperativos o cualquiera de las opciones que influyen en la demanda y que ya se expusieron. En esencia, la estrategia nivelada mantiene la fuerza laboral regular en un número fijo y, por lo tanto, la tasa de producción es relativamente fija sobre el periodo de planeación agregada; sin embargo, una empresa que use una estrategia nivelada puede responder a las fluctuaciones en la demanda por medio del uso de las opciones de planeación de demanda y de oferta que se expusieron en la sección anterior.

Con frecuencia, el empleo de una estrategia nivelada da como resultado el mantenimiento de un inventario durante periodos de baja demanda.

Con la estrategia de **persecución de la demanda**, el tamaño de la fuerza laboral se modifica con el fin de satisfacer, o para perseguir, la demanda. Con esta estrategia, no es necesario llevar inventarios o usar las opciones de planeación de oferta y demanda disponibles para una planeación agregada; la fuerza de trabajo absorbe todos los cambios en la demanda. A menudo, la estrategia de persecución acarrea como consecuencia una cantidad aceptable de contrataciones y despidos de trabajadores a medida que se persigue la demanda.

Estas dos estrategias están en los extremos: una no hace ningún cambio en la fuerza laboral y la otra la varía en función de las alteraciones en la demanda; en la práctica, muchas empresas utilizan una combinación de ambas estrategias. Consulte el cuadro "Liderazgo operativo" para comprender la manera en la que Travelers Insurance aplica con éxito una estrategia nivelada aun cuando la demanda de sus servicios puede oscilar en forma significativa.

Considere, por ejemplo, una compañía de corretaje que emplea ambas estrategias. El departamento de procesamiento de datos mantiene la capacidad necesaria para procesar 17 000 transacciones por día, lo cual es muy superior a la carga promedio de 12 000. Tal capacidad le permite al departamento mantener una fuerza laboral nivelada de programadores, analistas de sistemas y operadores de computadoras, incluso cuando la capacidad es superior a la demanda durante muchos días. Debido a la necesidad de una fuerza de trabajo capacitada, a la alta inversión de capital que se requiere y a las dificultades y los gastos para la contratación de reemplazos, el departamento de procesamiento de datos optó por seguir una estrategia nivelada.

En tanto, en el departamento de cajas, se aplica una estrategia de seguimiento. A medida que varía el nivel de las transacciones, se utilizan trabajadores de tiempo parcial, contrataciones y despidos. Este departamento hace un uso muy intenso de la mano de obra, con una alta rotación de trabajadores y la solicitud de niveles de capacitación bajos. El administrador del departamento comentó que la alta tasa de rotación es una ventaja, ya que facilita la reducción de la fuerza laboral en periodos de baja demanda.

Partiendo de este escenario, observamos que las características de las operaciones parecen influir en el tipo de estrategia que se siga. Esta observación puede generalizarse a

Liderazgo operativo La estrategia nivelada de Travelers satisface las variaciones en la demanda

Travelers ofrece una amplia gama de productos y servicios de seguros satisfaciendo a clientes en más de 90 países. Vende seguros para propietarios de automóviles, arrendadores, propietarios de casas y negocios. Travelers es un ejemplo de una empresa de servicios que usa una estrategia nivelada para administrar su fuerza de trabajo y su capacidad.

Antes de que el huracán Ike arrasara la costa de Texas en septiembre de 2008, los empleados de Travelers de Estados Unidos a cargo de reclamaciones se desplazaron hacia las áreas que iban a ser afectadas, de modo que estuvieran inmediatamente disponibles para atender a los clientes afectados. Incluso antes de que la tormenta ocasionara un derrumbe, varios equipos de profesionales en reclamaciones debidamente capacitados y equipados ya estaban listos. El Centro Nacional de Respuestas ante Catástrofes de la compañía tenía instalados planes que le permitían desplazar con rapidez miles de empleados capacitados interfuncionalmente provenientes de otras regiones para ayudar a los clientes en lugar de, como es la costumbre en la industria, depender de contratistas externos.

Travelers utiliza una estrategia nivelada y los trabajadores de muchas regiones colaboran durante los desastres a gran escala. Durante los periodos de poca actividad, cuando la organización parece estar excedida de personal, los trabajadores se destinan a capacitación y actividades de actualización. La estrategia ha parecido responder muy bien en términos del mantenimiento de altos niveles de servicio al consumidor durante los periodos de una demanda máxima. Travelers tuvo la capacidad de establecer contacto con la mayoría de los clientes afectados por el huracán Ike en las 48 horas siguientes a la presentación de una reclamación y, asimismo, tuvo la capacidad de inspeccionar, proporcionar el pago y cerrar la mayoría de las reclamaciones en un lapso de 30 días.

Fuente: Adaptado del reporte anual, www.travelers.com, 2009.

los factores que se presentan en la tabla 12.1. Aunque la estrategia de persecución o seguimiento puede ser más apropiada para una mano de obra poco capacitada y para trabajos de rutina, la estrategia de nivelación parece ser mejor en el caso de una mano de obra altamente capacitada y trabajos complejos.

Estas estrategias pueden compararse en términos de sus costos a efecto de proporcionar indicios informativos hacia la mejor opción, dependiendo de la situación en particular a la que una empresa se enfrente. En esta decisión, los factores relevantes se representan por su costo, lo que nos permite desarrollar modelos para comparar las dos estrategias, como se describe en la siguiente sección.

TABLA 12.1
Comparación de las estrategias de persecución y de nivelación

	Estrategia de persecución	Estrategia de nivelación
Nivel de capacitación requerido	Bajo	Alto
Discreción del puesto de trabajo	Bajo	Alto
Tasa de compensación	Bajo	Alto
Capacitación requerida por empleado	Bajo	Alto
Rotación de la mano de obra	Alto	Bajo
Costos de contrataciones y despidos por empleado	Bajo	Alto
Cantidad de supervisión requerida	Alto	Bajo
Tipo de presupuestos y pronósticos requeridos	A corto plazo	A largo plazo

12.7 COSTOS DE LA PLANEACIÓN AGREGADA

La mayoría de los métodos de planeación agregada incluye un plan que minimiza los costos. Estos métodos suponen que la demanda está dada con base en un pronóstico, pero que varía a través del tiempo; por lo tanto, no se consideran las estrategias para modificar la demanda. Si tanto la demanda como la oferta se cambian de manera simultánea, puede ser más apropiado desarrollar un modelo para maximizar las utilidades en lugar de minimizar los costos, pues los cambios en la demanda afectan los ingresos junto con los costos.

Cuando la demanda se da, deben incluirse los siguientes costos:

1. **Costos de contrataciones y despidos.** Los costos de contrataciones son los del reclutamiento, de la selección y de la capacitación que se requieren para conferir a un nuevo empleado una destreza altamente productiva. Para algunos puestos de trabajo, dicho costo puede ser sólo de algunos cientos de dólares; en el caso de puestos de trabajo más altamente calificados, puede ser de miles de dólares. Los costos de los despidos incluyen los beneficios de los empleados, los pagos por indemnizaciones y otros costos asociados. Este costo también puede ir desde unos cuantos cientos hasta varios miles de dólares por trabajador. Cuando se contrata o se despide a todo un turno de empleados, debe contabilizarse el costo del turno.
2. **Costos del tiempo extra y de tiempo reducido.** Los costos del tiempo extra consisten en los sueldos regulares más una prima por tiempo extra, la cual es, por lo general, de una cantidad adicional de entre 50 y 100%. Los costos del tiempo reducido reflejan el uso de los empleados a un nivel inferior al de la productividad total.
3. **Costos de mantenimiento del inventario.** Éstos se asocian con el hecho de mantener bienes en un inventario, incluyendo al costo de capital, a los costos variables del almacenamiento, la obsolescencia y el deterioro. A menudo, tales costos se expresan como un porcentaje del valor en dólares del inventario, el cual va de 15 a 35% por año. Este costo puede concebirse como un cargo de intereses aplicado contra el valor en dólares del inventario que se mantiene en el almacén; por lo tanto, si el costo de mantenimiento es de 20% y cada unidad tiene un costo de producción de 10 dólares, costará 2 dólares mantener una unidad en el inventario durante un año.
4. **Costos de subcontrataciones.** El costo de una subcontratación es el precio que se paga a otra empresa por la producción de las unidades. Los costos de la subcontrataciones pueden ser mayores o menores que el de producir unidades internamente.
5. **Costos de la mano de obra de tiempo parcial.** Debido a las diferencias en los beneficios y en las tasas por hora, los costos de la mano de obra de tiempo parcial o temporal son, con frecuencia, inferiores al costo de la mano de obra regular. Aunque, por lo común, los trabajadores de tiempo parcial no reciben beneficios, puede especificarse un porcentaje máximo de mano de obra de tiempo parcial a través de consideraciones operacionales o con un contrato sindical; de lo contrario, podría haber una tendencia a usar siempre mano de obra de tiempo parcial o de tipo temporal. No obstante, la fuerza de la mano de obra regular es, casi siempre, esencial para la continuidad de las operaciones así como para emplear con efectividad a los trabajadores de tiempo parcial y en forma temporal.
6. **Costo de faltantes de inventarios o de pedidos atrasados.** El costo de asumir un pedido pendiente de cumplir o el costo de un faltante de inventario deben reflejar el efecto de una reducción en el servicio al cliente. Este costo es extremadamente difícil de estimar, pero debe capturar la pérdida de la buena voluntad del cliente, la pérdida de las utilidades resultantes de la orden y la posible pérdida de ventas futuras.

Algunos de estos costos o todos ellos pueden ser relevantes en cualquier problema de planeación agregada. Los costos aplicables pueden usarse para *valorar* las decisiones y estrategias opcionales. En el ejemplo que se presenta más abajo, se estiman los costos totales vinculados con tres opciones. Cuando se realiza este tipo de análisis en una hoja electrónica, puede considerarse un número muy elevado de estrategias adicionales.

12.8 EJEMPLO DE PLANEACIÓN AGREGADA

La Hefty Beer Company elabora un plan agregado para los 12 meses siguientes. Aunque en la planta Hefty se maduran varios tipos de cervezas y se embotellan distintos tamaños de contenedores, la administración decidió utilizar los galones de cerveza como la medida agregada de la capacidad.

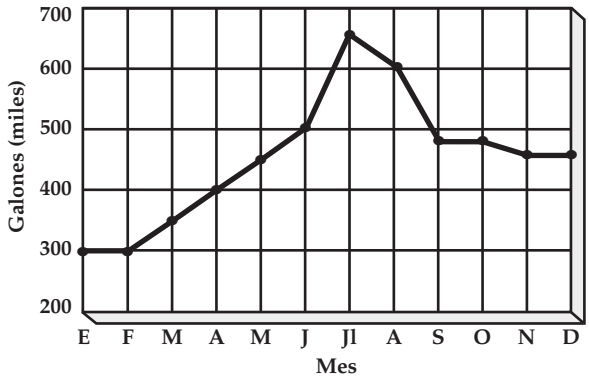


FIGURA 12.4
Hefty Beer Company. Pronóstico de demanda.

Se pronosticó que la demanda de cerveza a lo largo de los 12 meses siguientes seguirán el patrón que se muestra en la figura 12.4. Observe que la demanda alcanza un nivel máximo en los meses del verano y es pronunciadamente más baja en el invierno.

A la administración de la cervecería Hefty le gustaría evaluar tres planes agregados:

1. **Nivel de la fuerza laboral.** Emplear el inventario para satisfacer los picos de la demanda.
2. **Nivel de la fuerza laboral más tiempo extra.** Usar 20% de tiempo extra junto con el inventario en los meses de junio, julio y agosto para satisfacer los picos de la demanda.
3. **Estrategia de seguimiento.** Contratar y despedir trabajadores cada mes a medida que ello sea necesario para satisfacer la demanda.

Para analizar estas estrategias, la administración recopiló los siguientes datos de costos y de recursos:

- Suponga que la fuerza laboral inicial es de 40 trabajadores. Cada uno puede producir 10 000 galones de cerveza por mes en un tiempo regular. Con tiempo extra se calcula la misma tasa de producción, pero sólo puede recurrirse al tiempo extra tres meses durante el año.
- A cada trabajador se le pagan 2 000 dólares por mes con base en un tiempo regular. El tiempo extra se paga a razón de 150% del tiempo regular. Puede utilizarse un máximo de 20% de tiempo extra.
- La contratación de un empleado tiene un costo de 1 000 dólares, incluyendo la investigación, los trámites y los costos de capacitación. El despido tiene un costo de 2 000 dólares, incluyendo todos los costos por indemnización y por beneficios.
- Para propósitos de valuación del inventario, la cerveza tiene un costo de producción de 2 dólares por galón. Se ha estimado que el costo del mantenimiento del inventario es de 3% por mes (o seis centavos por galón de cerveza por mes).
- Asuma que el inventario inicial es de 50 000 galones. El inventario final deseado después de un año contado a partir de hoy también es de 50 000 galones. Debe satisfacerse toda la demanda pronosticada; no se permitirán faltantes de inventarios.

La siguiente tarea radica en evaluar cada una de estas tres estrategias en términos de los costos que se han proporcionado. En este proceso, el primer paso consiste en construir hojas electrónicas como las que se muestran en las tablas de la 12.2 a la 12.4, las cuales exhiben todos los costos relevantes: fuerza laboral regular, tiempo extra, contrataciones/despidos e inventarios. Observe que, en este caso, las subcontrataciones, la mano de obra de tiempo parcial y los pedidos pendientes de cumplir/faltantes de inventario no se aplican como variables.

Para evaluar la estrategia de nivelación, calculamos el tamaño de la fuerza laboral que se requiere para satisfacer la demanda y las metas del inventario. Ya que se supone que el inventario inicial y el final son iguales, la fuerza de trabajo debe ser lo suficientemente

TABLA 12.2
Costos de la planeación agregada: Estrategia 1, fuerza de trabajo nivelada*

Recursos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Trabajadores regulares	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Tiempo extra (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Unidades producidas	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	5 400
Pronóstico de ventas	300	300	350	400	450	500	650	600	475	475	450	450	5 400
Inventario (fin de mes)	200	350	450	500	500	450	250	100	75	50	50	50	
Costos													
Tiempo regular	$90.0	$90.0	$90.0	$90.0	$90.0	$90.0	$90.0	$90.0	$90.0	$90.0	$90.0	$90.0	$1 080.0
Tiempo extra	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Contrataciones/despidos	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
Mantenimiento del inventario	12.0	21.0	27.0	30.0	30.0	27.0	15.0	6.0	4.5	3.0	3.0	3.0	181.5
Costo total	$107.0	$111.0	$117.0	$120.0	$120.0	$117.0	$105.0	$96.0	$94.5	$93.0	$93.0	$93.0	$1 266.5

*Todos los costos se han expresado en miles de dólares. Todas las cifras de producción y de inventarios están en millares de galones. El inventario inicial es de 50 000 galones.

TABLA 12.3
Costos de la planeación agregada: Estrategia 2, fuerza de trabajo nivelada con tiempo extra*

Recursos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Trabajadores regulares	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
Tiempo extra (%)	0	0	0	0	0	20	20	20	0	0	0	0	
Unidades producidas	430	430	430	430	430	516	516	516	430	430	430	430	5 418
Pronóstico de ventas	300	300	350	400	450	500	650	600	475	475	450	450	5 400
Inventario (fin de mes)	180	310	390	420	400	416	282	198	153	108	88	68	
Costos													
Tiempo regular	$86.0	$86.0	$86.0	$86.0	$86.0	$86.0	$86.0	$86.0	$86.0	$86.0	$86.0	$86.0	$1 032.0
Tiempo extra	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	25.8	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	77.4
Contrataciones/despidos	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Mantenimiento del inventario	10.8	18.6	23.4	25.2	24.0	25.0	16.9	11.9	9.2	6.5	5.3	4.1	180.8
Costo total	$99.8	$104.6	$109.4	$111.2	$110.0	$136.8	$128.7	$123.7	$95.2	$92.5	$91.3	$90.1	$1 293.2

*Todos los costos se han expresado en miles de dólares. Todas las cifras de producción y de inventarios están en millares de galones. El inventario inicial es de 50 000 galones.

TABLA 12.4
Costos de la planeación agregada: Estrategia 3, seguimiento de la demanda*

Recursos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Trabajadores regulares	30	30	35	40	45	50	65	60	48	47	45	45	
Tiempo extra (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Unidades producidas	300	300	350	400	450	500	650	600	480	470	450	450	5 400
Pronóstico de ventas	300	300	350	400	450	500	650	600	475	475	450	450	5 400
Inventario (fin de mes)	50	50	50	50	50	50	50	50	55	50	50	50	
Costos													
Tiempo regular	$60.0	$60.0	$70.0	$80.0	$90.0	$100.0	$130.0	$120.0	$96.0	$94.0	$90.0	$90.0	$1080.0
Tiempo extra	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Contrataciones/despidos	20.0	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	15.0	10.0	24.0	2.0	4.0	0.0	95.0
Mantenimiento del inventario	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.3	3.0	3.0	3.0	36.3
Costo total	$83.0	$63.0	$78.0	$88.0	$198.0	$108.0	$148.0	$133.0	$123.3	$99.0	$97.0	$93.0	$1211.3

*Todos los costos se han expresado en miles de dólares. Todas las cifras de producción y de inventarios están en millares de galones. El inventario inicial es de 50 000 galones.

grande para satisfacer la demanda total durante el año. Si se suman las demandas mensuales de la figura 12.4, la demanda anual es de 5 400 000 galones. Como cada trabajador puede producir 10 000(12) = 120 000 galones por año, se necesita una fuerza de trabajo nivelada de 5 400 000/120 000 = 45 trabajadores para satisfacer la demanda total. Esto implica que deben contratarse cinco trabajadores nuevos. En la tabla 12.2 se calculan los inventarios para cada mes y los costos resultantes.

Considere los cálculos para el mes de enero. Con los 45 trabajadores regulares que se muestran en la parte superior del cuadro, pueden producirse 450 000 galones de cerveza, ya que cada trabajador elabora 10 000 galones por mes. La producción excede al pronóstico en 150 000 (450 000 − 300 000) galones, lo cual se añade al inventario inicial de 50 000 galones para obtener un nivel de inventarios de 200 000 galones al final de enero.

Los costos de la tabla 12.2 se calculan a continuación: los costos por tiempo regular son de 90 000 dólares en enero (45 trabajadores × 2 000 dólares cada uno). No hay costo por tiempo extra pero se contrataron cinco trabajadores, ya que el nivel inicial de la fuerza de trabajo era de 40. El costo por contratar a los cinco empleados es de 5 000 dólares. Finalmente, cuesta seis centavos llevar un galón de cerveza en el inventario durante un mes y Hefty mantiene 200 000 galones al final del mismo, lo cual cuesta 12 000 dólares.[2] Estos costos hacen un total de 107 000 dólares para enero. Los cálculos se continúan mes a mes y luego se suman para calcular el año obteniendo, así, un costo total de 1 266 500 dólares para la estrategia nivelada.

La segunda estrategia, la fuerza laboral nivelada más tiempo extra, es un poco más complicada. Si X es el tamaño de la fuerza de trabajo para la opción 2, debemos tener:

$$9(10\,000X) + 3[(1.2)(10\,000X)] = 5\,400\,000 \text{ galones}$$

En un periodo de nueve meses, Hefty producirá 10 000 galones por mes y, durante un periodo de tres meses, 120% de 10 000X, incluyendo tiempo extra. Cuando se despeja la ecuación anterior para obtener el valor de X, encontramos que X = 43 trabajadores. En la tabla 12.3 se calcularon los inventarios y los costos resultantes para esta opción.

La tercera estrategia, la de seguimiento o persecución, varía la fuerza laboral cada mes al contratar y al despedir trabajadores para satisfacer la demanda mensual en forma exacta. Si se emplea esta estrategia, se mantiene un nivel constante de 50 000 galones en el inventario como el nivel mínimo de inventarios, como se presenta en la tabla 12.4.

Los costos anuales de las tres estrategias se resumen en la tabla 12.5. Con base en los costos y supuestos que se aportaron, la estrategia de seguimiento es la que tiene el costo

TABLA 12.5
Resumen de costos

Estrategia 1: Nivelada	
Nómina de tiempo regular	$1 080 000
Contrataciones/despidos	5 000
Mantenimiento del inventario	181 500
Total	$1 266 500
Estrategia 2: Nivelada con tiempo extra	
Nómina de tiempo regular	$1 032 000
Contrataciones/despidos	3 000
Tiempo extra	77 400
Mantenimiento del inventario	180 800
Total	$1 293 200
Estrategia 3: Seguimiento	
Nómina de tiempo regular	$1 080 000
Contrataciones/despidos	95 000
Mantenimiento del inventario	36 300
Total	$1 211 300

[2] Por conveniencia, usamos el inventario de fin de mes para calcular los costos de mantenimiento del inventario en lugar del promedio mensual del inventario.

más bajo; sin embargo, el costo no es la única consideración. Por ejemplo: la estrategia de seguimiento requiere que se produzca a partir de una fuerza de trabajo mínima de 30 trabajadores hasta un nivel máximo de 65, haciendo uso del reajuste de personal para volver a reducir el número de trabajadores a 45. ¿Permitirá el clima laboral esta cantidad de contrataciones y de despidos cada año, o esto conducirá a la sindicalización y a costos de la mano de obra potencialmente más altos? Es posible que deba tomarse en cuenta una política de dos turnos o la utilización de trabajadores de tiempo parcial o temporales para cubrir los picos de la demanda a lo largo del año. Estas opciones, junto con otras, deben considerarse al tratar de evaluar y, posiblemente, mejorar la estrategia de seguimiento, como se hace en el suplemento de este capítulo.

Mediante el uso de tres estrategias, se demostró cómo comparar los costos en un caso muy sencillo de planeación agregada. Métodos avanzados han sido desarrollados para considerar muchas estrategias más y problemas más complejos de planeación agregada; estos métodos, los cuales pueden ser muy complicados, incluyen la programación lineal, la simulación y diversas reglas de decisión. Consulte el suplemento del capítulo donde se explican técnicas avanzadas.

12.9 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

En este capítulo se expusieron los siguientes aspectos:

- Las decisiones de instalaciones consideran la cantidad de capacidad, el tamaño de las unidades, la oportunidad de los cambios en la capacidad, la ubicación de las instalaciones y los tipos de instalaciones que se necesitarán. En la jerarquía de las decisiones de capacidad, éstas son decisiones a largo plazo. Las decisiones sobre instalaciones son de gran importancia porque determinan la disponibilidad futura de la producción y requieren del capital de la organización, el cual es escaso.
- Debe implantarse una estrategia de instalaciones en lugar de una serie de decisiones crecientes sobre instalaciones. Una estrategia de instalaciones responde a las preguntas cuánto, qué tan grande, cuándo, dónde y qué tipo.
- La cantidad de capacidad planeada debe basarse en el riesgo deseado al satisfacer la demanda pronosticada. El colchón de capacidad es una decisión que las empresas deben evaluar, determinando si usarán un colchón grande para evitar los faltantes de capacidad o uno pequeño con la posibilidad de incurrir en déficits de capacidad.
- Cuando se programa una expansión de la capacidad, una compañía puede optar por tener predominancia sobre la competencia edificando la capacidad más rápido o por esperar y ver la cantidad de capacidad que se necesita.
- Al establecer el tamaño óptimo de las instalaciones, deben considerarse tanto las economías como las deseconomías de escala. La ubicación de las instalaciones se determina al examinar los factores relevantes en esta decisión y, a continuación, ponderar los factores contrastantes entre sí. El tiempo de instalación que se seleccione se concentrará en el producto, en el mercado, en el proceso o en necesidades de propósitos generales.
- Con frecuencia, las decisiones de instalaciones las toma el director ejecutivo y el consejo de administración. Ya que estas decisiones son de carácter estratégico, requieren el insumo de todas las áreas funcionales de la organización.
- La planeación de las ventas y de las operaciones, o planeación agregada, sirve como un vínculo entre las decisiones de instalaciones y la programación de la producción. Las decisiones de planeación de las ventas y de las operaciones establecen niveles de producción para un mediano plazo. En consecuencia, también se toman decisiones relacionadas con el tamaño de la fuerza laboral, las subcontrataciones, las contrataciones y los niveles de inventarios. Tales decisiones deben ajustarse dentro de la capacidad en las instalaciones y se restringen por los recursos disponibles.

- La planeación agregada se ocupa de acoplar la oferta y la demanda a lo largo de un plazo mediano. Hay muchas opciones para administrar la oferta y la demanda. Puesto

que los recursos humanos, el capital y la demanda se ven afectados, todas las funciones deben involucrarse en las decisiones de planeación agregada.
- Los factores de la oferta que pueden cambiarse con una planeación agregada son las contrataciones, los despidos, el tiempo extra, el tiempo reducido, el inventario, las subcontrataciones, la mano de obra de tiempo parcial y los acuerdos cooperativos. Los factores que influyen en la demanda son la fijación de precios, las promociones, los pedidos pendientes de cumplir o reservaciones y los productos complementarios.
- Existen dos estrategias básicas para ajustar la oferta: la de seguimiento y la de nivelación. Asimismo, las corporaciones pueden recurrir a una combinación de ambas. Puede hacerse una elección de una estrategia estimando el costo total de cada una de las estrategias disponibles.

Términos clave

Jerarquía de las decisiones de capacidad
Capacidad
Utilización
Capacidad efectiva
Decisiones de instalaciones
Estrategia de instalaciones
Colchón de capacidad
Economías de escala
Deseconomías de escala
Predominio de la competencia
Estrategia de esperar y ver
Instalaciones concentradas en el producto
Instalaciones concentradas en el mercado
Instalaciones concentradas en el proceso
Instalaciones de propósitos generales
Planeación de las ventas y de las operaciones
Planeación agregada
Administración de la demanda
Pedidos pendientes de cumplir
Ofertas complementarias
Administración del suministro
Subcontrataciones
Acuerdos cooperativos
Estrategia perfectamente nivelada
Persecución de la demanda

Usted **decida**

A la luz de las dificultades para la planeación de las capacidades *correctas*, ¿tendría más sentido elaborar o subcontratar toda la producción?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. Sitio del curso:
   http://www.uoguelph.ca/~dsparlin/aggregat.htm

Lea esta sinopsis de la planeación agregada del Curso en Canadá impartido por el profesor Dave Sparling.

2. Ejemplo de hoja electrónica proveniente de la Georgia Southern University
   http://et.nmsu.edu/~etti/winter97/computers/spreadsheet.html

Estudie los detalles de este ejemplo para obtener una comprensión más profunda de la planeación agregada.

3. Planeación de las ventas y de las operaciones
   http://www.supplychain.com

Lea acerca de la planeación de las ventas y de las operaciones en este sitio y asista a clase preparado para una discusión. Use la pestaña de recursos de la página principal.

4. Demand Solutions
   http://www.demandsolutions.com/sop.asp

Lea acerca de la planeación de las ventas y de las operaciones y acuda a clase con la información que obtuvo de esta lectura.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema

1. **Planeación de la capacidad probable** La XYZ Chemical Company estimó la demanda anual para ciertos productos de la siguiente manera:

Miles de galones	100	110	120	130	140
Probabilidad	.10	.20	.30	.30	.10

a) Si la capacidad es de 130 000 galones, ¿qué cantidad de colchón de capacidad se tiene?
b) ¿Cuál es la probabilidad de que haya una capacidad ociosa?
c) Si la capacidad es de 130 000 galones, ¿cuál es la utilización promedio de la planta?
d) Si la pérdida de operaciones de negocios (por faltantes de inventarios) tiene un costo de 100 000 dólares por millar de galones y si cuesta 5 000 dólares incorporar 1 000 galones de capacidad, ¿cuánta capacidad debe aumentarse para minimizar los costos totales?

Solución

a) Colchón de capacidad = 100% − utilización
$$= 130 - [(.1 \times 100) + (.2 \times 110) + (.3 \times 120) + (.3 \times 130) + (.1 \times 140)]$$
$$= 9\,000 \text{ galones, o } 9/130 = 6.9\% \text{ de capacidad}$$

b) Probabilidad de capacidad ociosa = probabilidad que la demanda < 130
$$= .1 + .2 + .3$$
$$= .6 \text{ (o } 60\%)$$

c) Utilización promedio = $(.1 \times 100/130) + (.2 \times 110/130) + (.3 \times 120/130) + (.3 \times 130/130) + (.1 \times 140/130)$
$$= 93.1\%$$

d) Para determinar la cantidad de capacidad que minimiza los costos totales, debemos determinar el costo de la capacidad y, posteriormente, añadir el costo de la sanción por no brindar la cantidad demandada. Esto se hace para cada cantidad de capacidad posible.

Para incorporar 100 000 galones de capacidad:

Costo total = Costo de la capacidad + Costo de la sanción
$$= (100 \times \$5\,000) + \{\$100\,000 \times [(0 \times .1) + (l0 \times .2) + (20 \times .3) + (30 \times .3) + (40 \times .1)]\}$$
$$= \$2\,600\,000$$

Para incorporar 110 000 galones de capacidad:

Costo total = Costo de la capacidad + Costo de la sanción
$$= (110 \times \$5\,000) + \{\$100\,000 \times [(0 \times .1) + (0 \times .2) + (l0 \times .3) + (20 \times .3) + (30 \times .1)]\}$$
$$= \$1\,750\,000$$

Para incorporar 120 000 galones de capacidad:

Costo total = Costo de la capacidad + Costo de la sanción
$$= (120 \times \$5\,000) + \{\$100\,000 \times [(0 \times .1) + (0 \times .2) + (0 \times .3) + (10 \times .3) + (20 \times .1)]\}$$
$$= \$1\,100\,000$$

Para incorporar 130 000 galones de capacidad:

Costo total = Costo de la capacidad + Costo de la sanción
$$= (130 \times \$5\,000) + \{\$100\,000 \times [(0 \times .1) + (0 \times .2) + (0 \times .3) + (0 \times .3) + (10 \times .1)]\}$$
$$= \$750\,000$$

Para incorporar 140 000 galones de capacidad:

$$\begin{aligned}\text{Costo total} &= \text{Costo de la capacidad} + \text{Costo de la sanción}\\ &= (140 \times \$5\,000) + \{\$100\,000 \times [(0 \times .1) + (0 \times .2) + (0 \times .3) + (0 \times .3) + (0 \times .1)]\}\\ &= \$700\,000\end{aligned}$$

La alternativa que minimiza los costos totales consiste en incorporar 140 000 galones de capacidad, lo cual tiene un costo total estimado de $700 000.

Problema

2. **Planeación agregada de los servicios** Ace Accounting Associates (AAA) proporciona servicios de presentación de declaraciones de impuestos para personas físicas. Los clientes pagan el servicio de acuerdo con el tipo de formato que deben presentar. Los clientes que deben presentar declaraciones complejas (es decir, la forma 1040) deben pagar 200 dólares. Los que deben presentar formatos más sencillos deben pagar 50 dólares. Cinco contadores permanentes trabajan a razón de una tasa de 600 dólares por semana. Durante la temporada de alto movimiento —las cinco semanas anteriores a la fecha límite para la presentación de las declaraciones— pueden contratarse contadores temporales a razón de 600 dólares por semana. Se paga una cuota única de 200 dólares a una agencia de empleos cada vez que la compañía contrata a un contador temporal. Todos los contadores (permanentes y temporales) tienen acceso a un sistema computarizado experto, el cual le cuesta a la empresa 175 dólares por contador por semana. En promedio, cualquier contador (permanente o temporal) puede procesar cuatro formatos complejos por semana o 20 formatos sencillos por semana. La demanda de formatos sencillos y complejos para la próxima temporada de presentación de declaraciones se muestra en la tabla siguiente. Toda la demanda debe quedar satisfecha al final de la quinta semana.

Semana	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Demanda (formatos simples)	40	60	80	100	100
Demanda (formatos complejos)	10	17	21	30	20

a) Determine la utilidad total que resultaría al tener una cantidad suficiente de contadores para satisfacer la demanda cada semana.
b) Encuentre un arreglo más rentable en el que todos los formatos se completen al final de la quinta semana, pero no se requiera completar todas las presentaciones de declaraciones en la misma semana en la cual son demandadas.
c) Si uno o más contadores permanentes trabajan hasta una cantidad adicional de 40 horas de tiempo extra por semana a razón de 1.5 veces la tasa de pago regular por las horas de tiempo extra trabajadas, ¿cómo cambiará ello su solución del inciso *b*)?
d) ¿Existen algunas limitaciones o supuestos a su respuesta de los incisos *a*), *b*), y *c*) que pudieran afectar las decisiones vinculadas con las personas que deberían contratarse o despedirse y las fechas en las que deberían tomarse esas decisiones?

Solución

Los ingresos y los costos permanentes de los empleados son los mismos para todas las soluciones y, por lo tanto, se muestran aquí una vez:

Semana	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Ingresos					
Declaraciones simples	2 000	3 000	4 000	5 000	5 000
Declaraciones complejas	2 000	3 400	4 200	6 000	4 000
Total ingresos	4 000	6 400	8 200	11 000	9 000
Costos de cinco empleados permanentes:					
Contadores	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Sistema de cómputo	875	875	875	875	875
Costos permanentes	3 875	3 875	3 875	3 875	3 875

a) Primero, el número total de contadores necesarios se calcula a continuación:

Número de contadores:					
Formatos simples	2.00	3.00	4.00	5.00	5.00
Formatos complejos	2.50	4.25	5.25	7.50	5.00
	4.50	7.25	9.25	12.50	10.00
Total redondeado	5	8	10	13	10

Para determinar el número de contadores temporales, sustraiga cinco contadores permanentes del total redondeado.

Costos de los contadores temporales

Número de contadores temporales	**0**	**3**	**5**	**8**	**5**
Cuota de contratación	0	600	400	600	0
Contadores (remuneración)	0	1 800	3 000	4 800	3 000
Sistema de cómputo	0	525	875	1 400	875
Costos temporales	0	2 925	4 275	6 800	3 875
Costos permanentes	3 875	3 875	3 875	3 875	3 875
Costos totales	3 875	6 800	8 150	10 675	7 750
Ingresos totales	4 000	6 400	8 200	11 000	9 000
Utilidad (pérdida)	125	(400)	50	325	1250

Utilidad (pérdida) de cinco semanas = $1 350

b) En este caso, no necesitamos redondear el número de contadores para satisfacer la demanda de cada periodo.

Costos de los contadores temporales

Número de contadores temporales	**0**	**2**	**4**	**8**	**5**
Cuotas de contratación	0	400	400	800	0
Contadores	0	1 200	2 400	4 800	3 000
Sistema de cómputo	0	350	700	1 400	875
Costos temporales	0	1 950	3 500	7 000	3 875
Costos permanentes	3 875	3 875	3 875	3 875	3 875
Costos totales	3 875	5 825	7 375	10 875	7 750
Ingresos totales	4 000	6 400	8 200	11 000	9 000
Utilidad (pérdida)	125	575	825	125	1 250

Utilidad (pérdida) de cinco semanas = $2 900

c) Suponga que sólo se requieren los cinco contadores temporales en la semana 4 y que satisfacemos la demanda total en esta semana con el empleo de tiempo extra.

Costo de los contadores temporales

Número de contadores temporales	**0**	**2**	**4**	**5**	**5**
Cuotas de contratación	0	400	400	200	0
Contadores temporales	0	1 200	2 400	3 000	3 000
Tiempo extra (contadores permanentes)	0	0	0	2 700	0
Sistema de cómputo	0	350	700	875	875
Costos temporales	0	1 950	3 500	6 775	3 875
Costos permanentes	3 875	3 875	3 875	3 875	3 875
Costos totales	3 875	5 825	7 375	10 650	7 750
Ingresos totales	4 000	6 400	8 200	11 000	9 000
Utilidad (pérdida)	125	575	825	350	1 250

Utilidad (pérdida) de cinco semanas = $3 125

d) Rara vez la planeación agregada es tan sencilla como lo sugiere este problema de muestra; por ejemplo: en él, no se consideran los costos de la terminación laboral. Es muy dudoso que los clientes de esta empresa imaginaria llegaran a permitir que se pospusiera la presentación de sus declaraciones hasta que ello fuera conveniente para la organización; sobre todo si los clientes esperan una devolución de impuestos.

Problema

3. **Planeación agregada de la manufactura** Manufacturers Inc. (MI) actualmente tiene una fuerza laboral de 10 personas, las cuales pueden producir 500 unidades por periodo. El costo de la mano de obra es de 2 400 dólares por periodo por empleado. Desde hace tiempo, la compañía tiene una regla que no permite el tiempo extra; además, los productos no pueden subcontratarse debido a la maquinaria especializada que la empresa maneja para su producción. Como resultado, la organización puede aumentar o disminuir la producción sólo mediante la contratación o el despido de empleados. El costo de contratar a un trabajador es de 5 000 dólares y el de despedirlo es, también, de 5 000 dólares. Los costos de mantenimiento del inventario son de 100 dólares por cada unidad que quede al final de cada periodo. El nivel del inventario al principio del periodo 1 es de 300 unidades. El pronóstico de la demanda en cada uno de los seis periodos se presenta en la siguiente tabla:

Periodo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Demanda agregada	630	520	410	270	410	520

a) Calcule los costos de una estrategia de seguimiento.
b) Calcule los costos de una estrategia nivelada.
c) Compare las dos estrategias.

Solución

a) Primero, decida sobre el nivel de la fuerza de trabajo que deberá utilizarse para la estrategia de seguimiento de modo que la producción satisfaga la demanda de cada periodo; por ejemplo: en el periodo 1, la demanda es de 630 unidades, lo cual requiere de 12.6 trabajadores (cada trabajador puede elaborar 50 unidades). La respuesta se redondea hasta 13 trabajadores. Las tablas para el número de unidades producidas y para los cálculos de costos son:

Periodo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Unidades:						
Demanda agregada	630	520	410	270	410	520
Número de trabajadores	13	10	8	5	8	10
Unidades producidas	650	500	400	250	400	500
Inventario final	320	300	290	270	260	240
Costos:						
Costo de la mano de obra	31 200	24 000	19 200	12 000	19 200	24 000
Costo de contratación/despido	15 000	15 000	10 000	15 000	15 000	10 000
Costo de mantenimiento del inventario	32 000	30 000	29 000	27 000	26 000	24 000
Costo por periodo	78 200	69 000	58 200	54 000	60 200	58 000
Costos totales						$377 600

b) Para la estrategia de nivelación, decida primero sobre el nivel de la fuerza laboral. Para ser comparable con el inciso *a*), debe establecerse el nivel de la fuerza de trabajo para que produzca el mismo número de unidades totales a lo largo de seis periodos. El total de unidades producidas en el inciso *a*) son:

$$650 + 500 + 400 + 250 + 400 + 500 = 2\,700 \text{ unidades}$$

Una estrategia de nivelación produce un número igual de unidades cada periodo, o $2\,700/6 = 450$ unidades por periodo. Esto requiere exactamente de nueve trabajadores

en cada periodo. El número resultante de unidades así como los cálculos de costos son los siguientes:

Periodo	1	2	3	4	5	6
Unidades:						
Demanda agregada	630	520	410	270	410	520
Número de trabajadores	9	9	9	9	9	9
Unidades producidas	450	450	450	450	450	450
Inventario final	120	50	90	270	310	240
Costos:						
Costo de la mano de obra	21 600	21 600	21 600	21 600	21 600	21 600
Costo de contratación/despido	5 000	0	0	0	0	0
Costo de mantenimiento del inventario	12 000	5 000	9 000	27 000	31 000	24 000
Costo por periodo	38 600	26 600	30 600	48 600	52 600	45 600
Costos totales						$242 600

c) La estrategia de nivelación es mucho menos costosa. Ésta es la razón por la que es mucho más costoso contratar y despedir trabajadores. Asimismo, la estrategia de seguimiento se ve penalizada por el relativamente alto inventario inicial de 300 unidades, el cual no es necesario para la alternativa de seguimiento, pero sí se requiere en el caso de la estrategia de nivelación para evitar faltantes de inventario.

Preguntas de análisis

1. Aproximadamente, ¿Qué tan lejos hacia el futuro sería necesario planear en los siguientes tipos de instalaciones?
   a) Restaurante
   b) Hospital
   c) Refinería de petróleo
   d) Fábrica de juguetes
   e) Planta de energía eléctrica
   f) Escuela pública
   g) Escuela privada
2. ¿Qué problemas se crean al considerar simultáneamente las cuestiones de capacidad de cuánto, qué tan grande, cuándo, dónde y qué tipo?
3. Un distrito escolar pronosticó las inscripciones de estudiantes para varios años hacia el futuro y predijo un exceso de capacidad de 2 000 estudiantes. La junta de la escuela afirma que la única opción es cerrar el colegio. Evalúe.
4. ¿Por qué es la alta administración quien, con frecuencia, toma las decisiones de instalaciones? ¿Qué papel desempeñan en estas decisiones las áreas de operaciones, marketing, finanzas, contabilidad, ingeniería y recursos humanos?
5. ¿De qué manera afecta la estrategia corporativa a las decisiones de capacidad?
6. La planeación de las ventas y de las operaciones o planeación agregada se confunde algunas veces con la programación de operaciones. ¿Cuál es la diferencia?
7. La XYZ Company manufactura un producto estacional. En la actualidad, la compañía emplea una fuerza de trabajo nivelada como política. La empresa teme que, si despide algunos trabajadores, no pueda volver a recontratarlos ni a encontrar reemplazos calificados. ¿Tendrá esta organización un problema de planeación agregada? Explique.
8. Se dijo que la planeación agregada se relaciona con la planeación de personal, la preparación de presupuestos y la planeación de mercados. Describa la naturaleza de la relación entre estos tipos de planeación.
9. Toda empresa tiene objetivos múltiples como buenas relaciones laborales, costos operativos bajos, alta rotación de los inventarios y buenos servicios a los clientes. ¿Cuáles son los pros y los contras de tratar estos objetivos de una manera separada en un problema de planeación agregada en comparación de combinarlos a todos dentro de una sola medida de costos?
10. ¿Cómo influye el nivel de habilidades de la fuerza de trabajo y el grado de automatización sobre la elección entre una estrategia nivelada y una de seguimiento?
11. ¿Qué factores son importantes al elegir la longitud del horizonte de planeación en una planeación agregada?
12. ¿Qué factores de costos deben incluirse al calcular el costo total de una estrategia agregada?
13. Una peluquería ha usado una fuerza de trabajo nivelada para sus peluqueros cinco días a la semana, de martes a sábado. Los peluqueros tienen un tiempo desocupado considerable desde el martes hasta el viernes, con algunos periodos de alta actividad durante las horas de la comida y después de las 4:00 p.m. de cada día. El viernes por la tarde y durante todo el día del sábado, todos los peluqueros están muy ocupados y los clientes deben esperar una cantidad de tiempo sustancial al grado de que algunos se retiran. ¿Qué opciones debería considerar esta peluquería en términos de una planeación agregada? ¿Cómo analizaría usted estas opciones? ¿Qué datos deberían recabarse y cómo deberían compararse las opciones?

Problemas

1. Suponga que estamos considerando la cuestión de cuánta capacidad construir a la luz de una demanda incierta. Estime que el costo de las ventas perdidas debido a una capacidad insuficiente es de 20 dólares por unidad. Suponga, también, que existe un costo de 7 dólares para cada unidad de capacidad que se construya. Las probabilidades de los diversos niveles de la demanda son los siguientes:

Demanda: X unidades	Probabilidad de X
0	.05
1	.10
2	.15
3	.20
4	.20
5	.15
6	.10
7	.05

   a) ¿Cuántas unidades de capacidad deberán incorporarse para minimizar el costo total del suministro de capacidad más las ventas perdidas?
   b) Exponga una regla general en relación con la cantidad de capacidad que debe construirse.
   c) ¿Qué principio ilustra este problema?

2. La Ace Steel Mill estima la demanda del acero en millones de toneladas por año de la siguiente manera:

Millones de toneladas	Probabilidad
10	.10
12	.25
14	.30
16	.20
18	.15

   a) Si la capacidad se establece en 18 millones de toneladas, ¿qué cantidad de colchón de capacidad se tendrá?
   b) ¿Cuál es la probabilidad de una capacidad no empleada y cuál es la utilización promedio de la planta a 18 millones de toneladas de capacidad?
   c) Si se tiene un costo de 8 millones de dólares por cada millón de toneladas de operaciones de negocios perdidas y de 80 millones de dólares para construir un millón de toneladas de capacidad, ¿qué cantidad de capacidad debería construirse para minimizar los costos totales?

3. Una peluquería tiene la siguiente demanda de cortes de pelo durante los sábados, el cual es el día más activo de la semana.

Millones de toneladas	Probabilidad
20	.1
25	.3
30	.4
35	.1
40	.1

   a) ¿Cuál es la demanda promedio de cortes de pelo durante el sábado?
   b) Si la capacidad es de 35 cortes de pelo, ¿cuál es la utilización promedio del establecimiento?
   c) Si la capacidad es de 35 cortes de pelo, ¿qué cantidad de colchón de capacidad se tiene?
   d) Si se posee un costo de 50 dólares por cada corte de pelo perdido debido a la insatisfacción del cliente y si se tiene un costo de 100 dólares por cada unidad de capacidad proporcionada, ¿qué cantidad de capacidad debería construirse para minimizar los costos?

4. Suponga que un restaurante opera de las 11 a.m. hasta las 11 p.m. siete días a la semana.
   a) ¿Cuánta capacidad tiene el restaurante sobre una base semanal y sobre una base anual en horas?
   b) Si el restaurante puede atender a un máximo de 40 clientes por hora, ¿qué cantidad de capacidad semanal posee el restaurante en términos de clientes?
   c) ¿Qué supuestos implícitos se hicieron en sus cálculos para el inciso *b*)?

5. Una clínica de atenciones urgentes se integra por dos doctores quienes pueden atender cada uno a cuatro pacientes por hora. La clínica está abierta desde las 6 p.m. hasta la medianoche, siete días por semana. La compañía hizo un seguimiento del número promedio de pacientes que llegaban por hora durante un mes y observó lo siguiente:

Tiempo	Demandada
6-7	8
7-8	10
8-9	10
9-10	4
10-11	4
11-12	2

   a) Dibuje una gráfica donde una línea muestre la capacidad y otra, la demanda.
   b) ¿Qué observaciones puede hacer a partir de la gráfica del inciso *a*)?
   c) ¿Qué sugerencias haría usted a la clínica para la administración de su capacidad?

6. A la empresa Chewy Candy Company le gustaría determinar un plan de producción agregada para los seis meses siguientes. La compañía elabora muchos tipos distintos de dulces, pero considera que puede planear su producción total en libras siempre y cuando la mezcla de dulces no se modifique de modo muy relevante. En el momento actual, Chewy Company tiene 70 trabajadores y 9 000 libras de dulces en su inventario. Cada trabajador puede producir 100 libras de dulces al mes y a cada uno se le pagan 12 dólares por hora (use 160 horas de tiempo regular por mes). El tiempo extra, a una tasa de pago de 150% del tiempo regular, puede utilizarse hasta un máximo de 20% además del tiempo regular en cualquier mes. Se tiene un costo de 80 centavos para almacenar una libra de dulces durante un año,

Indicaciones útiles para el uso de hojas electrónicas de Excel

En el sitio web del estudiante se proporcionan tres hojas de Excel para asistir en la resolución de los problemas del capítulo. La hoja electrónica para el problema 10 se muestra más abajo con datos distintos a los del problema 10. Los insumos se presentan en la sección de insumos de la hoja electrónica y los productos son un plan agregado con costos para los seis meses siguientes.

	A	B	C	D	E	F	G	H
19	NOMBRE:	Ejemplo				Capítulo 12, Problema 10		
20	SECTOR:	**********				FECHA:		
21								
22								
23	Sección de insumos:							
24	Fuerza de trabajo actual (empleados)					80		
25	Juguetes por trabajador por mes en $000					$20		
26	Tasa de salario regular por mes					$3,000		
27	Tasa por tiempo extra (% del tiempo regular)					150%		
28	Cargo por el mantenimiento del inventario (% por año)					30%		
29	Costos de contrataciones ($ por trabajador)					$2,000		
30	Costos de despidos ($ por trabajador)					$4,000		
31	Inventario inicial en $000					$80		
32								
33								
34		Demanda en miles de dólares						
35								
36		Julio	$1,500		Octubre	$2,000		
37		Agosto	$2,000		Noviembre	$1,800		
38		Septiembre	$2,500		Diciembre	$1,600		
39								
40			TOTAL		..... $11,400			
41								
42								
43								
44			ESTRATEGIA:		nivelada			
45								
46				MES				
47		JULIO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
48	Recursos:	{Producción, ventas e inventarios en $000}						
49	Trabajador regular:	90	90	90	90	90	90	
50	T.E.%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
51	Producción:	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	10,800
52	Ventas:	1,500	2,000	2,500	2,000	1,800	1,600	11,400
53	Inventario:	380	180	(520)	(720)	(720)	(520)	
54		----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
55	Costos: {en dólares}							
56	Tiempo regular	270,000	270,000	270,000	270,000	270,000	270,000	1,620,000
57	Tiempo extra	0	0	0	0	0	0	0
58	Contratación/despidos	20,000	0	0	0	0	0	20,000
59	Inventario	9,500	4,500	(13,000)	(18,000)	(18,000)	(13,000)	(48,000)
60		=========	=========	=========	=========	=========	=========	=========
61	TOTAL:	299,500	274,500	257,000	252,000	252,000	257,000	1,592,000
62								

de 200 dólares para contratar a un trabajador y de 500 dólares para despedir a un empleado. Los pronósticos de ventas para los seis meses siguientes son de 8 000, 10 000, 12 000, 8 000, 6 000 y 5 000 libras de dulces.

a) Determine los costos de una estrategia de producción nivelada para los seis meses siguientes con un inventario final de 8 000 libras.
b) Establezca los costos de una estrategia de seguimiento para los seis meses siguientes.
c) Calcule los costos de emplear un tiempo extra máximo para los dos meses de la demanda más alta.
d) Dibuje una gráfica acumulativa de la demanda y de las tres estrategias de producción que ya se consideran.

7. Una corporación produce para satisfacer una demanda estacional y el pronóstico para los 12 meses siguientes se proporciona más abajo. La fuerza de trabajo actual puede producir 500 unidades por mes. Cada empleado adicional puede fabricar 20 unidades adicionales por mes y se le pagan 2 000 dólares mensuales. El costo de los materiales es de 40 dólares por unidad. El tiempo extra puede usarse a la prima de tiempo acostumbrada y por la mitad de la mano de obra hasta un máximo de 10% por mes. El costo de mantenimiento del inventario es de 50 dólares por unidad por año. Los cambios en el nivel de producción tienen costos de 100 dólares por unidad debido a las contrataciones y a los costos de las conversiones de la línea, entre otros factores. Estime que se tienen 200 unidades en el inventario inicial. La capacidad adicional puede obtenerse subcontratando a un costo adicional de 20 dólares por unidad sobre el costo de producción de la empresa sobre la base de un tiempo regular. ¿Qué plan recomienda usted? ¿Cuál es el costo adicional de este plan?

Mes	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Demanda	650	700	850	700	650	500	600	850	800	900	700	600

8. Aproximadamente 40% de las llamadas semanales que se reciben en una clínica médica para solicitar citas con los doctores ocurren el día lunes. Debido a esta fuerte carga de trabajo, 20% de las personas que llaman reciben una señal de línea ocupada y deben volver a llamar más tarde. La clínica tiene un empleado por cada dos departamentos que se encarga de manejar las llamadas entrantes. Cada trabajador maneja las llamadas para los mismos departamentos durante toda la semana y, por lo tanto, está familiarizado con las horas, las prácticas de horarios y las idiosincrasias de los doctores. Considere las siguientes opciones para la solución de este problema:

- Continuar el sistema actual, lo cual da como resultado algunas inconveniencias por parte del cliente, pérdidas de operaciones de negocios y la percepción de un servicio deficiente. Cerca de 1 000 pacientes llaman a la clínica los lunes. La clínica tiene 50 000 pacientes en total.
- Ampliar las líneas telefónicas y añadir más personas para manejar los periodos de demanda máxima. El costo estimado por la adición de dos líneas más y por otros dos empleados es de 60 000 dólares por año.
- Instalar una computadora para acelerar la concertación de citas. En este caso, la demanda máxima podría manejarse con el personal actual. El costo estimado de arrendar y mantener el equipo y los programas de cómputo es de 50 000 dólares por año.
- Ampliar las líneas telefónicas y pedirle a la gente que vuelva a llamar más tarde en la semana para concertar una cita. Añadir dos líneas y dos empleados de tiempo parcial para contestar el teléfono a un costo de 30 000 dólares por año.

a) Analizar estas opciones desde el punto de vista de un problema de planeación agregada. ¿Cuáles son los pros y los contras de cada opción?
b) ¿Qué opción recomienda usted? ¿Por qué?
c) ¿Cómo difiere este problema de los otros de planeación agregada que se mencionaron anteriormente?

9. El Restwell Motel en Orlando, Florida, prepara un plan agregado para el año siguiente. El motel tiene un máximo de 200 habitaciones, las cuales se utilizan por completo en los meses del invierno y en su mayoría desocupadas durante el verano, como se muestra en la tabla siguiente. La demanda se enlista en términos de habitaciones. El motel necesita un empleado, al cual se le pagan 1 500 dólares por mes, por cada 20 cuartos rentados sobre tiempo regular. Puede emplear hasta 20% de tiempo extra a razón de 1.5 y, también, puede contratar personal de tiempo parcial a 1 200 dólares por mes. Los trabajadores de tiempo regular se contratan a un costo de 500 dólares y se despiden a uno de 200 dólares por empleado. No hay costos ni de contrataciones ni de despidos para los de tiempo parcial.

Mes	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Demanda	185	190	170	160	110	100	100	80	100	120	140	160

a) Con una fuerza de trabajo regular de seis empleados y 20% de tiempo extra cuando se requiera, ¿qué cantidad de trabajadores de tiempo parcial se necesitan en cada mes y cuánto cuesta esta estrategia por año?
b) ¿Cuál es la mejor estrategia que debe seguirse si se utiliza una fuerza de trabajo nivelada de seis trabajadores regulares? Pueden usarse varias cantidades de tiempo extra y trabajadores de tiempo parcial.

10. La Bango Toy Company produce diversos tipos de juguetes para una demanda estacional. El pronóstico para los seis meses siguientes en millares de dólares se proporciona más abajo:

	Julio	**Agosto**	**Sep.**	**Oct.**	**Nov.**	**Dic.**
Pronóstico	$1 000	$1 500	$ 2000	$1 800	$1 500	$1 000

Un empleado regular puede producir 10 000 dólares de juguetes por mes y la organización tiene 80 trabajadores regulares al final de junio. Los de tiempo regular ganan 2 200 dólares por mes, incluyendo beneficios. Un empleado con tiempo extra genera a la misma tasa que uno

de tiempo regular, pero gana 150% de la remuneración regular. Puede recurrirse hasta a un 20% de tiempo extra en cualquier mes. Un trabajador puede contratarse por 1 000 dólares y cuesta 2 000 despedirlo. Los costos de mantenimiento del inventario son de 30% por año. La compañía desea terminar el año con 80 empleados, el inventario inicial de juguetes es de 900 000 dólares.

a) Calcule el costo de una estrategia de seguimiento.
b) Estime el costo de una estrategia nivelada.
c) Usando la plantilla de Excel, simule otras estrategias.
d) Determine el efecto sobre la estrategia de seguimiento, del inciso *a*), resultante de cambiar el costo de contratación a 1 500, 2 000 y 2 500 dólares. De acuerdo con estos cambios, ¿cuál es la relación entre el costo de la contratación y el costo total?
e) Utilice la plantilla de Excel para estudiar el efecto de los cambios de la demanda sobre el costo total de la estrategia de seguimiento. Suponga varios aumentos y disminuciones porcentuales en la demanda (110%, 120%, 210%, 220%, etcétera).

11. Una pequeña empresa de textiles fabrica varios tipos de suéteres. La demanda es muy estacional, como lo ilustran las siguientes estimaciones trimestrales de la demanda. Ésta se estimó en términos de las horas estándar de producción requerida.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Pronóstico	10 000	15 000	8 000	5 000

Una hora de tiempo regular le cuesta a la compañía 12 dólares. A los empleados se les paga 18 dólares por hora cuando trabajan tiempo extra y la mano de obra puede subcontratarse del exterior a 14 dólares por hora. Se dispone de un máximo de 1 000 horas de tiempo extra en cualquier mes. Un cambio en el nivel regular de producción (aumento o disminución) incurre en un costo único de 5 dólares por hora por la adición o la sustracción de una hora de mano de obra. Cuesta 2% por mes mantener una hora de trabajo terminado en el inventario. Los materiales y los costos de los gastos indirectos del inventario son iguales a los costos directos de la mano de obra. Al inicio del trimestre del otoño, se cuenta con 5 000 horas estándar en el inventario y el nivel de la fuerza de trabajo es equivalente a 10 000 horas estándar.

a) Suponga que la administración establece el nivel de los trabajadores regulares para el año como igual a la demanda promedio y subcontrata el resto. ¿Cuál es el costo de esta estrategia?
b) ¿Cuál es el costo de una estrategia de seguimiento?

12. La tienda Beth's Broasted Chicken ofrece una variedad de productos de comida rápida. Beth dispone de trabajadores regulares y de tiempo parcial para satisfacer la demanda. La demanda de los 12 meses siguientes se pronosticó en millares de dólares, como sigue:

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Demanda	25	33	40	57	50	58	50	48	37	33	28	32

Estime que cada empleado puede producir una demanda equivalente a 5 000 dólares en un mes. La compañía le paga a los trabajadores regulares 10 dólares por hora, incluyendo beneficios y los empleados de tiempo parcial ganan 7 dólares por hora. A la administración le gustaría contar con tantos trabajadores de tiempo parcial como fuera posible, pero debe limitarse a la razón de uno regular a uno de tiempo parcial para otorgar una supervisión y continuidad adecuadas de la fuerza de trabajo. La demanda no puede inventariarse y debe satisfacerse sobre la base de mes por mes. Se tiene un costo de 500 dólares para contratar a un trabajador regular y uno de 200 dólares para despedirlo. No hay costos asociados con la contratación y el despido de trabajadores de tiempo parcial. Se permite un máximo de 20% de poca actividad en los meses en los que la empresa preferiría no despedir empleados y volver a contratarlos en los meses siguientes. En otras palabras, la fuerza de trabajo regular y de tiempo parcial no puede exceder 120% de la demanda en ningún mes en particular.

a) Desarrolle una estrategia para este problema con el monto máximo de trabajadores de tiempo parcial y evitando el hecho de despedir a aquellas personas que volverían a ser necesarias al mes siguiente. ¿Cuál es el costo de esta estrategia?
b) Simule otras estrategias con la plantilla de Excel.

13. Valley View Hospital debe enfrentarse a una demanda un tanto estacional. Los pacientes difieren las cirugías electivas en el verano y en las temporadas de días festivos al final del año. Como resultado, el pronóstico de los días de demanda de los pacientes es como sigue (un día de paciente se refiere a la estancia de un paciente durante un día en el hospital):

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Pronóstico	90 000	70 000	85 000	65 000

El hospital recurre a enfermeras regulares, enfermeras de tiempo parcial (cuando el hospital las puede obtener) y las enfermeras por contrato (quienes no son empleadas). Las enfermeras por contrato trabajan un número de horas que varía dependiendo del contrato que hayan establecido con el hospital. A las enfermeras regulares se les paga una suma de 8 000 dólares por trimestre durante 60 días de trabajo; a las de tiempo parcial se les paga 3 500 dólares por trimestre por 30 días de trabajo. Las enfermeras por contrato ganan un promedio de 9 000 dólares por trimestre durante 60 días de trabajo. La contratación o el despido de cualquiera de estos tres tipos de enfermeras implica un costo de 1 000 dólares.

Suponga que las enfermeras regulares se establecen a un nivel de 800 enfermeras para el año. Cada enfermera regular trabaja el equivalente a 60 días por trimestre. La parte restante de la demanda se forma por un 50% a tiempo parcial y un 50% de enfermeras por contrato sobre la base de trimestre por trimestre. ¿Cuál es el costo de este plan empezando al principio de la primavera con un nivel de 800 enfermeras regulares, 200 de tiempo parcial y 200 por contrato? Estime que se requiere de 0.8 de un día de enfermera para proporcionar cuidados de 24 horas para cada día paciente.

Bibliografía

Adenso-Díaz, B. y Pilar González-Torre. "A Capacity Management Model in Service Industries". *International Journal of Service Industry Management* 13, núm. 3 (2002), pp. 286-302.

Bradley, Perry. "The Operations Planning Guide". *Business & Commercial Aviation* 87, núm. 2 (agosto de 2000), p. 9.

Buxey, Geoff. "Aggregate Planning for Seasonal Demand: Reconciling Theory with Practice". *International Journal of Operations & Production Management* 25, núm. 11 (2005), pp. 1083-1100.

Dooley, Brian. "S&OP or Just Good Supply Chain Planning". *Logistics & Transport Focus* 8, núm. 10 (2006), pp. 30-34.

Haussmann, R. y S. W. Hess. "A Linear Programming Approach to Production and Employment Scheduling". *Management Technology* 1 (enero de 1960), pp. 46-52.

Hayes, Robert H. y Steven Wheelwright. *Restoring Our Competitive Edge: Competing through Manufacturing*. Nueva York: Wiley, 1984.

Herrin, Richard. "John Galt Atlas Planning Suite: Syngenta Improves S&OP Process". *DM Review* 14, núm. 6 (junio de 2004), p. 89.

Holt, C, F. Modigliani y H. Simon. "A Linear Decision Rule for Production and Employment Scheduling". *Management Science* 2, núm. 1 (octubre de 1955), pp. 1-30.

Lapide, Larry. "Sales and Operations Planning Part 1:
The Process". *Journal of Business Forecasting* 23, núm. 3 (otoño de 2004), pp. 17-19.

Lee, S. M. y L. J. Moore. "A Practical Approach to Production Scheduling". *Production and Inventory Management* (primer trimestre de 1974), pp. 79-92.

Mellichamp, Joseph y Robert Love. "Production Heuristics for the Aggregate Planning Problem". *Management Science* 24, núm. 12 (agosto de 1978), pp. 1242-1251.

Mieghem, Jan A. "Capacity Management, Investment, and Hedging: Review and Recent Developments". *Manufacturing and Service Operations Management* 5, núm. 4 (otoño de 2003), pp. 269-302.

Muzumdar, Maha y John Fontanella. "The Secrets to S&OP Success". *Supply Chain Management Review* 10, núm. 3 (2006), pp. 34-41.

Olhager, Jan, Martin Rudberg y Joakim Wikner. "Long-Term Capacity Management: Linking the Perspectives from Manufacturing Strategy and Sales and Operations Planning". *International Journal of Production Economics* 69 (2001), pp. 215-225.

Smith, Barry C., Dirk P. Gunther, Richard M. Ratlife y Venkateshwara B. Rao. "E-Commerce and Operations Research in Airline Planning, Marketing, and Distribution". *Interfaces* 31, núm. 2 (marzo-abril de 2001), pp. 38-56.

_____ "S&OP Vendors at a Glance". *Manufacturing Business Technology* 25, núm. 3 (marzo de 2007), p. 21.

Vergin, R. C. "Production Scheduling under Seasonal Demand". *Journal of Industrial Engineering* 17, núm. 5 (mayo de 1966), pp. 260-266.

Suplemento

Modelos matemáticos

A lo largo de los años se ha desarrollado una amplia variedad de modelos de planeación agregada. En este suplemento, formularemos el modelo matemático general para la planeación agregada y, posteriormente, expondremos tres enfoques de soluciones opcionales: las reglas de decisión, la simulación y la programación lineal.

MODELO GENERAL

El problema de la planeación agregada posee tres variables generales: P_t = la cantidad producida durante el periodo t, I_t = el nivel del inventario al final del periodo t y F_t = la demanda pronosticada para el periodo t. Podemos definir al inventario al final del periodo I_t en términos de estas variables:

$$I_t = I_{t-1} + P_t - F_t \quad \text{para} \quad t = 1, 2, \ldots N \qquad \textbf{(S12.1)}$$

El inventario al final del periodo I_t es el inventario al final del periodo precedente, más la producción durante el periodo, menos la demanda durante el periodo. Desde luego, se calculó el inventario precisamente de esta forma en el ejemplo de Hefty Beer Company.

También deseamos especificar que los niveles del inventario y de la producción no se elegirán como valores negativos:

$$I_t, P_t \geq 0 \qquad \textbf{(S12.2)}$$

Se necesita una función de costos para evaluar las diversas estrategias de producción cursadas. Una función de costos para el problema de la planeación agregada es como se muestra a continuación:

$$\text{Costo} = \sum_{t=1}^{t=N} (a_t I_t + b_t P_t + c_t F_t) \qquad \textbf{(S12.3)}$$

El costo es una función del inventario que se lleva de la tasa de producción y de la demanda pronosticada a lo largo de todos los periodos.

Ahora, puede definirse el problema matemático como el hecho de encontrar aquel conjunto de variables P_t e I_t dado F_t, que habrá de minimizar el costo proporcionado por la ecuación (S12.3), sujeto a las limitaciones de las ecuaciones (S12.1) y (S12.2).

La estrategia de seguimiento y la estrategia de nivelación, las cuales se describieron en este capítulo, serán dos soluciones particulares (factibles) para este problema. Para la estrategia de seguimiento, se establece $P_t = F_t$ para todos los valores de t; el nivel de producción es, exactamente, igual al pronóstico. Para la estrategia de nivelación, se establece P_t = un valor constante para todos los periodos; el nivel de producción no varía. El modelo matemático permitirá evaluar el costo de estas estrategias y de cualesquiera otras que puedan elegirse. También, permitirá hallar, en ciertas condiciones, una estrategia óptima que minimice la ecuación del costo total.

REGLAS DE DECISIÓN

Un enfoque para la solución de este problema es construir una regla de decisión que especifique el valor de producción para cada periodo como una función del pronóstico, de los niveles de inventarios y de otros parámetros de interés. Un administrador puede aplicar

tal regla de decisión para determinar dinámicamente los niveles de producción en cualquier momento *t*; por ejemplo: puede especificarse la siguiente regla de decisión:

$$P_t = P_{t-1} + \alpha(F_t - P_{t-1}) \text{ para } t = 1, 2, \ldots N$$

Donde α es la constante de suavización $0 \leq \alpha \leq 1$.

Para esta regla, si establecemos $\alpha = 0$, se obtendrá la estrategia de nivelación ($P_t = P_{t-1}$) y, si se establece $\alpha = 1$, se obtendrá la estrategia de seguimiento ($P_t = F_t$). Los valores de α entre 0 y 1 producirán otras reglas de decisión. Observe la similitud de esta regla con el enfoque de suavización exponencial que se utilizó para la preparación de pronósticos. Esta regla de decisión en particular suavizará la producción a lo largo del tiempo para responder a los cambios en el pronóstico.

Como un ejemplo de esta regla de decisión, se establece $\alpha = .7$ para el ejemplo de Hefty Beer y se calculan los costos correspondientes. Una vez que se conoce el nivel de producción de cada periodo, se construye una tabla de costos similar al de la tabla 12.2. Se proporciona el nivel inicial de $P_0 = 40$ trabajadores y, por lo tanto, se calcula:

$$P_1 = P_0 = .7(F_1 - P_0) = 40 + .7(30 - 40) = 33 \text{ trabajadores}^1$$

De manera similar, se calcula:

$$P_2 = P_1 + .7(F_2 - P_1) = 33 + .7(30 - 33) = 30.9 \text{ trabajadores}$$

Este proceso continúa durante 12 meses y el perfil de producción resultante se costea con el mismo método que el de la tabla 12.2. El costo total anual de esta regla de decisión es de 1 200 100 dólares, lo cual representa un ahorro sobre la estrategia de costo más bajo que se encontró anteriormente.

Al respecto, en la literatura se han propuesto muchas otras reglas de decisión. El primer estudio de la planeación agregada, el cual se efectuó en una fábrica de pintura en 1955, utilizó la así llamada regla de decisión lineal (Holt, Modigliani y Simon, 1955). En este caso, la función del costo era de naturaleza cuadrática y las reglas de decisión óptimas resultantes eran lineales en términos de la demanda pronosticada, el inventario y los niveles previos de producción. Algunos estudios posteriores, como los de Mellichamp y Love (1978), consideraron funciones de costos más generales y otros tipos de reglas de decisión.

Mellichamp y Love observaron que los administradores parecen preferir un cambio grande en la fuerza de trabajo (y en el nivel de producción) en lugar de una serie de cambios continuos más pequeños. Como resultado, Mellichamp y Love formularon una regla de decisión de tres niveles para la producción, incluyendo los niveles alto, medio y bajo. Tal regla de cambio de producción determina cuándo debe saltarse de un nivel de producción al siguiente. En consecuencia, la producción aumenta y disminuye con base en una serie de pasos.

SIMULACIÓN

Otra técnica a la que puede recurrirse para evaluar los modelos que se describieron anteriormente es la simulación. Esta técnica puede usarse para evaluar rápidamente un alto número de distintas reglas de decisión u opciones de producción. La primera aplicación de la simulación a la planeación agregada la realizó Vergin en 1966. Él demostró que podían emplearse estructuras de costos altamente complejas así como la manera en la que la simulación podía controlarse para buscar de modo sistemático una solución *eficaz*.

El problema de la planeación de la producción agregada se ha reformulado en términos de demandas aleatorias. Esto se hizo dado que la mayoría de los problemas prácticos tienen demandas futuras impredecibles. Además, la administración parece interesarse principalmente en la evaluación de las probabilidades de faltantes de inventarios y de niveles

[1] Si se desea, el nivel de producción también puede calcularse en términos de miles de galones.

asociados del inventario para un número pequeño de estrategias factibles. La administración necesita saber la forma en la que una estrategia en particular afectará los niveles probables del inventario y la capacidad para satisfacer las estimaciones de la demanda. Dicho problema se solucionó a través del uso de la simulación.

En la actualidad, la disponibilidad de las hojas electrónicas comerciales como Excel hizo a la simulación muy fácil de aplicar para los problemas de planeación agregada. Los modelos de las hojas electrónicas son fáciles de construir y pueden evaluarse muchas opciones. En el sitio web del estudiante se han proporcionado algunas hojas electrónicas de Excel para la resolución de algunos de los problemas que aparecen al final de este capítulo.

PROGRAMACIÓN LINEAL

En 1960, Haussmann y Hess propusieron la utilización de la programación lineal para resolver los problemas de la planeación agregada. Este método ofrece soluciones eficaces con la condición de que los costos puedan expresarse en una forma lineal o parcialmente lineal. En la formulación de la programación lineal, las restricciones representan los saldos del inventario de periodo a periodo, el uso de tiempo extra y los niveles de contrataciones y de despidos. Puede usarse el método simplex u otros para hallar la solución de costo mínimo a la formulación de la programación lineal.

La programación lineal hace posible evaluar un número infinito de estrategias de producción y encontrar la opción de costo mínimo. Brinda una metodología eficaz no sólo para resolver el problema, sino para examinar otras soluciones que podrían indicarse, respecto de la mejor; por ejemplo: puede calcularse la estrategia de costo más bajo para el caso de Hefty Beer formulándola como un problema de programación lineal, lo cual se hace utilizando Excel y la opción del Solver para la optimización lineal. La solución con el costo mínimo es de 1 197 500 dólares, lo que constituye el plan con el costo más bajo para cualquier patrón concebible de producción.[2] En este caso, la estrategia de producción es un tanto similar a la de seguimiento que sigue a la demanda pronosticada cada periodo, pero es menos dinámica que la estrategia pura de seguimiento.

Asimismo, la programación lineal se amplió a situaciones más complejas. Lee y Moore (1974) sugirieron que se emplee una formulación de programación de metas. Ellos utilizaron un ejemplo con metas múltiples especificadas en el siguiente orden de prioridad:

P_1 = operar dentro de los límites de la capacidad productiva
P_2 = satisfacer el programa de entrega que se contraiga
P_3 = operar a un nivel mínimo de 80% de la capacidad a tiempo regular
P_4 = mantener el inventario inferior a un número máximo de unidades
P_5 = minimizar los costos totales de producción y de inventarios
P_6 = mantener a un nivel mínimo las horas extra de producción

El procedimiento de solución busca la satisfacción de estas metas, empezando con P_1 y procediendo a P_2, P_3 y así sucesivamente. A través del uso de este enfoque, pueden hacerse negociaciones entre las metas de la capacidad, el programa de entregas, una fuerza de trabajo estable, la producción, el inventario y el costo del tiempo extra. Ello hace posible considerar una estructura de metas más rica que el costo en forma individual.

[2] Supone un número entero de trabajadores durante cada periodo.

Problemas suplementarios

1. La Zoro Company manufactura podadoras de césped de alta velocidad. La empresa ha diseñado la siguiente regla de decisión:

$$P_t = P_{t-1} + \alpha(F_t - P_{t-1})$$

   a) Si en el momento presente Zoro tiene un nivel de producción de 1 000 unidades, un pronóstico para el siguiente periodo de 1 500 unidades y una constante de suavización de .5, ¿cuál debería ser el nivel de producción para el siguiente periodo?
   b) Si el pronóstico para el periodo 2 es de 1 200 unidades, ¿cuál será el nivel de producción para el periodo 2?
   c) Sugiera un procedimiento para incluir el inventario en la ecuación anterior.

2. Resuelva el problema de planeación agregada de Chewy Candy Company (problema 6 en este capítulo) mediante el uso de la programación lineal. Puede emplearse el Solver de Excel o cualquier otro paquete de programación lineal.
   a) ¿Cómo se compara la solución de la programación lineal de costo mínimo con los costos de las estrategias de seguimiento y nivelación del capítulo?
   b) Si se usa una regla de decisión del problema 1, ¿cuál será el costo y la estrategia resultante que se obtendrá?

3. Resuelva el problema de Beth's Broasted Chicken (problema 12 en el capítulo) utilizando programación lineal.
   a) ¿Cómo se compara la estrategia de programación lineal de costo mínimo con las estrategias del problema 12?
   b) ¿Qué problemas prácticos podrían detectarse al implantar la estrategia de costo mínimo?

4. Resuelva el problema del Valley View Hospital (problema 13) de este capítulo con el uso de programación lineal. Puede utilizarse el Solver de Excel para este problema.
   a) ¿Cómo se compara la solución de costo mínimo en su cálculo del problema 13 inciso *a*)?
   b) ¿Prevé usted algún problema práctico que pudiera hallarse en la implantación de la solución óptima?

Capítulo 13

Programación de operaciones

Presentación del capítulo

13.1 Programación de lotes

13.2 Gráficas de Gantt

13.3 Programación de una capacidad finita

13.4 Teoría de las restricciones

13.5 Reglas de prioridad en el despacho

13.6 Sistemas de planeación y control

13.7 Aspectos y términos clave

Usted decida

Ejercicios por internet

Problemas resueltos

Preguntas de análisis

Problemas

Bibliografía

Las decisiones de programación de operaciones asignan la capacidad o los recursos disponibles (equipo, mano de obra y espacio) a los trabajos, actividades, tareas o clientes a lo largo del tiempo. Ya que la programación de operaciones es una decisión de asignación, utiliza los recursos que aportan las decisiones sobre instalaciones y la planeación agregada; por lo tanto, la programación de operaciones es la última decisión y la más restringida en la jerarquía de las decisiones de planeación de la capacidad.

En la práctica, la programación de operaciones da como resultado un **plan basado en fases de tiempo**, o programa de actividades. Éste indica lo que habrá de hacerse, cuándo, por quién y con qué equipamiento. La planeación de operaciones debe diferenciarse claramente de la planeación agregada, pues esta última trata de determinar los recursos necesarios mientras que la programación de operaciones asigna los recursos que se consiguieron a través de la planeación agregada de la mejor manera posible para satisfacer los objetivos de operaciones. La planeación agregada se efectúa con base en un lapso de aproximadamente un año y, la programación de operaciones, en función de un periodo que incluye un número breve de meses, semanas u horas.

La planeación de operaciones pretende lograr varios objetivos en conflicto: un alto nivel de eficiencia, inventarios bajos y un buen servicio al cliente. La eficiencia se consigue por medio de un programa que mantenga una alta utilización de la mano de obra, del

equipamiento y del espacio. Desde luego que el programa también debe tratar de mantener bajos inventarios; por desgracia, ello puede conducir a una baja eficiencia debido a una falta de materiales disponibles o a grandes cantidades de tiempo para la preparación de las máquinas; por lo tanto, en el corto plazo, se requiere una **negociación entre ventajas y desventajas** al programar entre la eficiencia y los niveles de inventarios. Sin embargo, en el largo plazo, la eficiencia puede aumentarse, el servicio al cliente puede mejorarse y el inventario puede reducirse simultáneamente modificando el proceso de producción mismo a través de una reducción en el tiempo del ciclo y diversos esfuerzos para el mejoramiento de la calidad; así, la programación de operaciones es, sobre todo, una actividad a corto plazo que implica negociaciones entre objetivos en conflicto.

Dada la existencia de objetivos en conflicto, todos en la empresa se interesan en la programación de operaciones. El marketing debe asegurarse de que los clientes principales se programen primero. Si los vendedores son remunerados con base en los dólares vendidos, pretenderán que los pedidos grandes se embarquen a tiempo. Finanzas y contabilidad desean asegurarse de que el programa sea eficiente en cuanto a costos y que haga el mejor uso de los recursos disponibles. El área de operaciones se encuentra con frecuencia en la intersección de un problema interfuncional de programación de operaciones que requiere de una coordinación entre todas las funciones de la organización.

No es posible analizar como un solo tema la programación de todo tipo de operaciones; para destacar las diferencias, la programación de operaciones puede clasificarse por el tipo de proceso: en línea, en lotes y por proyecto. Este capítulo expone la programación de operaciones en lotes tanto para actividades de manufactura como de servicios. El siguiente capítulo explicará la programación de operaciones para proyectos.

13.1 PROGRAMACIÓN DE LOTES

En la programación de operaciones en lotes, gran parte de la terminología (*taller*, *trabajo*, *centro de trabajo*) proviene de los talleres tradicionales de trabajo para la manufactura; sin embargo, los conceptos se aplican por igual a las operaciones en lotes de todo tipo, incluyendo las fábricas, los hospitales, las oficinas y las escuelas. En las operaciones de servicios, el término *trabajo* puede reemplazarse por *cliente*, *paciente*, *documento procesado*, o cualquier cosa que fluya a través del proceso en lugar de los materiales o los trabajos. Además, el término *centro de trabajo* puede sustituirse por *cubículo*, *oficinas*, *instalaciones*, *sala de especialidad*, o cualquier cosa que sean los centros de procesamiento. De esta manera, los conceptos pueden generalizarse a todos los tipos de operaciones.

Algunos ejemplos de programación de lotes podrían ser de utilidad. En un taller de trabajos, un lote corresponde a lo que ordena el cliente y puede incluir una o varias partes o elementos. Cada lote o trabajo se programa mediante las diversas máquinas y centros de trabajo de acuerdo con el equipo y la mano de obra necesarios para procesarlo. En la universidad, los estudiantes se programan en lotes y el tamaño del lote es igual al número de alumnos en una clase. El problema de la programación en lotes consiste en la asignación de materias a los salones de clase y a los profesores. En una firma de consultoría, el tamaño del lote es, por lo general, de uno, ya que cada cliente es atendido de manera individual. Pero cada cliente puede requerir diferentes recursos (especialistas) de la empresa de consultoría.

La **programación por lotes** es un problema administrativo muy complejo. Primero, cada lote que fluye a través de un proceso de lotes se desplaza casi siempre a lo largo de puntos de inicio y de detención, y no en una forma uniforme. Este flujo irregular se debe a la distribución física del proceso de los lotes en los centros de trabajo, ya sea por grupo de máquinas o por habilidades requeridas para operar los centros de trabajo. Como resultado, los trabajos o los clientes esperan en cola a medida que cada lote se transfiere de un centro de trabajo al siguiente. El inventario de producción en proceso (WIP, *work-in-process*) aumenta, o las personas esperan en colas, y la programación se vuelve compleja y difícil.

El problema de programación por lotes puede concebirse como una **red de colas**. Se forma una cola en el inventario de producción en proceso de cada centro de trabajo a medi-

da que los trabajos esperan hasta que las instalaciones estén disponibles. Estas colas están interconectadas a través de una red de flujos de materiales o de clientes. El problema en la programación de procesos por lotes es cómo administrar estas colas.

Como se hizo notar en el capítulo 4, una de las características de una operación por lotes es que los trabajos o los clientes pasan la mayor parte de su tiempo esperando en cola. Desde luego, la cantidad de tiempo que se deba esperar variará con la carga que exista sobre el proceso. Si éste está altamente cargado, un trabajo puede pasar hasta 95% de su tiempo total de producción en espera. En estas circunstancias, si se necesita una semana para procesar una orden, se requerirán 20 en promedio para entregarla al cliente; no obstante, si el proceso está poco cargado, el tiempo de espera se reducirá, ya que todos los trabajos fluirán por medio del proceso con mayor rapidez. Indistintamente de la carga que haya sobre el proceso, el desafío estriba en desarrollar procedimientos de programación de operaciones que administren de un modo eficiente el flujo de los trabajos, los clientes y las actividades.

En la manufactura, la programación de los procesos en lotes se relaciona estrechamente con los sistemas de planeación de las necesidades de materiales (MRP, *materials requirements planning*), los cuales se exponen en el capítulo 16. Ya que la planeación de las necesidades de materiales trata con una variedad de temas —inventarios, programación de operaciones y control de manufactura—, la exposición de este tema se hará en un momento posterior; sin embargo, gran parte del material que se expone en este capítulo puede considerarse como un componente de un sistema de planeación de las necesidades de materiales, además de las más amplias aplicaciones de la programación de operaciones y las industrias de servicios.

Empezamos este capítulo con una exposición de las gráficas de Gantt, una forma muy sencilla de programación. Posteriormente, la ampliamos a ambientes más complejos y realistas explicando la programación de capacidad finita y la teoría de las restricciones. El capítulo concluye con una exposición de las reglas del despacho y algunos ejemplos de los sistemas de programación que se usan en la práctica real.

13.2 GRÁFICAS DE GANTT

Uno de los métodos de programación más antiguos, las **gráficas de Gantt**, lo propuso Henry L. Gantt en 1917. Aunque hay muchas variaciones de las gráficas de Gantt, en este capítulo restringiremos su utilización al problema de programación de las instalaciones por lotes.

Una gráfica de Gantt es una tabla en la que el tiempo se coloca a lo largo de la parte superior y un recurso escaso, como las máquinas, las personas o las horas-máquina, se coloca en la parte lateral. En el ejemplo que se muestra más abajo, supondremos que las máquinas son el recurso escaso que debe programarse.

Las gráficas de Gantt pueden ilustrarse mejor a través de un ejemplo.

Ejemplo

Suponga que se tiene un taller muy sencillo con tres centros de trabajo (A, B, C) el cual consiste de una máquina cada uno y cinco trabajos (1, 2, 3, 4, 5) que deben programarse. En la figura 13.1 se muestra el tiempo de procesamiento de cada trabajo en cada centro de actividades junto con una secuencia de los trabajos a través de los centros de actividades; por ejemplo: el trabajo 2 se procesa en el centro de trabajo C durante seis horas seguidas de cuatro horas en el centro de trabajo A. Esto se denota como C/6, A/4 en la figura 13.1.

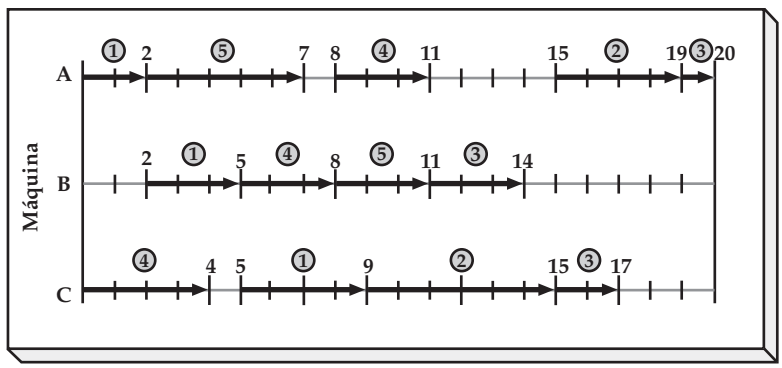
Los trabajos se programaron hacia adelante del tiempo dentro de la capacidad finita de una máquina de cada tipo (A, B, y C). También, se supone, en forma arbitraria, que los trabajos deben programarse en la secuencia 1, 4, 5, 2, 3.

La gráfica de Gantt que resulta de estos supuestos se muestra en la figura 13.2. Esta gráfica se construye al programar primero el trabajo 1 en las tres máquinas. El trabajo 1 empieza en la máquina A y requiere de dos horas; luego, se coloca en la máquina B durante tres horas (tiempo 2 a tiempo 5); finalmente, se procesa en la máquina C durante cuatro horas (tiempo 5 a tiempo 9). No hay tiempo de espera para el primer trabajo programado, puesto que no puede haber interferencia de trabajos o es-

FIGURA 13.1
Datos de los trabajos para la programación.

Trabajo	Centro de trabajo/ horas máquina	Fecha de terminación
1	A/2, B/3, C/4	3
2	C/6, A/4	2
3	B/3, C/2, A/1	4
4	C/4, B/3, A/3	4
5	A/5, B/3	2

FIGURA 13.2
Gráfica de Gantt. Los trabajos se secuenciaron en el orden 1, 4, 5, 2, 3.



Máquina	Máquina inactiva (horas)
A	5
B	8
C	4
	17

Intervalo de fabricación = 20 horas

Trabajo	Tiempo de espera de trabajo (horas)	Tiempo para la entrega (horas)
1	0	9
2	9	19
3	14	20
4	1	11
5	3	11

peras. A continuación, de acuerdo con la secuencia supuesta, el trabajo 4 se programa en la gráfica de Gantt para las máquinas C, B, y posteriormente A. El trabajo 4 puede iniciar de inmediato en la máquina C, ya que dicha máquina está abierta hasta el tiempo 5 y sólo se necesita durante cuatro horas. Después de un tiempo de espera de una hora, el trabajo 4 puede comenzar en la máquina B. El trabajo 4 puede programarse finalmente en la máquina A desde el tiempo 8 hasta el 11. A continuación, el trabajo 5 se programa en la gráfica de Gantt. El trabajo 5 se procesa en la máquina A primero, pero la máquina A ya está programada hasta el tiempo 2; por lo tanto, el trabajo 5 empieza en el tiempo 2 y se completa en el tiempo 7. Después de la terminación en la máquina A, el trabajo 5 se desplaza a la máquina B, la cual está ocupada hasta el tiempo 8. Entonces, el trabajo 5 se programa desde el tiempo 8 hasta el 11 en la máquina B. Este proceso de programación continúa hasta que todos los trabajos son colocados en la gráfica de Gantt.

Después de construir una gráfica de Gantt, debe evaluarse respecto al desempeño del trabajo al igual que el de la máquina. Una forma de evaluar el desempeño de la máquina es con base en el tiempo demandado para completar todo el trabajo, el intervalo de fabricación. En la figura 13.2, el **intervalo de fabricación** es de 20 horas, ya que se necesitan 20 horas para completar los cinco trabajos.

Otra medida del desempeño de la gráfica de Gantt es la **utilización de máquina** la cual puede medirse en la figura 13.2 añadiendo el tiempo inactivo para cada máquina (5 + 8 + 4 = 17) y calculando el porcentaje de utilización o el porcentaje inactivo. El porcentaje del

tiempo inactivo es de 17/60 = 28.3%, y el porcentaje de utilización es de 43/60 = 71.7 %. Observe que la utilización se asocia estrechamente con el intervalo de fabricación. En los cinco trabajos, se requiere un total de 43 horas de procesamiento —simplemente añada los tiempos de las máquinas para todos los trabajos en la figura 13.1—. Las 43 horas de procesamiento es una constante indistintamente del programa que se aplique. Observe, asimismo, que el tiempo inactivo = 3(intervalo de fabricación) − 43; por lo tanto, la minimización del intervalo de fabricación también minimizará el tiempo inactivo de la máquina.

Una medida del desempeño del trabajo es la suma de los tiempos de entrega para cada trabajo. La minimización de esta medida, además, sería equivalente a la minimización del tiempo total de espera del trabajo ya que los dos tiempos son complementarios. En la figura 13.2, los tiempos de entrega y los de espera de los trabajos se enlistan para cada trabajo. Estas cifras se obtuvieron de modo directo de la gráfica de Gantt. Desde luego, el tiempo de entrega y los tiempos de espera dependerán, en gran parte, de la secuencia de trabajos que se maneje. Puesto que el trabajo 1 se programó primero, no tiene tiempo de espera y se completa tan pronto como es posible, en forma anticipada a la fecha de terminación. Los trabajos 2 y 3, los cuales se programaron al final, poseen un tiempo de espera considerable.

En general, los tiempos de espera de los trabajos y de la utilización de máquina dependen en gran parte de la secuencia de los trabajos programados. En este caso, tenemos cinco trabajos que debemos programar y 5! (5 factorial) = 120 secuencias posibles de trabajos. Si fuéramos a construir 120 gráficas de Gantt, una para cada secuencia posible, podríamos determinar la secuencia de los trabajos con el intervalo de fabricación mínimo o aquel que tenga el tiempo total de espera mínimo de los trabajos. Por lo común, para n trabajos habrá $n!$ secuencias posibles a evaluar si deseamos encontrar la secuencia óptima mediante una enumeración total de todas las posibilidades. Desde luego, en las situaciones prácticas en las cuales puede haber varios cientos de trabajos o más, la enumeración total es imposible incluso con las computadoras más rápidas.

Programas de operaciones visibles. Un buen programa de operaciones debe ponerse a la vista de todos los empleados.

En la literatura de la materia, se otorga una gran cantidad de atención a los algoritmos para una secuenciación óptima de los trabajos, la cual trata de hallar una solución óptima sin la enumeración de todas las secuencias posibles de los trabajos. Por lo regular, estos algoritmos optimizan una o más medidas del desempeño del programa, como el intervalo de fabricación; no obstante, emplean un conjunto de supuestos altamente restrictivos, como los tiempos constantes de procesamiento, la no aceptación de trabajos y la no división de los trabajos. Un problema particular se denomina como **problema de programación de las máquinas** $m \times n$, donde m es el número de máquinas y n es el número de trabajos. Para exponer la naturaleza de la investigación realizada sobre este problema, se revisará un caso sencillo.

El problema de programación de máquinas $m \times n$ fue resuelto para $m = 1, 2, 3$ y para valores arbitrarios de n. No se desarrollaron algoritmos eficientes y óptimos para $m > 3$ debido al extremadamente alto número de secuencias posibles; pese a ello, se dispone de situaciones heurísticas bastante eficaces que parecen desarrollar soluciones óptimas para cualquier valor de m y n.[1]

Aunque estas reglas de secuenciación óptima tienen una gran cantidad de interés teórico, no se aplican mucho en la práctica. Éste es el caso porque los problemas reales de se-

[1] Ver Campbell, Dudek y Smith (1970) y Schniederjans y Carpenter (1996).

cuenciación implican una gran cantidad de variabilidad en los tiempos de procesamiento, en objetivos múltiples y otros factores complicados; sin embargo, las reglas son de utilidad para obtener indicios informativos de los problemas de programación y para indicar enfoques que pudieran ser de valor en la práctica. Algunos de estos servicios se revisan con detalle más adelante.

En resumen, pueden obtenerse las siguientes conclusiones acerca de la programación por lotes a partir de una programación con las gráficas de Gantt.

1. El desempeño de la programación (intervalo de fabricación, tiempos de espera de los trabajos, tiempos de entrega de los trabajos, utilización de máquina y nivel del inventario) depende en gran medida de la secuencia (qué trabajo se programó como primero, segundo, tercero, etcétera).
2. El tiempo de espera de un trabajo depende de la interferencia del trabajo que se encuentre en el programa y de la capacidad disponible de las máquinas.
3. La obtención del programa óptimo requiere de cálculos intensos y no puede hacerse en el caso de aplicaciones con un tamaño práctico; no obstante, se dispone de procedimientos heurísticos eficaces que, en la mayoría de los casos, se aproximan mucho al programa óptimo.

Los métodos de programación por lotes tienen muchas aplicaciones tanto en la manufactura como en las industrias servicios. Un ejemplo de servicio es la programación de los pacientes de un hospital. Éstos fluyen a través del hospital y requieren los servicios de recursos múltiples (humanos y equipamiento). En una unidad de tratamiento del cáncer, por ejemplo, el tiempo de espera para las citas de tratamientos radiológicos se redujo de 40 a 16 días a pesar de un aumento de 14% en la carga de trabajo. El nuevo sistema de programación de operaciones le permitía al personal de radiología programar todos los tratamientos secuenciales, las visitas para pretratamientos y otras visitas relacionadas. Ello, además, significaba que los pacientes podían ver la totalidad de su plan de tratamiento desde el principio.[2]

13.3 PROGRAMACIÓN DE UNA CAPACIDAD FINITA

La **programación de la capacidad finita** (FCS, *finite capacity scheduling*) es una extensión del razonamiento de las gráficas de Gantt. Con el advenimiento de las computadoras modernas, la programación de la capacidad finita mejoró mucho y, en la actualidad, se dispone de programas de cómputo sofisticados para lograr este tipo de programación. Se describirá la naturaleza de la programación de la capacidad finita y, luego, se proporcionará un ejemplo de cómo se construye tal planeación.

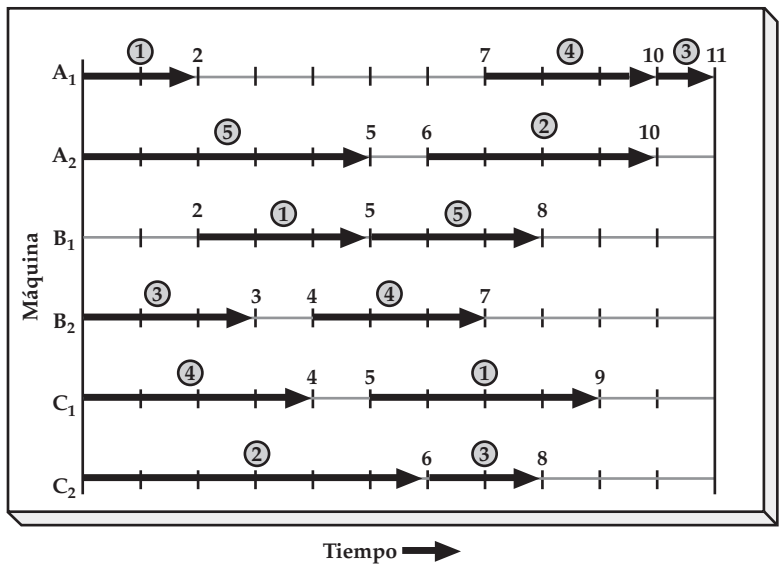
La programación de la capacidad finita supone que los trabajos se programan a través de un número de centros de trabajo, cada uno con una o más máquinas. Asimismo, se estima que los trabajos pueden intercambiarse entre sí o que puede modificarse su orden a medida que son procesados, dependiendo de su prioridad. Además, un trabajo puede dividirse en dos o más partes si ello facilita la programación; por ejemplo: si un trabajo radica en la elaboración de 100 partes, podría dividirse en dos lotes de 50 partes cada uno si ello ayudase a la programación. También, puede disponerse de rutas opcionales de un trabajo por medio de los centros de trabajo. En la programación de la capacidad finita, se presta atención a los recursos escasos para facilitar el flujo del trabajo y para mejorar el desempeño del taller.

Ejemplo

Tomaremos un ejemplo sencillo con propósitos de ilustración. Suponga la misma situación que en la figura 13.1 que se usó para las gráficas de Gantt, excepto que ahora hay dos máquinas de cada tipo en cada centro de trabajo. En otras palabras, habrá dos máquinas de tipo A, dos de tipo B y dos de tipo C.

[2] Huber (2004).

FIGURA 13.3
Gráficas de Gantt para un centro de trabajo (los trabajos se han secuenciado en el orden 1, 4, 5, 2, 3).



Centro de máquina inactivo (h)	
A	7
B	10
C	6
	23

Intervalo de fabricación = 11 horas

Trabajo	Tiempo de espera del trabajo (h)	Tiempo de entrega (h)
1	0	9
2	0	10
3	5	11
4	0	10
5	0	8

Ahora, puede construirse una gráfica de Gantt con esta nueva información, como se presenta en la figura 13.3. En esta figura, las dos máquinas de tipo A son etiquetadas como A_1 y A_2 y, asimismo, se muestran dos máquinas de tipo B y de tipo C. Se emplea la misma secuencia de programación que antes, con los trabajos programados en el orden 1, 4, 5, 2, 3. Observe que las gráficas de Gantt no cambian para el trabajo 1, ya que éste se programó con anterioridad sin interferencia y sin tiempo de espera para el trabajo. El siguiente trabajo programado, el 4, se ve afectado sólo ligeramente por la máquina adicional añadida a cada centro de trabajo; sin embargo, anteriormente, el trabajo 5 no podía empezar de inmediato porque la máquina A ya estaba programada. Ahora que tenemos dos máquinas, el trabajo 5 se programa en la máquina A_2. Asimismo, el trabajo 5 ya no requiere esperar para la máquina B, puesto que el trabajo 4 se ha programado en la segunda máquina de tipo B. A continuación, se programa el trabajo 2, el cual se beneficia sustancialmente de la adición de una segunda máquina de tipo C; puede programarse para iniciar de inmediato. También, el trabajo 3 puede empezar más pronto que antes.

Dicho aumento de capacidad mejora sustancialmente las fechas de terminación de los trabajos y reduce sus tiempos de espera. El intervalo de fabricación es ahora de 11 en lugar de 20, como antes. Pero no estamos interesados sólo en demostrar la reducción del tiempo de espera a partir de un incremento en la capacidad. Se desea mostrar el efecto del cuello de botella de los centros de trabajo sobre la programación de los trabajos. La definición formal de un **cuello de botella** es un centro de trabajo cuya capacidad es inferior a la demanda puesta sobre él y a las capacidades de todos los demás recursos. Un recurso sujeto a un cuello de botella restringirá la capacidad de todo el taller, y la adición de una hora a un cuello de botella añadirá una hora de capacidad a toda la fábrica. El aumento de una hora a una situación sin un cuello de botella no ayudará al programa en nada, ya que, en ese caso, existe un exceso de capacidad. Esta definición de un cuello de botella es consistente con la que se proporciona en el capítulo 6, donde hicimos notar que la capacidad de todo el sistema se determina por el mínimo de las capacidades de todos los recursos.

En el ejemplo de la figura 13.3, el centro de trabajo C es un cuello de botella desde el tiempo 3 hasta el 6 puesto que entonces está totalmente utilizado y el trabajo 3 espera ser procesado.[3] La demanda excede a la capacidad, y ningún otro centro de trabajo ofrece una restricción en ese tiempo. El centro de trabajo A es un cuello de botella desde el tiempo 8 hasta el 10 por razones similares. Es importante destacar que el cuello de botella no es constante: cambia de un centro de trabajo a otro.

La teoría de las restricciones, la cual se describe a continuación, argumenta que la programación de operaciones puede mejorarse añadiendo capacidad a un centro de trabajo sujeto a un cuello de botella. Si esto se hiciera en el ejemplo de la figura 13.3, el intervalo de fabricación podría reducirse aún más desde 11 hasta 10 horas. A pesar de ello, 10 horas es el intervalo de fabricación mínimo porque el trabajo 2 tiene 10 horas de tiempo de procesamiento. La capacidad puede agregarse de muchas maneras: añadiendo tiempo de máquina, reduciendo el tiempo de preparación de las máquinas, incluyendo tiempo extra y subcontratando, para nombrar sólo algunas. Un importante principio en la programación de operaciones es encontrar los cuellos de botella y trabajar para eliminarlos mediante el mejoramiento del flujo a través de los recursos sujetos a un cuello de botella. La planeación de la capacidad finita puede usarse para identificar los cuellos de botella en cualquier punto en el tiempo.

13.4 TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES

En su libro *La meta*, Eliyahu Goldratt argumenta que la única meta de las operaciones en el ambiente de una fábrica es ganar dinero. Si una planta no lo obtiene para la compañía, ésta dejará de existir. De acuerdo con Goldratt, con frecuencia, otras medidas de las operaciones, como el mejoramiento en la productividad, la reducción de los costos, la utilización de la mano de obra directa, los tiempos de entrega y la calidad son mal encaminados y de importancia secundaria para la meta de ganar dinero.

Asimismo, Goldratt argumenta que el hecho de ingresar dinero puede dividirse en tres cantidades mensurables: el ***throughput***, el **inventario** y los **gastos operativos**. El autor define estos términos de una manera poco común. El *throughput* se puntualiza como las ventas de las plantas menos el costo de la materia prima usada para producir esas ventas. No basta con elaborar un producto, debe venderse al cliente para ganar dinero; por lo tanto, si el área de operaciones tiene un exceso de capacidad, su tarea es ayudar al departamento de ventas a incrementar las ventas (y, en consecuencia, el *throughput*) haciendo lo que pueda para contribuir a satisfacer las necesidades del cliente. En contraste, si la planta opera a toda su capacidad, debe impulsar más rápido las órdenes a través de la planta para incrementar el *throughput*; ello se consigue al identificar las operaciones sujetas a un cuello de botella en la planta y al aumentar la capacidad de dichos cuellos, a menudo sin tener que comprar más equipos sino por medio de una programación más creativa, horas extra en el trabajo o mejores políticas para la fuerza de trabajo y demás medidas de la misma índole. Goldratt llama a esto **teoría de las restricciones** (TOC, *theory of constraints*) ya que la restricción más importante, ya sea las ventas o el cuello de botella de producción, se remedia con el fin de acrecentar el *throughput*.

Además del *throughput*, la planta debe reducir el inventario para ganar dinero. Goldratt precisa al *inventario* únicamente como el valor en materia prima de cualesquiera bienes que se lleven en el inventario, lo que es una definición poco convencional. Él coloca a la totalidad de la mano de obra y a los gastos indirectos en la categoría de gastos operativos y no en el inventario. Los *gastos operativos* son, entonces, el costo de convertir la materia prima en *throughput*. Su lógica es que los costos verdaderos se distorsionan al poner la mano de obra y los gastos indirectos en el inventario sobre la base de que el inventario se venderá, cuando, de hecho, la compañía no gana dinero alguno sino hasta que el inventario en realidad se vende.

[3] En este ejemplo suponemos que el trabajo 3 no puede dividirse en dos o más lotes para su procesamiento.

La teoría de las restricciones de Goldratt posee muchas implicaciones en la programación de operaciones. Primero, el cuello de botella es el recurso fundamental y la restricción que deberá programarse para lograr una producción máxima. Como ya se mencionó, cada hora de capacidad que se gana en un cuello de botella es una hora ganada para la totalidad de la planta. Todos los recursos que no tienen cuellos de botella deben programarse para garantizar que al cuello de botella no se le prive de materiales y pueda mantenerse ocupado procesando las órdenes necesarias para la venta. También, debe formarse una cola enfrente del recurso sujeto a un cuello de botella para asegurarse de que permanezca ocupado. Los recursos que no están sujetos a un cuello de botella no requieren operar a la capacidad total siempre y cuando procesen una cantidad suficiente para conservar ocupado al cuello de botella; por lo tanto, algunos de los centros de trabajo no sujetos a cuellos de botella pueden tener tiempo inactivo en su programa de operaciones. Los recursos no sujetos a un cuello de botella no deben producir inventario precisamente para incrementar la utilización de los recursos. Deben estar inactivos cuando su capacidad no es necesaria para abastecer al cuello de botella.

Pueden llevarse a cabo muchos pasos respecto de un recurso sujeto a un cuello de botella para incrementar la capacidad. Dichos pasos incluyen una reducción del tiempo de preparación de las máquinas de modo que el centro de trabajo pueda cambiar con rapidez de un trabajo al siguiente. Otro paso consiste en asegurarse de que el recurso sujeto a un cuello de botella se emplee 24 horas al día y no se cierre durante los descansos, la hora de la comida o incluso durante los mantenimientos que puedan diferirse. Si ello es posible, deben añadirse recursos a un centro de trabajo sujeto a un cuello de botella a través de mano de obra y máquinas adicionales sobre una base temporal. Cuando esto se hace, la operación progresará hacia la meta de ganar dinero.

Algunos ejemplos pueden ser de utilidad: una imprenta, restringida por el número de prensas que tenía disponibles para la impresión de los trabajos, consiguió hacer un uso más eficiente de sus prensas encauzando los trabajos a diferentes tipos de prensas de una manera que se maximizara la producción total. Ello aumentó la capacidad del taller en relación con la demanda que recibía. Una compañía que elaboraba tubos de plástico estaba limitada por su capacidad para cortar los tubos de acuerdo con las longitudes requeridas. Puso en servicio una máquina antigua e ineficiente que eliminó el cuello de botella e incrementó la capacidad y las utilidades en forma considerable. La empresa ganó más dinero aun cuando la eficiencia se redujo en el departamento de cortes.

Los ejemplos ilustran la falacia de la contabilidad de costos tradicional basada en los costos estándar y en las variaciones de costos. Aunque la variación en costos del centro de trabajo de cortes del ejemplo anterior se amplió debido a la utilización de una máquina ineficiente, la organización obtuvo más ganancias. La contabilidad de costos tradicional intenta maximizar el empleo de todos los recursos y centros de trabajo incluso cuando generan un inventario que no se necesita y aun si los centros de trabajo no están sujetos a cuellos de botella. La teoría de las restricciones argumenta que la capacidad de un cuello de botella deberá mejorarse para alcanzar la meta de ganar dinero y que los recursos no sujetos a un cuello de botella pueden permanecer inactivos una parte del tiempo, siempre y cuando no restrinjan al cuello de botella. La maximización de la eficiencia de cada recurso, o la reducción de sus variaciones en costos estándar a cero, no generan más dinero para la compañía.

Por lo tanto, el asunto se reduce a analizar la mejor forma de reducir el cuello de botella, o las restricciones sobre el sistema, para acrecentar el *throughput* más que los incrementos asociados en inventario sobre gastos operativos.

- ¿Puede añadirse más capacidad, incluso si es menos eficiente o si se usa un equipo anticuado o un tiempo extra costoso o si se subcontrata a un proveedor?
- ¿Es posible desviar el trabajo que no requiere pasar a través del cuello de botella a otro recurso no sujeto a un cuello de botella?
- ¿Es factible evitar que el trabajo llegue al cuello de botella que tiene una calidad deficiente y que posteriormente será eliminado?

El departamento de policía de Odessa, Texas, utilizó la teoría de las restricciones para mejorar el proceso de contratación.

- ¿Es viable incrementar la tasa de producción del cuello de botella mediante la corrida de lotes más grandes o por medio de la reducción del tiempo de preparación de las máquinas?

La teoría de las restricciones tuvo un impacto inmenso en la filosofía de la programación de operaciones, en el diseño de programas de cómputo y en la práctica. Los programas de cómputo modernos que usan una programación de la capacidad finita pueden identificar cuellos de botella y hacer posible la configuración de programas de operaciones que logren la meta de conseguir más ganancias.

Asimismo, la teoría de las restricciones puede aplicarse a las operaciones de servicios. El departamento de policía de Odessa, Texas, utilizó la teoría de las restricciones para mejorar su proceso de contratación de nuevos funcionarios de policía.[4] El proceso constaba de ocho pasos: solicitud, examen escrito, investigación de antecedentes, entrevista oral, examen del polígrafo, examen médico, examen psicológico e investigación sobre el consumo de drogas. La totalidad del proceso de contratación requería 117 días desde la solicitud inicial del empleo hasta la contratación exitosa de un candidato. A pesar de que la mayoría de estos pasos se completaban en algunos días, la investigación de los antecedentes demandaba 104 días y se convertía en la restricción principal o cuello de botella del proceso. De los 60 solicitantes que se presentaban cada año, sólo 10 podrían completar la totalidad del proceso y eran contratados. Debido al prolongado tiempo de espera, muchos de los solicitantes se decepcionaban y optaban por buscar trabajo en otra parte. En consecuencia, el departamento de policía de Odessa tenía un faltante de funcionarios de policía capacitados.

Para remediar el cuello de botella, se decidió dividir la investigación de los antecedentes en dos partes: una verificación inicial de antecedentes superficial seguida de una verificación completa. La verificación inicial podría hacerse en un día y eliminaría de inmediato a algunos solicitantes. La verificación completa de los antecedentes se efectuaría sólo después de que un solicitante hubiera superado la mayoría de los pasos, ahorrando, de este modo, capacidad para aquellos que hubieran casi calificado. Como resultado, se necesitaron sólo tres días de procesamiento para completar la totalidad de la verificación de antecedentes y la mayor parte de los 114 días era un tiempo de espera. Así, con la reducción del cuello de botella, el tiempo total de procesamiento se redujo de 117 a 16 días y el rendimiento del proceso mejoró para proporcionar los muy necesarios 20 funcionarios por año en lugar de los 10 sin sacrificar la calidad en los nuevos reclutas.

13.5 REGLAS DE PRIORIDAD EN EL DESPACHO

El **despacho** se usa para decidir acerca de la prioridad de los trabajos en cualquier centro de trabajo en particular. Por lo común, un trabajo no se programa a través de todo el taller con base en una sola prioridad. En el ejemplo de las secciones 13.2 y 13.3, el trabajo 1 se programaba siempre primero en cada centro de trabajo. La **prioridad** de un trabajo cambiará de un centro de trabajo al siguiente al depender de las reglas específicas de despacho elegidas. En la planeación de la capacidad finita, la regla de despacho se emplea para seleccionar aquel trabajo en especial que deberá programarse como el siguiente en un centro de trabajo cuando más de un trabajo espera en cola para procesarse.

En la práctica, los programas de operaciones resultan complicados de mantener, si no es que imposibles, porque las condiciones se modifican con frecuencia: una máquina se

[4] Taylor *et al.* (2003).

descompone, un operador calificado se enferma, los materiales no llegan a tiempo, etc. En consecuencia, el programa de operaciones debe ajustarse en tiempo real para determinar qué trabajo será el siguiente en procesarse. No puede elaborarse un nuevo programa de operaciones cada vez que hay un cambio; más bien, durante la ejecución del mismo, se ajusta el programa en tiempo real a través de las reglas de despacho.

Una **regla de despacho** especifica qué trabajo deberá seleccionarse como el siguiente para procesarse entre una cola de trabajos, ya sea durante la programación o durante el procesamiento en tiempo real. Cuando una máquina o un trabajador queda disponible, se aplica la regla del despacho y se selecciona el siguiente trabajo; por lo tanto, una regla de despacho es de carácter dinámico y establece de modo continuo la prioridad sobre la base de condiciones cambiantes.

En la práctica, se aplican diversos tipos de reglas de prioridad. En el caso de los servicios, es común emplear la regla de **quien llega primero, se atiende primero** (FCFS, *first come, first served*). Esto se vincula con la equidad ya que las personas esperan en fila; sin embargo, en una planta de manufactura, esta regla no se usa porque entraña un desempeño deficiente en cuanto al cumplimiento de las fechas de terminación, la minimización del intervalo de fabricación o la obtención de ganancias.

En el caso de la manufactura, por lo regular, se utilizan dos tipos de reglas:

1. **Razón crítica** (CR, *critical ratio*). La razón crítica se calcula como sigue:

$$\text{CR} = \frac{\text{tiempo restante hasta la fecha de entrega}}{\text{tiempo de procesamiento restante}}$$

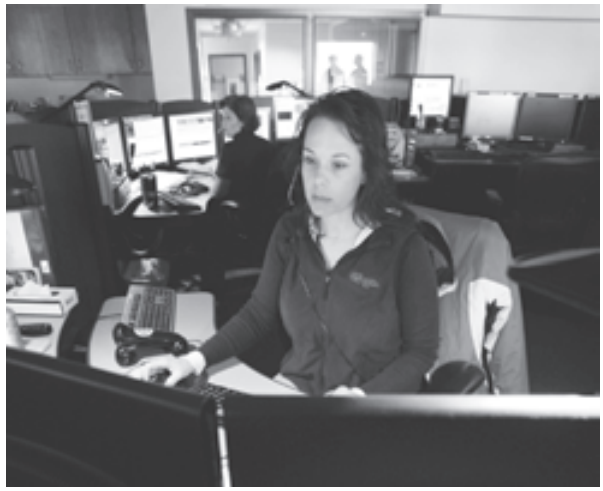
   El trabajo que tenga la menor razón crítica se programa primero, el trabajo que posea la razón crítica con el siguiente valor más pequeño se programa a continuación y así sucesivamente. Esta regla calcula la razón del tiempo de la demanda al tiempo de la oferta. Cuando la razón excede de un valor de 1, existe un tiempo disponible suficiente para completar el trabajo si los tiempos de espera se manejan en forma adecuada. Si la razón es inferior a 1, el trabajo se atrasará a menos que se compriman los tiempos de procesamiento. La regla de la razón crítica tiene un significado preciso; por ejemplo: una razón de 2 significa que existe el doble de tiempo restante que el tiempo de procesamiento.
2. **Tiempo de procesamiento más corto** (SPT, *shortest processing time*). Para esta regla, se selecciona el trabajo que posea el tiempo de procesamiento más corto en la máquina (o recurso). La regla se basa en la idea de que, cuando un trabajo se termina rápidamente debido a su corto tiempo de procesamiento, otras máquinas recibirán trabajo en forma descendente, lo que da como resultado una alta tasa de flujo y utilización.

Aunque la regla del tiempo de procesamiento más corto es muy eficaz para lograr la eficiencia y un alto *throughput*, es deficiente para el cumplimiento de las fechas de terminación, sobre todo porque tales fechas no se consideran en su cálculo; no obstante, las fechas de terminación son muy importantes en la práctica. Ello es comprensible debido al énfasis que se ha colocado en el desempeño del programa de operaciones respecto de las promesas hechas a los clientes. La razón crítica hace un trabajo mucho mejor para la satisfacción de las fechas de terminación ya que las considera de manera explícita que su cálculo.

La utilización de la regla de prioridad en el despacho o en la programación de trabajos ilustra un principio muy importante: *El tiempo de espera es lo que usted dice que es*. Si a un trabajo se le da una fecha de terminación rigurosa, tal vez sólo un poco más grande que el tiempo total de procesamiento, una regla tal como la razón crítica acelerará el trabajo a través del taller debido a la alta prioridad. Desde luego, una cantidad excesiva de dichos trabajos de alta prioridad arruinará el sistema. Al aplicar esta regla, si se promete un tiempo de espera muy prolongado, se tomará la totalidad del tiempo ya que el trabajo tendrá una prioridad relativamente baja. Con las reglas de despacho, el tiempo de espera puede expandirse o contraerse con base en un factor elevado.

Algunas personas se sorprenden de que los tiempos de espera puedan administrarse. El punto de vista común es que el tiempo de espera es un fenómeno relativamente fijo o es-

Esta operadora determina las prioridades del trabajo que se realizan.



tadístico. Hay poca comprensión en el sentido de que el tiempo de espera sea una función tanto de la prioridad como de la capacidad. Si una operación produce a un nivel cercano a su capacidad, los tiempos de espera promedio se ampliarán. Aun cuando el promedio del tiempo de espera sea prolongado, un trabajo individual puede tener una entrega corta si su prioridad es lo suficientemente alta; por lo tanto, el tiempo de espera es una función de las decisiones tanto de capacidad como de prioridad.

En resumen, las reglas de despacho se emplean para establecer la prioridad de un trabajo durante la programación y en tiempo real durante el procesamiento. La prioridad de un trabajo puede modificarse dinámicamente a medida que se procesa en la fábrica. El tiempo de espera es una función tanto de la prioridad como de la capacidad.

13.6 SISTEMAS DE PLANEACIÓN Y CONTROL

Como lo ha dicho un anuncio popular de televisión: *El sistema es la solución*. Este principio se aplica a la programación de operaciones, en donde se requiere un sistema de planeación y de control que no sólo facilite el desarrollo de programas eficaces (planeación), sino que garantice que éstos se implanten y corrijan a medida que ello se requiera (control). De ordinario, tales sistemas de programación incorporan algunos de los métodos que se describieron anteriormente; pero, sin el sistema, los métodos no sirven de nada.

Todo sistema de programación de operaciones debe responder algunas preguntas:

1. **¿Qué fecha de entrega prometo?** La fecha de entrega prometida debe basarse en consideraciones tanto de marketing como de operaciones, lo cual incluye la capacidad disponible, los requisitos del trabajo por parte del cliente y la eficiencia de las operaciones. Hemos visto la manera en la que puede derivarse la fecha prometida para las operaciones de procesos por lotes a través de la programación de las gráficas de Gantt o de la programación de la capacidad finita; pero el marketing debe alimentar las prioridades apropiadas de los clientes y fechas de entrega realistas dentro del proceso de la programación de operaciones. Finanzas necesita aportar el capital necesario a tiempo o se tendrán programas indebidamente restringidos. Todas las funciones requieren trabajar en forma conjunta en el mejor de los intereses de los clientes y en favor del renglón de utilidades netas de la empresa.
2. **¿Dónde está el cuello de botella?** La capacidad de la planta estará limitada por el cuello de botella de un centro de trabajo; por lo tanto, el método de programación debe encontrar el cuello de botella y, posteriormente, trabajar para eliminarlo. El cuello de botella puede hallarse si se utiliza la programación de la capacidad finita y, luego, puede eliminarse añadiendo más capacidad en el cuello de botella con enfoques como la reducción del tiempo de preparación de las máquinas, la adición de equipos y de horas extras, las desviaciones del trabajo en torno del cuello de botella, las subcontrataciones y agregando turnos de trabajo en el cuello de botella.
3. **¿Cuándo debería empezar cada actividad o tarea en particular?** Esta pregunta se responde con las reglas de despacho o las gráficas de Gantt y la programación de la capacidad finita.
4. **¿Cómo me aseguro de que el trabajo se complete a tiempo?** El despacho ayuda a responder esta pregunta de modo parcial, pero la respuesta, además, requiere de una

Las salas de los tribunales pueden programarse con mejores sistemas.

realimentación sobre el estado del trabajo y una supervisión constante de las actividades. Si el progreso se evalúa de manera continua o periódica, puede tomarse una acción correctiva cuando sea necesario para garantizar que las entregas se hagan a tiempo. En la manufactura, la pregunta se responde por medio de un sistema de control del área del taller.

En la actualidad, el término *planeación y programación avanzadas* (APS, *advanced planning and scheduling*) se aplica a lo que nos referimos como sistema de planeación y control. La planeación y la programación avanzada incluyen distintos métodos de programación como el de la capacidad finita, el del cuello de botella basado en restricciones y el del despacho al nivel del piso de la planta. Los sistemas de planeación y programación avanzadas consideran las necesidades de materiales y la capacidad de la planta para generar nuevos planes y algunos de estos sistemas secuencian la producción en forma óptima para conseguir las metas de la fábrica como un *throughput* máximo con un inventario mínimo compensando, a la vez, las fechas de entrega a los clientes. Un sistema de planeación y programación avanzadas aplica los métodos y los enfoques descritos en este capítulo.

Para ilustrar los principios de programación y control, se presentará un ejemplo de los sistemas de programación.

Programación de las salas de los tribunales

La programación de las salas de los tribunales requiere con urgencia sistemas de programación y de control más sistemáticos. En ocasiones, los calendarios de las cortes están sobrecargados, con el resultado de que los funcionarios de la policía, los testigos, los abogados y los acusados pasan mucho tiempo esperando. Después de pasar un día entero en la corte sin ser escuchados, algunos testigos no regresarán.

Al mismo tiempo, las cortes pueden tener el problema de una carga insuficiente de casos y, entonces, los jueces se quedan esperando y se hace un uso ineficaz de las salas de los tribunales. Tal condición ocurre cuando los casos terminan en forma anticipada o cuando los que se han programado se demoran.

En un intento por corregir esos problemas, se desarrolló un sistema de programación de las cortes para las cortes penales de la ciudad de Nueva York. El sistema tiene como fin lograr los cinco objetivos siguientes: 1) debería haber una alta probabilidad de que los jueces se mantengan ocupados, 2) debería haber una alta probabilidad de que los casos se escuchen cuando se programan, 3) un número de casos deberían agruparse como lotes para un funcionario de la policía en el mismo día, 4) los casos con una alta prioridad deberían programarse tan pronto como fuera posible y 5) debería establecerse un límite máximo de tiempo de espera para todos los casos.

El centro del sistema era una regla de despacho de prioridades. La regla determinaría las prioridades para los casos con base en factores como la seriedad del cargo, si el acusado estaba dentro o fuera de la cárcel y el tiempo transcurrido desde el arraigo. Cuando la prioridad de un caso alcanzaba un cierto límite, se insertaba en el calendario de la corte; de lo contrario, se regresaba al grupo de casos no programados.

Cuando se programaba un caso, el tiempo requerido se predecía por una ecuación de regresión múltiple que utilizaba variables causales como la petición del acusado, la seriedad del delito, el número de testigos y el juez del caso. Así, el tiempo pronosticado se programaba para el primer sitio disponible en el calendario; sin embargo, se mantenían abiertos recuadros para las emergencias y las reprogramaciones futuras.

Las prioridades se revisaron a diario con base en las condiciones actuales. Cualesquiera casos nuevos con una prioridad lo suficientemente alta se incluían en el programa con la cantidad requerida de tiempo predicho.

Este ejemplo ilustra el modo en el que una operación de servicios puede aplicar una regla de despacho como parte de un sistema lógico de programación y control. Los métodos que se emplean se incorporaron en un sistema de información, lo cual brindó la planeación y el control general del programa. El sistema contribuyó a responder las preguntas más importantes que se necesitaban para desarrollar e implantar el programa.

Consulte el cuadro "Liderazgo operativo" para describir la forma en la que Dixie Iron Works utilizó el método de programación de la capacidad finita.

13.7 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

En este capítulo se estudiaron las decisiones de programación para las operaciones en lotes. El tema del capítulo habla de que todas las decisiones de programación se vinculan con la asignación de recursos escasos a trabajos, actividades, tareas o clientes. Para propósitos de programación, suponemos que los recursos son fijos como resultado de decisiones agregadas de planeación y de instalaciones.

Entre los principales aspectos clave del capítulo se hallan los siguientes:

- Dentro de los recursos disponibles, la programación intenta satisfacer los objetivos en conflicto de un inventario bajo, una alta eficiencia y un buen servicio al cliente; por lo tanto, tanto implícita como explícitamente, siempre se realizan negociaciones entre ventajas y desventajas cuando se desarrolla un programa. Debido a estos objetivos en conflicto, se requiere una coordinación interfuncional para una programación efectiva.
- Las gráficas de Gantt son la forma más sencilla de programación. Se utilizan para programar los trabajos uno a la vez de acuerdo con las prioridades sobre los recursos disponibles. Las gráficas de Gantt determinarán el tiempo de espera de cada trabajo, las fechas de terminación de los mismos, la utilización de los recursos (máquinas) y el intervalo de fabricación de todos los trabajos.

Liderazgo operativo El sistema de programación de la capacidad finita

Dixie Iron Works en Alice, Texas, se dedica a la fabricación de partes especiales para compresoras de gas y para componentes de motores que se usan en campos petroleros. El negocio de 8 millones de dólares debe responder con rapidez a los clientes que le llevan partes descompuestas de los campos de petróleo para su reparación. En el pasado, el desempeño del taller fue deficiente debido al uso de un sistema de programación manual y obsoleto. Se programaba una operación de negocios de 24 horas por día con un sistema que había y se actualizaba cada dos semanas. En consecuencia, sólo 20% de las órdenes se entregaban a tiempo, las operaciones de negocios se perdían y la rentabilidad era insuficiente.

Dixie Iron instaló un nuevo programa de cómputo con un sistema de programación de la capacidad finita que incorporaba la teoría de las restricciones. Tal sistema programaba los nuevos trabajos a medida que llegaban al taller, con base en información en tiempo real. Cada nuevo trabajo era programado hacia adelante con la lógica de la programación de la capacidad finita, y a los clientes se les proporcionaba un tiempo de entrega prometido. Si este tiempo de entrega era insatisfactorio, podrían reprogramarse otros trabajos, se añadía capacidad a través de tiempo extra o se tomaban otras medidas con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes.

Asimismo, el nuevo sistema se empleaba para identificar los centros de trabajo sujetos a un cuello de botella en el taller. En un caso, Dixie Iron había ordenado una nueva y costosa máquina para incrementar la capacidad en un centro de trabajo sujeto a un cuello de botella, sólo para enterarse de que, después de todo, no era un cuello de botella. La orden de la máquina se canceló y se ordenó una máquina menos costosa para otro centro de trabajo que era el cuello de botella real.

Tras sólo cuatro meses de operación del nuevo sistema de la programación de la capacidad finita, Dixie Iron había duplicado el desempeño de su fecha de entrega, había incrementado la rotación del inventario de cuatro a 12 veces por año, y se multiplicaron por 4 las utilidades en operación. El sistema de programación de la capacidad finita le aportó a la compañía una mejor forma de usar los recursos disponibles para el taller y de mejorar a la vez el servicio a los clientes y las utilidades.

Fuente: Tomado de Gerard Danos, "Dixie Reengineers Scheduling and Increases Profit 300 Percent", *APICS—The Performance Advantage*, marzo de 1996, pp. 28-32.

- La programación de la capacidad finita es útil para programar los trabajos múltiples a través de un número de distintos centros de trabajo. Los trabajos se programan de una manera similar a las gráficas de Gantt, excepto que cada centro de trabajo puede tener máquinas (o recursos) múltiples. En la programación finita se detectan los centros sujetos a un cuello de botella. Se hacen esfuerzos para mejorar el flujo del trabajo a través de los cuellos de botella mediante la división de los trabajos, el uso de encauzamientos opcionales, el uso de tiempo extra y otros métodos.
- La teoría de las restricciones es una extensión lógica de la programación de la capacidad finita que maximiza el *throughput* de las operaciones mediante la identificación y la programación de los recursos sujetos a un cuello de botella. Los cuellos de botella se programan para maximizar el flujo y los puntos no sujetos a cuellos de botella se programan para mantener ocupado al cuello de botella.
- El despacho se emplea para decidir acerca de la prioridad de los trabajos a medida que pasan a través de la fábrica o de las instalaciones de servicios. Pueden utilizarse diferentes reglas de despacho para decidir qué trabajo o actividad debe procesarse a continuación en cada centro de trabajo.
- Para ser de utilidad, en un sistema de información deben incorporarse métodos de programación. En general, los sistemas de programación deben responder a las siguientes preguntas: 1) ¿Qué fecha de entrega prometo? 2) ¿Dónde está el cuello de botella? 3) ¿Cuándo debería empezar cada actividad o tarea en particular? 4) ¿Cómo me puedo asegurar de que el trabajo se complete a tiempo? Para lidiar con situaciones que cambian constantemente, de ordinario, estos sistemas se computarizan y requieren de una retroalimentación constante en relación con el estado del trabajo.
- El tiempo de espera para la terminación de un trabajo no es un fenómeno estadístico, sino una función tanto de las decisiones de capacidad como de prioridad.

Términos clave

Plan basado en fases de tiempo
Negociación entre ventajas y desventajas
Programación por lotes
Red de colas
Gráficas de Gantt
Intervalo de fabricación
Utilización de máquina
Problema de programación de las máquinas
Programación de la capacidad finita
Cuello de botella
Throughput
Inventario
Gastos operativos
Teoría de las restricciones
Despacho
Prioridad
Regla del despacho
Quien llega primero, se atiende primero
Razón crítica
Tiempo de procesamiento más corto

Usted **decida**

¿Pueden los sistemas de programación lidiar con tiempos variables en los trabajos, descomposturas de los equipos, necesidades cambiantes y otras incertidumbres, o los programas se vuelven inmanejables?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. AGI: Goldratt Institute.
   http://www.goldratt.com/

Explore este sitio para obtener información sobre la teoría de las restricciones.

2. Taylor.
   http://www.taylor.com

Verifique la información de este sitio en relación con los sistemas de programación y asista a clase preparado para discutir sus hallazgos.

3. Waterloo Manufacturing Software
   http://www.waterloo-software.com

Explore este sitio para aprender más acerca de planeación y programación avanzadas.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema

1. **Gráficas de Gantt** La tabla que se presenta más abajo incluye información de 4 trabajos y 3 centros de trabajo. Suponga que se requieren seis horas para transferir un trabajo de un centro de trabajo a otro (el tiempo de desplazamiento no incluye el tiempo de espera para las máquinas ocupadas). Prepare una secuencia de los trabajos usando las gráficas de Gantt. Use el siguiente orden de prioridad: 1, 2, 3, 4. ¿Puede usted indicar si algún trabajo se retrasará? ¿Cuáles de ellos? ¿Podría un simple reordenamiento de las prioridades de los trabajos remediar el problema?

Trabajo	Centro de trabajo/horas máquina	Fecha de entrega (días)
1	A/2, B/1, C/4	3
2	C/4, A/2	2
3	B/4, A/2	2
4	B/4, A/2, C/3	3

Solución

El trabajo 4 tendrá un día de retraso, ya que debe terminarse al final del día 3, y todavía necesitará una hora de procesamiento el día 4 para completarse. Pero el hecho de desplazarlo enfrente del trabajo 3 en la prioridad del programa permite que el trabajo 4 se termine una hora antes de la fecha debida. El trabajo 3 aún se realizaría a tiempo.

Problema

2. **Reglas de prioridad del despacho** Los 5 trabajos que se presentan más abajo están esperando su operación final en un centro de trabajo. Determine el orden de procesamiento de los trabajos utilizando las siguientes reglas: tiempo de procesamiento más corto, el primero en llegar es el primero en atenderse y razón crítica.

Trabajo	Tiempo de procesamiento	Fecha de entrega	Orden de llegada
A	5	10	3
B	7	18	1
C	6	29	2
D	2	12	5
E	10	19	4

Solución

El orden de procesamiento de cada regla se proporciona más abajo. La regla tiempo de procesamiento más corto asigna primero los trabajos que tienen la cantidad más pequeña de tiempo de procesamiento. El trabajo con la siguiente cantidad más pequeña de tiempo de procesamiento se asigna para producirse a continuación y así sucesivamente. De acuerdo con esta regla, se harían las siguientes asignaciones:

D-A-C-B-E

La regla de la razón crítica asigna los trabajos con base en la razón mínima del tiempo total restante al tiempo total de procesamiento restante. En este caso, se toma la razón de la fecha de entrega a los tiempos de procesamiento en el cuadro y se arreglan los trabajos en forma de secuencia desde aquel que tenga la razón menor hasta el que tenga la razón mayor, lo que da como resultado la siguiente secuencia:

E-A-B-C-D

La regla del primero en llegar es el primero en salir asigna el trabajo que llegó antes que todos los demás para que se procese primero y así sucesivamente. De acuerdo con esta regla, se harían las siguientes asignaciones:

B-C-A-E-D

Problema

3. **Programación de una capacidad finita** Una clínica cuenta con 3 departamentos (A, B y C) los cuales pueden procesar pacientes. Cada departamento tiene un doctor, excepto el departamento C, el cual tiene dos. Actualmente, existen 4 pacientes que deben programarse a través de los 3 departamentos sobre la base de que se atiende primero a quien llega primero en el orden de pacientes 1, 2, 3 y 4. Los tiempos que se requieren para procesar a cada paciente en cada departamento se muestran más abajo.

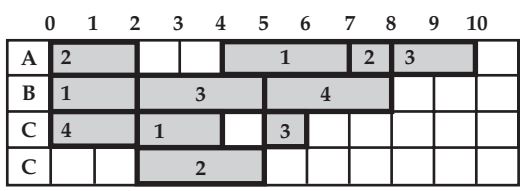
Paciente	Departamento/tiempo
1	B/2, C/2, A/3
2	A/2, C/3, A/1
3	B/3, C/1, A/2
4	C/2, B/3

Con el programa de capacidad finita, dibuje una gráfica de Gantt para el programa.

a) ¿Cuál es el intervalo de fabricación?
b) ¿Qué departamento es el cuello de botella?
c) Si se añade capacidad para remediar el cuello de botella, ¿cuál será el nuevo intervalo de fabricación?

Solución

La gráfica de Gantt se muestra más abajo.



a) El intervalo de fabricación es de 10.
b) El departamento A es el cuello de botella. Los pacientes 2 y 3 podrían atenderse antes si se añadiera capacidad al cuello de botella. El departamento A restringe la producción (intervalo de fabricación) de la totalidad de las instalaciones.
c) El nuevo intervalo de fabricación es de 8 si se incluye un doctor más al departamento A.

Preguntas de análisis

1. ¿Qué tipos de decisiones de programación probablemente encontrará la administración en las siguientes operaciones? Describa las decisiones de programación en términos de los tipos de recursos que se habrán de programar y los clientes o trabajos asociados que se habrán de programar también.
   a) Hospital
   b) Universidad
   c) Producción cinematográfica
   d) Fabrica trabajos a la orden

2. Especifique los tipos de objetivos que podrían ser apropiados para cada una de las situaciones que se mencionan en la pregunta 1.
3. ¿Por qué es importante visualizar una operación de un proceso en lotes como una red de colas interconectadas?
4. ¿En qué aspectos la programación de pacientes de una clínica de un doctor es similar o diferente a la programación de los trabajos en una fábrica?
5. Describa las diferencias entre las gráficas de Gantt, la programación de la capacidad finita y la teoría de las restricciones.
6. ¿Cómo puede administrarse en las operaciones el plazo de espera? ¿Por qué el tiempo de espera no es un valor constante?
7. ¿Por qué supone usted que los algoritmos de programación de máquinas $m \times n$ no son ampliamente utilizados en la práctica? ¿Deberían usarse con más amplitud las reglas óptimas?
8. ¿Cuál es el propósito de un sistema de control del área del taller? ¿Puede realizarse una programación efectiva sin un control del área del taller?
9. ¿Cuál es la meta como la plantea la teoría de las restricciones (TOC) y cómo se logra?
10. ¿Cuál es la definición de un cuello de botella de acuerdo con la teoría de las restricciones?
11. ¿Qué regla de programación debería aplicarse a los centros de trabajo sujetos a un cuello de botella y qué regla de programación debería emplearse en los centros de trabajo no sujetos a un cuello de botella?
12. ¿Qué medidas pueden tomarse para proporcionar más capacidad en un centro de trabajos sujeto a un cuello de botella?

Problemas

1. Los estudiantes deben completar 2 actividades para registrarse en una clase: la inscripción y el pago de la colegiatura. Debido a ciertas diferencias individuales, el tiempo de procesamiento (en minutos) para cada una de estas 2 actividades en razón de 5 alumnos varía, como se muestra más abajo:

	Minutos	
Estudiante	**Inscripción**	**Pago de colegiaturas**
A	12	5
B	7	2
C	5	9
D	3	8
E	4	6

   a) Construya una gráfica de Gantt para determinar el tiempo total que se necesita para procesar a los cinco estudiantes. Use la siguiente secuencia de estudiantes: D, E, B, C, A.
   b) ¿Puede proponer una mejor secuencia para reducir el tiempo total requerido?
   c) ¿Qué problemas podrían surgir en el uso de este enfoque para las inscripciones en los colegios?

2. Deben procesarse 6 trabajos a través de la máquina A y posteriormente la máquina B como se muestra más abajo. El tiempo de procesamiento para cada trabajo se muestra aquí.

	Máquina (minutos)	
Trabajo	**A**	**B**
1	10	6
2	6	12
3	7	7
4	8	4
5	3	9
6	6	8

   a) Desarrolle una gráfica de Gantt para establecer el tiempo total requerido para procesar lo 6 trabajos. Utilice la siguiente secuencia de trabajos: 1, 2, 3, 4, 5, 6.
   b) ¿Puede usted desarrollar una mejor secuencia para reducir el tiempo total requerido para el procesamiento?

3. Secuencie los trabajos que se muestran a continuación utilizando una gráfica de Gantt. Estime que el tiempo de desplazamiento entre las máquinas es de una hora. Secuencie los trabajos en el orden de prioridad 1, 2, 3, 4.

Trabajo	**Centro de trabajo/ máquinas hora**	**Fecha de terminación (días)**
1	A/3, B/2, C/2	3
2	C/2, A/4	2
3	B/6, A/1, C/3	4
4	C/4, A/1, B/2	3

   a) ¿Cuál es el intervalo de fabricación?
   b) ¿Qué cantidad de tiempo están las máquinas inactivas?
   c) ¿Cuándo se entrega cada trabajo en comparación con su fecha de terminación?
   d) ¿Qué cantidad de tiempo inactivo (tiempo de espera) existe en cada trabajo?
   e) Diseñe una mejor secuencia de trabajos para el procesamiento.

4. En el problema 3, suponga que existen 2 máquinas del tipo A, 2 del tipo B y 1 del tipo C.
   a) Prepare un programa de capacidad finita.
   b) Compare la programación de la capacidad finita con la gráfica de Gantt del problema 3.

5. En el problema 2, suponga que existen 2 máquinas del tipo A y 2 del tipo B.
   a) Prepare un programa de capacidad finita.
   b) ¿Cómo se compara la programación de la capacidad finita con el desempeño de la gráfica de Gantt en el problema 2?

6. Security Life Insurance Company procesa todas las nuevas pólizas de seguros de vida a través de 3 departamentos: correo de entrada (I), suscripciones (U) y política de control (P). El departamento de correo de entrada recibe solicitudes y pagos de los clientes y, posteriormente, envía los archivos al departamento de suscripciones. Después de verificar las calificaciones de los solicitantes para los seguros de vida, el departamento de suscripciones envía el archivo para el control de pólizas de la emisión correspondiente. En el momento actual, la empresa posee 5 nuevas solicitudes de pólizas pendientes de ser procesadas. El tiempo que se requiere para el procesamiento en cada departamento se muestra a continuación:

Póliza	Departamento/horas
1	I/3, U/6, P/8
2	I/2, P/10
3	I/1, U/3, P/4
4	I/2, U/8, P/6
5	I/1, P/6

   a) Prepare un programa de una gráfica de Gantt para estas pólizas.

7. En University Hospital deben programarse 5 muestras de sangre por medio de un laboratorio de pruebas sanguíneas. Cada muestra pasa hasta por 4 estaciones de pruebas diferentes. Los tiempos de cada prueba y las fechas de terminación de cada muestra son los siguientes:

Muestra	Estación de pruebas/horas	Fecha de terminación (h)
1	A/1, B/2, C/3, D/1	6
2	B/2, C/3, A/1, D/4	10
3	C/2, A/3, D/1, C/2	8
4	A/2, D/2, C/3, B/1	14
5	D/2, C/1, A/2, B/4	12

   a) Utilizando una gráfica de Gantt, programe estas 5 muestras en orden de prioridad considerando que la más antigua como la que debe entregarse primero.
   b) Suponga que la capacidad de cada estación de pruebas (A, B, C y D) se duplica. Prepare un programa de la capacidad finita para esta situación.
   c) ¿Cuáles son los centros de trabajo sujetos a un cuello de botella con referencia al inciso *a*) del problema? Indique las adiciones de capacidad que podrían necesitarse.

8. Una secretaria evalúa 3 reglas de despacho para la mecanografía de trabajos sujetos a término. Se cuenta con la siguiente información sobre los trabajos que esperan mecanografiarse:

Trabajo	Horas antes de la fecha de entrega	Tiempo total de procesamiento restante* (h)	Tiempo de procesamiento (h de mecanografía)	Orden de llegada
A	20	12	10	4o.
B	19	15	12	3o.
C	16	11	6	2o.
D	10	5	5	1o.
E	18	11	7	5o.

* Incluye mecanografía, correcciones y copiado.

   Use las siguientes reglas de despacho para determinar el orden del procesamiento de la actividad de mecanografía.

   a) Tiempo de proceso más corto
   b) Primero en llegar, primero en salir
   c) Razón crítica

9. Suponga que usted está a cargo del despacho del laboratorio de University Hospital que se describió en el problema 7. Use las siguientes reglas de despacho para la primera estación (A) al inicio del procesamiento para determinar qué trabajo deberá procesarse primero a través de la estación A. *Observación*: Decida entre los trabajos 1 y 4.

   a) Tiempo de proceso más corto
   b) Razón crítica

10. Con las gráficas de Gantt que se trazaron en los siguientes problemas, ¿cuál es el centro de trabajo sujeto al cuello de botella?

   a) Problema 2
   b) Problema 3
   c) Problema 6

11. ¿Cómo se aplicaría la teoría de las restricciones para mejorar el producto final de las operaciones en los siguientes problemas?

   a) Problema 2
   b) Problema 3
   c) Problema 6

Bibliografía

Breen, Anne M., Tracy Burton-Houle y David C. Aron. "Applying the Theory of Constraints in Hea1th Care: Part 1-The Philosophy". *Quality Management in Health Care* 10, núm. 3 (primavera de 2002), pp. 40-47.

Campbell, H. G., R. A. Dudek y M. L. Smith. "A Heuristic Algorithm for the *n* Job *m* Machine Sequencing Problem". *Management Science* 16, núm. 10 (junio de 1970), pp. B630-637.

Danos, Gerard. "Dixie Reengineers Scheduling and Increases Profit 300 Percent". *APICS-The Performance Advantage*, marzo de 1996, pp. 28-32.

Drexl, Andreas y Sigrid Knust. "Sports League Scheduling: Graph-and Resource-Based Models". *Omega* 35, núm. 5 (octubre de 2007), pp. 465-471.

Goldratt, Eliyahu M. *The Theory of Constraints*. Croton-on-Hudson, NY: North River Press, 1999.

Goldratt, Eliyahu M. y Jeff Cox. *The Goal*. 3a. ed., Croton-on-Hudson, NY: North River Press, 2004.

Harris, Donna. "Scheduling Service: It's Not Like Pulling Teeth". *Automotive News* 81, núm. 6241 (5 de febrero de 2007), p. 72.

Holmes, L. E. y A. B. Hendricks. "Is TOC for You?" *Strategic Management*, abril de 2005, pp. 51-53.

Huber, N. "Scheduling System Slashes Radiotherapy Waiting Times by 60% at Wirral Cancer Unit". *Computer Weekly*, 4 de mayo de 2004, pp. 39-40.

Kirchmier, Bill y Johannes Gerhard. *Finite Capacity Scheduling: Management, Selection, and Implementation*. Nueva York: Wiley, 2000.

Odwazny, M. C. "The Theory of Constraints and Medical Error: A Conversation with Robert A. McNutt". *Quality Management in Heath Care* 13, núm. 3 (julio-septiembre de 2004), pp. 183-187.

Pi-Fang Hsu y Sun Miao-Hsueh. "Using the Theory of Constraints to Improve the Identification and Solution of Managerial Problems". *International Journal of Management* 22, núm. 3 (septiembre de 2005), pp. 415-425.

Polito, Tony, Kevin Watson y Robert J. Vokurka, "Using The Theory of Constraints to Improve Competitiveness: An Airline Case Study". *Competitiveness Review* 16, núm. 1 (2006), pp. 44-50.

Rudberg, Martin y Jan Olhager. "Linking Manufacturing Strategy Decisions on Process Choice with Manufacturing Planning and Control Systems". *International Journal of Production Research* 40, núm. 10 (julio de 2002), pp. 2335-2352.

Schniederjans, Marc J. y Donald A. Carpenter. "A Heuristic Job Scheduling Decisions Support System—A Case Study". *Decision Support Systems* 18, núm. 2 (octubre de 1996), pp. 159-166.

Shapiro, Samuel. "An Automated Court Scheduling System". Documento presentado en la doceava reunión estadounidense del Institute of Management Sciences, Detroit, MI, septiembre de 1971.

Shih, Michael S. H. y Yong Lee-Chien. "Relationship of Planning and Control Systems with Strategic Choices: A Closer Look". *Asia Pacific Journal of Management* 18, núm. 4 (diciembre de 2001), pp. 481-504.

Taylor, L. J. III, B. J. Moersch y G. M. Franklin. "Applying the Theory of Constraints to a Public Safety Hiring Process". *Public Personnel Management* 32, núm. 3 (otoño de 2003), pp. 367-382.

Taylor, Sam G., "Finite Capacity Scheduling Alternatives". *Production & Inventory Management Journal* 42, núm. 3/4 (2001), pp. 70-75.

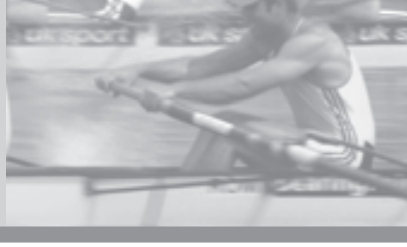
Umble, M., E. Umble y S. Murakami. "Implementing Theory of Constraints in a Traditional Japanese Manufacturing Environment: The Case of Hitachi Tool Engineering". *International Journal of Production Research* 44, núm. 10 (2006), pp. 1863-1880.

Watson, Kevin J., John H. Blackstone y Stanley C. Gardiner. "The Evolution of a Management Philosophy: The Theory of Constraints". *Journal of Operations Management*, 25 núm. 2 (marzo de 2007), pp. 387-402.

Woeppel, Mark J. *Manufacturer's Guide to Implementing the Theory of Constraints*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 2000.

Young, Hae Lee, Chan Seok Jeong y Chiung Moon. "Advanced Planning and Scheduling with Outsourcing in Manufacturing Supply Chain". *Computers & Industrial Engineering* 43, núm. 1/2 (2002), pp. 351-375.

Capítulo **14**



Planeación y programación de proyectos

Presentación del capítulo

14.1 Objetivos y negociación de ventajas y desventajas

14.2 Planeación y control de proyectos

14.3 Métodos de programación

14.4 Redes de tiempo constante

14.5 Método PERT

14.6 Método CPM

14.7 Uso de los conceptos de la administración de proyectos

14.8 Aspectos y términos clave

Usted decida

Ejercicios por internet

Problemas resueltos

Preguntas de análisis

Problemas

Bibliografía

El *Big Dig* en Boston, Massachusetts, es uno de los proyectos más complejos y sobresalientes que se han emprendido alguna vez. El Big Dig es el nombre no oficial de un proyecto que reconvertiría la principal supercarretera (Interestatal 93) a través de la ciudad de Boston de una autopista en un túnel por debajo de la ciudad sin perturbar el flujo del tráfico. El proyecto, además, incluía un nuevo puente a lo largo del río Charles y un túnel para remediar el congestionamiento en la vía Interestatal 90. El Big Dig fue el proyecto más costoso de carreteras en Estados Unidos, originalmente estimado en 1982 a un costo de 2 800 millones de dólares y finalmente en 2006 a un costo de 14 600

TABLA 14.1
Ejemplos de proyectos

Construcción de edificios	Realización de películas
Introducción de nuevos productos	Enseñanza de un curso
Investigación y desarrollo	Diseño de una campaña de publicidad
Diseño de sistemas de cómputo	Arranque o cierre de una planta
Instalación de equipamiento	Manufactura de aviones, barcos y máquinas grandes
Lanzamiento de cohetes	Auditoría de cuentas
Obtención de fondos	Planeación de una invasión militar

millones de dólares (en dólares de 1982, 6 mil millones ajustados por la inflación). Al inicio, el Congresista Barney Frank planteó la siguiente pregunta: *En lugar de bajar la carretera a desnivel, ¿no sería más económico subir la ciudad?*

El proyecto se concibió como respuesta a los congestionamientos de tráfico que se observaron en la carretera a desnivel, la cual se diseñó para 75 000 vehículos por día, aunque, finalmente, tuvo que lidiar con 190 000 diariamente. El proyecto lo administró la Massachusetts Turnpike Authority, que tenía poca experiencia en el manejo de un plan tan grande y complejo. El diseño y la construcción los realizó Bechtel Corporation y Parsons Brinckerhoff, ambos grandes contratistas y con mucha experiencia, junto con muchos subcontratistas. Desde el inicio, el proyecto experimentó demoras, cambios de diseño, cargos de corrupción, pleitos legales e incluso la muerte de una automovilista cuando una sección del túnel se derrumbó sobre su automóvil. Los túneles sufrieron cientos de fugas y fisuras que debieron repararse. Aun cuando el proyecto finalmente redujo el congestionamiento, lo consiguió a expensas de un costo muy alto y de mucho tiempo, junto con muchos problemas de construcción.

En este capítulo se aprenderá cómo manejar proyectos pequeños y grandes. Hasta este momento, no se expuso el tipo de operaciones por proyectos. Como se definió originalmente en el capítulo 4, la forma de operaciones por proyecto se usa para producir un producto único, una unidad única. De acuerdo con el Project Management Institute, *un **proyecto** es una misión temporal emprendida para crear un producto, servicio o resultado único*.[1] Debe hacerse notar que los proyectos tienen un inicio y un fin; no son actividades continuas. Debido a ello, su administración difiere en forma considerable de la de una operación continua.

Aunque muchas decisiones sobre proyectos difieren de las de operaciones continuas, en este capítulo el interés principal será en las decisiones de planeación y programación de proyectos. En la primera parte se establece un amplio marco de referencia para la planeación de proyectos; esto incluirá los objetivos de los mismos y las actividades de planeación y control que requieren. En la última se describirán con detalle diferentes métodos específicos de programación.

Los proyectos incluyen una amplia variedad de actividades de manufactura y de servicios. Los objetos grandes como barcos, aviones de pasajeros y lanzaderas de misiles se manufacturan sobre la base de proyectos. Cada unidad se elabora como un artículo único y el proceso de manufactura es, con frecuencia, estacionario y, por lo tanto, los materiales y la mano de obra deben llevarse al proyecto. De ordinario, la construcción de edificios se organiza sobre una base de proyectos. Los servicios como las películas, la investigación y desarrollo y la obtención de fondos también se proporcionan sobre una base de proyectos. La tabla 14.1 ilustra una amplia variedad de actividades de manufactura y de servicios que se administran como proyectos.

14.1 OBJETIVOS Y NEGOCIACIÓN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Por lo regular existen tres objetivos en los proyectos: costo, programa y desempeño. El **costo del proyecto** es la suma de los costos directos y los asignados al proyecto. El trabajo del

[1] *A Guide to Project Management Body of Knowledge.* 3a. ed., Newton Square, PA: Project Management Institute, 2004, p. 5.

administrador y del equipo del proyecto es controlar aquellos costos que son directamente controlables por la organización del proyecto. Por lo general, estos costos cubren la mano de obra, los materiales y algunos servicios de apoyo. Ordinariamente, el proyecto tendrá un presupuesto, el cual incluye los costos asignados al mismo.

El segundo objetivo de la administración de proyectos es el **programa**. Al principio, casi siempre se establece la fecha de terminación del proyecto y algunos eventos intermedios. Del mismo modo que el equipo y el administrador del proyecto controlan los costos dentro del presupuesto, deben también controlar el programa para satisfacer las fechas establecidas. Con frecuencia, el presupuesto y el programa están en conflicto; por ejemplo: si el proyecto va por detrás del programa, puede necesitarse tiempo extra para volver a ponerlo a tiempo. Pero puede haber fondos insuficientes en el presupuesto para dar apoyo a los costos del tiempo extra; por lo tanto, debe tomarse una decisión que **negocie** las ventajas y desventajas entre el tiempo y el costo. La administración debe determinar si el objetivo del programa es de importancia suficiente para justificar un incremento en el costo.

El tercer objetivo de la administración de proyectos es el **desempeño**, es decir, las características de ejecución del producto o servicio que se crea por el proyecto. Si éste es acerca de la investigación y desarrollo de un nuevo tipo de máquinas, el *desempeño* se refiere a las especificaciones de ejecución de la nueva máquina. Si el *proyecto* es una película, el desempeño alude a la calidad de la película producida y a sus ingresos taquilleros subsecuentes; en este caso, el desempeño puede especificarse por una variedad de estándares de películas en relación con el reparto, el sonido, la filmación y la edición. El desempeño de un proyecto de servicios, como una película, por lo común es mucho más difícil de especificar que el de un producto manufacturado.

Asimismo, el desempeño puede requerir **negociaciones de ventajas y desventajas** tanto con el programa como con el costo; por ejemplo, en una película, si las imágenes no satisfacen las expectativas de desempeño, pueden necesitarse tomas adicionales o revisiones de los guiones. A la vez, tales requisitos de desempeño pueden ocasionar cambios en el costo y en el programa. Ya que rara vez es posible predecir los requisitos de desempeño, de programa y de costos con exactitud antes de que empiece un proyecto, pueden requerirse numerosas negociaciones de ventajas y desventajas mientras que el proyecto se desarrolla.

14.2 PLANEACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS

La planeación, la programación, el control y el cierre aportan una secuencia general de las decisiones administrativas que se demandan en todos los proyectos. La **planeación** se refiere a aquellas decisiones, propuestas al inicio de un proyecto, que establecen su carácter y su dirección. Por lo regular, la planeación de un proyecto establece los objetivos principales del mismo, los recursos necesarios, el tipo de organización y las personas clave que administrarán e implantarán el proyecto. A menudo, la planeación de un proyecto es una función de los administradores de un alto o un nivel intermedio y un equipo interfuncional toma todas las decisiones primordiales. Cuando se completa, la planeación del proyecto debe documentarse a través de una forma o carta de autorización de proyectos, la cual se emplea para iniciar actividades adicionales del mismo proyecto. La forma de autorización de proyectos deberá especificar todas las decisiones de planeación que se enumeran en el inciso A de la tabla 14.2.

En la fase de **programación** de la administración del proyecto, el equipo interfuncional especifica el plan del proyecto con mayor detalle. Esta fase comienza con la elaboración de una lista detallada de las actividades del proyecto que se denomina **estructura de división del trabajo**. A continuación, en la estructura de división del trabajo, se establece un programa detallado de tiempo para cada actividad, utilizando los métodos que se describen más adelante en este capítulo. Cuando el programa de tiempo concluye, puede plantearse un presupuesto por fases de tiempo, el cual se vincula con los tiempos de inicio y de terminación de cada una de las actividades del proyecto. Por último, puede asignarse el personal del proyecto a las actividades individuales del mismo.

TABLA 14.2
Actividades y decisiones de la administración del proyecto

A. Planeación
Identificación del cliente del proyecto
Establecimiento del producto o servicio final
Establecimiento de los objetivos del proyecto
Estimación del total de los recursos y del tiempo requerido
Decisión sobre la forma de organización del proyecto
Designación de nombramientos del personal (administrador del proyecto, etcétera)
Definición de las principales tareas requeridas
Establecimiento de un presupuesto

B. Programación
Desarrollo de una estructura detallada de la división del trabajo
Estimación del tiempo requerido para cada tarea
Secuenciación de las tareas en el orden adecuado
Desarrollo de un tiempo de inicio y de fin para cada tarea
Desarrollo de un presupuesto detallado para cada tarea
Asignación de las personas a las tareas

C. Control
Controles del tiempo, del costo y del desempeño reales
Comparación de las cifras planeadas con las reales
Determinación de si se necesita una acción correctiva
Evaluación de las acciones correctivas opcionales
Desarrollo de las acciones correctivas apropiadas

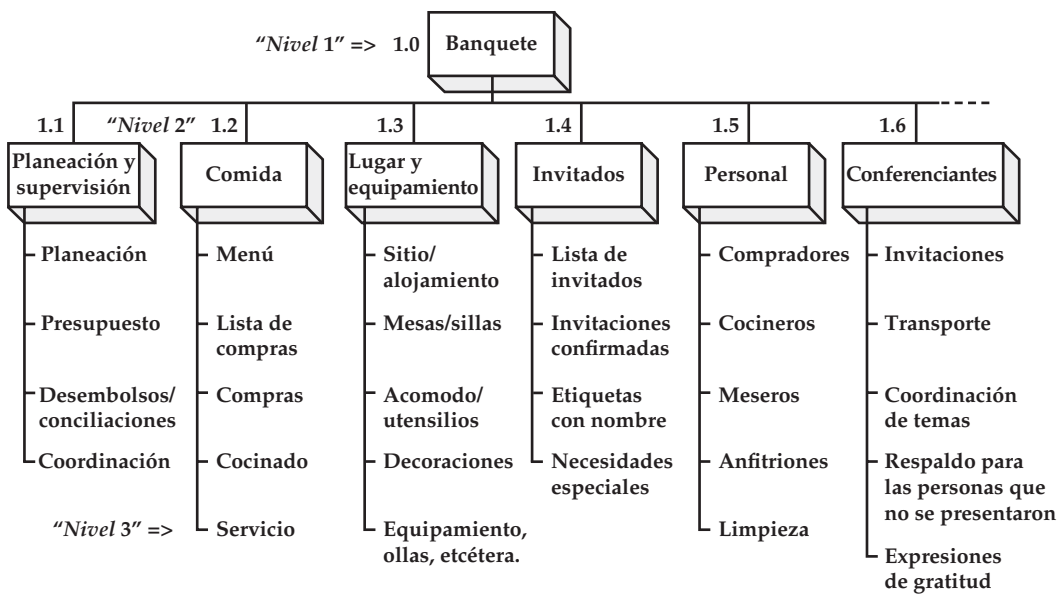
D. Cierre
Terminación de todo el trabajo
Cierre de los contratos
Pago de todas las cuentas por pagar
Entrega del proyecto al propietario
Reasignación del personal y del equipamiento

Una estructura de la división del trabajo (WBS, *work-breakdown structure*) es una lista jerárquica de todas las tareas necesarias para completar un proyecto; se construye organizando el proyecto en actividades y subactividades, como se muestra en la figura 14.1 para un banquete. Observe la manera en la que el primer nivel engloba todas las actividades requeridas para completar el banquete, incluyendo la planeación y la supervisión, la comida, el lugar y el equipamiento, los invitados, el personal y los conferenciantes. Cada una de estas actividades se divide, a su vez, en subactividades que deben realizarse. Partiendo de la estructura de la división del trabajo, puede prepararse un programa y asignarse personal y un presupuesto a cada actividad. Esto posibilita la asignación de responsabilidades a cada parte del proyecto e incluso la subcontratación de algunas porciones del mismo si así se desea. La estructura de la división del trabajo se convierte en la base para la planeación, la programación, el cálculo del presupuesto y el control del proyecto.

El **control del proyecto** lo mantiene un equipo interfuncional que controla cada actividad a medida que se ejecuta el trabajo del proyecto. Deben controlarse las actividades

FIGURA 14.1
Ejemplo de la estructura de la división del trabajo: Banquete.

Fuente: reimpreso de www.hyperthot.com/pm_wbs.htm



Producción del Boeing. Los aviones grandes se producen usando métodos de administración de proyectos.

desde el punto de vista del tiempo, del costo y del desempeño de acuerdo con el plan del proyecto. Cuando existe una discrepancia significativa entre los resultados reales y el plan, debe tomarse una acción correctiva que podría incluir la revisión del plan, la reasignación de los fondos, cambios de personal y otras modificaciones en los recursos. Una vez más, tales acciones correctivas deben hacer el plan factible y realista.

El **cierre de un proyecto** se relaciona con la terminación formal del mismo; incluye la terminación de todo el trabajo, el cierre de todos los subcontratos, el pago de todas las cuentas, la entrega del proyecto a sus *propietarios*, y la reasignación del personal y el equipamiento utilizados en el proyecto. Es importante cerrar un proyecto de modo que se defina un fin específico. En la construcción de carreteras, la fase del cierre equivale, a menudo, al *corte de listón*.

La administración de proyectos es una profesión; como tal, tiene un cuerpo de conocimientos y, en Estados Unidos, una organización profesional: el Project Management Institute (PMI), y una certificación. El cuerpo de conocimientos es extenso y forma la base para la certificación como administrador de un proyecto. Vea la tabla 14.3 donde se presentan los temas en el cuerpo de conocimientos definidos por el PMI.

Ya hemos expuesto algunos de los temas en el cuerpo de conocimientos. Debido a limitaciones de espacio, la parte restante de este capítulo se restringirá sobre todo a los métodos de programación de proyectos y a otros conceptos relacionados como la ruta crítica y los periodos de poca actividad.

TABLA 14.3
Cuerpo de conocimientos del Project Management Institute

1. Integración de proyectos Desarrollo del protocolo del proyecto Exposición del alcance Planeación del proyecto Ejecución del proyecto Vigilancia y control Cierre del proyecto	**2. Alcance del proyecto** Planeación del alcance Definición del alcance Estructura de la división del trabajo Verificación del alcance Control del alcance	**3. Administración del tiempo de proyecto** Definición de las actividades Secuenciación de las actividades Estimación de recursos Estimación de la duración de las actividades Desarrollo del programa Control del programa
4. Costos del proyecto Estimación del costo Presupuesto de costos Control de costos	**5. Administración de la calidad del proyecto** Planeación de la calidad Aseguramiento de la calidad Control de la calidad	**6. Recursos de proyectos humanos** Planeación de los recursos humanos Adquisición de equipo del proyecto Desarrollo del equipo del proyecto Administración del equipo del proyecto
7. Comunicaciones del proyecto Planeación de las comunicaciones Distribución de la información Reportes de desempeño Administración de los participantes empresariales	**8. Riesgo del proyecto** Planeación de la administración de riesgos Identificación del riesgo Análisis cualitativo del riesgo Análisis del riesgo cuantitativo Planeación de los recursos del riesgo Vigilancia y control del riesgo	**9. Adquisiciones en el proyecto** Planeación de las compras Realización de contratos Solicitud de respuestas de los vendedores Selecciones de vendedores Administración de contratos Cierre de contratos

14.3 MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN

Existen diversos tipos de métodos de programación en uso. Por lo general, éstos se clasifican como métodos de gráficas de Gantt o métodos de redes. Los métodos de gráficas de Gantt emplean una gráfica de barras, como se presenta en la figura 14.2. Los métodos de redes utilizan una gráfica o una red para mostrar relaciones de precedencia.

Como se describió en el último capítulo, el método de programación de las gráficas de Gantt posee una gran cantidad de elementos en común con la programación de las gráficas de Gantt para los procesos en lotes. En cada caso, las duraciones de la actividad se representan en la gráfica a través de una barra o de una línea. Asimismo, estas gráficas manifiestan el momento en el que se programa el inicio y el fin de cada actividad.

Ejemplo

La figura 14.2 es una gráfica de Gantt simplificada para el establecimiento de la ubicación de una nueva oficina de un negocio. El tiempo se muestra a lo largo de la parte superior y las actividades todo un costado. Cada actividad del proyecto se representa como una barra sobre la gráfica a lo largo del periodo para la cual se programó. La primera actividad de la gráfica consiste en decidir acerca de la ubicación y el arrendamiento del espacio de las oficinas. Después de ello, la compañía puede empezar a contratar trabajadores y a arreglar el mobiliario y los teléfonos; por lo tanto, las actividades 2, 3 y 5 ocurren en secuencia luego de la actividad 1. La gráfica también muestra que el arreglo del mobiliario, las contrataciones y la instalación de los teléfonos ocurren en paralelo durante el mismo periodo; por lo tanto, la gráfica de Gantt ilustra no sólo la cantidad de tiempo que se requiere para cada actividad, sino el momento en el que acontece cada actividad.

Las gráficas de Gantt se usan con mucha frecuencia en la programación de proyectos porque son fáciles de utilizar y se entienden ampliamente; sin embargo, en el caso de proyectos complejos, una gráfica de Gantt se vuelve inadecuada porque no exhibe las interdependencias y las relaciones entre las actividades. En el caso de proyectos complejos, resulta complicado programar el proyecto inicialmente y todavía más reprogramarlo cuando suceden cambios. El método de redes de la programación de proyectos supera estas dificultades.

La ventaja del método de redes sobre la gráfica de Gantt es que son expuestas las relaciones de precedencia en la programación de la red de forma explícita; ello permite el desarrollo de un algoritmo de programación que da cuenta de todas las relaciones de precedencia cuando el programa se desarrolla. Con las gráficas de Gantt, las relaciones de precedencia deben mantenerse en la mente del programador. En el caso de proyectos complejos, eso no puede hacerse con facilidad y las gráficas de Gantt se vuelven difíciles de manejar. Además, cuando el tiempo de una sola actividad cambia en la gráfica de Gantt, la totalidad de la gráfica debe reprogramarse de manera manual. La reprogramación puede hacerse automáticamente a través de un algoritmo de redes. En contraste, las redes son más complejas, más difíciles de entender y más costosas de emplear que las gráficas de

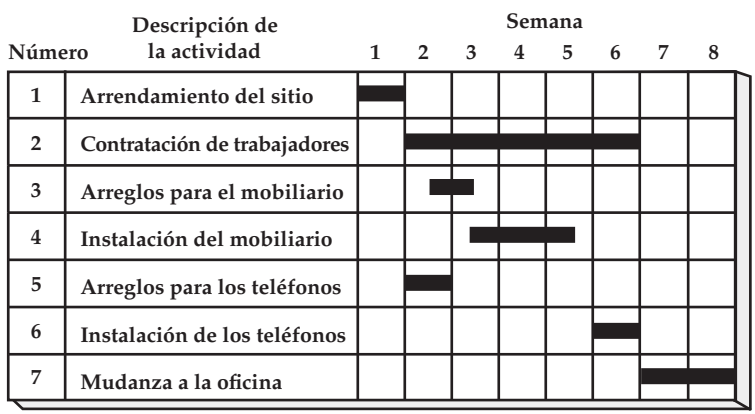


FIGURA 14.2
Ejemplo del proyecto de la gráfica de Gantt.

Liderazgo operativo

La construcción de uno de los edificios más grandes se planeó con el programa de cómputo Primavera

El Kuala Lumpur City Centre en Malasia fue programado con la ayuda del programa de cómputo Primavera. Este proyecto transformó un terreno de 100 acres (40.47 hectáreas) en más de 18 millones de pies cuadrados (1 672 254.72 m^2) de instalaciones comerciales, minoristas, hoteleras, recreativas y de entretenimiento en un ambiente similar al de un parque que se desarrolló en fases a lo largo de entre 10 y 15 años.

El signo distintivo de este esfuerzo de desarrollo son las torres gemelas Petronas de 88 pisos, vinculadas por un puente aéreo único en los pisos 41 y 42. Cada torre tiene una altura de 1 482 pies (451.71 metros) por arriba del nivel de la calle. Por lo menos durante un breve periodo, fue el edificio más grande del mundo.

Para la planeación y la programación extensiva a todo el proyecto, los administradores de la obra usaron el Primavera Project Planner, un programa de cómputo estándar para la administración de proyectos, el cual emplearon todos los contratistas y subcontratistas generales de este proyecto. Primavera es ahora parte de la suite Oracle de aplicaciones del programa de cómputo. Para facilitar la coordinación y la integración de los diversos programas y planes, el administrador del proyecto estableció un programa maestro para la totalidad del desarrollo con una serie de subproyectos para cada edificio o para cada contrato mayor dentro del desarrollo.

Administramos el programa para tratar los aspectos del diseño y las adquisiciones —afirma Les Brown, administrador senior de planeación—, mientras que los contratistas desarrollaron y mantuvieron los subproyectos individuales. Como parte del proceso, se pidió a los contratistas que prepararan y presentaran reportes regulares escritos y gráficos de tipo estándar junto con un disquete de datos de Primavera para su proyecto.

Las redes para las torres gemelas contenían cerca de 7 000 actividades cada una y ellos lidiaron con un total de casi 25 000 actividades y 40 000 relaciones en 29 subproyectos. Para ayudarnos a administrar dicho volumen de datos, ellos operaron el programa de administración del proyecto sobre una red de área local de modo que los equipos de administración de los proyectos individuales pudieran rastrear directamente su propia información específica, pero también tener acceso a la información relacionada con el proyecto proveniente de otros contratos. Los programas de cómputo de planeación y programación de los proyectos contribuyeron a poner el proyecto al día y la apertura de las torres gemelas se efectuó a tiempo.

Fuente: Adaptado del sitio internet Primavera, www.primavera.com, septiembre de 1998, y www.klcc.com.my, 2009.

Gantt; por lo tanto, deben usarse las redes en el caso de proyectos complejos como la construcción de uno de los edificios más grandes del mundo, como se describe en el cuadro "Liderazgo operativo".

Los métodos de programación de redes implican el uso de algunos conceptos fundamentales de programación, como la ruta crítica y los periodos de baja actividad. Tales conceptos de programación de redes se describirán a continuación por medio de una red de tiempo constante. Las redes más complicadas, las cuales emplean tiempos aleatorios y negociaciones de tiempo-costo, se expondrán más adelante en este capítulo.

14.4 REDES DE TIEMPO CONSTANTE

En las **redes de tiempo constante** se supone que el tiempo de cada actividad es una constante; éste es el caso más sencillo desde el punto de vista de la programación y de éste se derivan otros métodos más complicados.

TABLA 14.4
Redacción de un reporte de negocios

Actividad	Descripción	Predecesores inmediatos	Duración en días
A	Decidir sobre el tema	Ninguno	1
B	Recopilar datos	A	2
C	Buscar en internet	A	3
D	Escribir el reporte	B y C	5

A continuación, se ilustra la construcción de una red simple. La tabla 14.4 presenta las actividades requeridas para escribir un reporte común de negocios. La primera actividad, A, estriba en decidir sobre el tema y el alcance del reporte. Entonces, dos actividades, B (la recolección de datos) y C (búsqueda en internet), proceden en paralelo. Una vez completados B y C, puede escribirse el reporte (actividad D). La tabla 14.4 indica los predecesores inmediatos de las actividades que acabamos de describir. La actividad A no tiene un precursor inmediato, ya que es la primera que debe realizarse. Como se notó arriba, cada una de las actividades B y C tienen a la actividad A como predecesora inmediata. La actividad D tiene a B y C como antecesores inmediatos, pues el reporte final no puede escribirse hasta que los datos se hayan recopilado y se haya buscado en internet. Los tiempos para la terminación de cada actividad también se ilustran en la tabla 14.4.

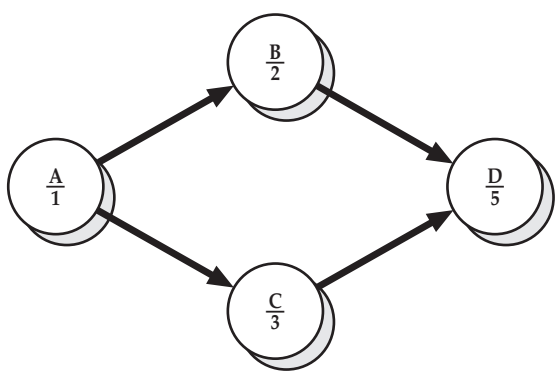
La información anterior puede representarse como una red. La representación de las redes de **actividad en nodo** (AON, *activity on-node*) se exhibe en la figura 14.3.[2] Aquí, cada una de las cuatro actividades se muestra como un nodo (círculo) en el diagrama y las flechas indican las relaciones de precedencia entre las actividades. En cada círculo, la duración de la actividad se presenta debajo de su etiqueta. En la figura 14.3 las actividades B y C no pueden empezar hasta que se termine la actividad A y la actividad D no puede iniciar hasta que concluyan las actividades B y C. El convencionalismo es que todas las actividades precedentes deben completarse antes de que pueda iniciar una actividad sucesora.

Se utiliza el ejemplo del reporte de negocios de la tabla 14.4 y de la figura 14.3 para ilustrar la programación de redes de tiempo constante. Una vez definida la red, pueden hacerse los cálculos de programación. Para calcular los tiempos de inicio y terminación de las actividades, se necesita la siguiente notación:

ES(a) = inicio temprano de la actividad a
EF(a) = terminación temprana de la actividad a
LS(a) = inicio tardío de la actividad a
LF(a) = terminación tardía de la actividad a

Como se definió anteriormente, cada actividad implica cuatro tiempos programados. Por conveniencia, algunas veces los abreviamos como ES, EF, LS y LF. Estos tiempos pueden calcularse por medio de un pase hacia adelante y un pase hacia atrás a lo largo de la red.

FIGURA 14.3
Red para la redacción de un reporte de negocios.



[2] También existe el convencionalismo de actividades en flechas para el dibujo de redes. En este caso, hemos empleado el convencionalismo de actividades en nodos porque es más fácil de entender y es la base de la mayoría de los programas de cómputo para la programación de actividades (por ejemplo, Microsoft Project).

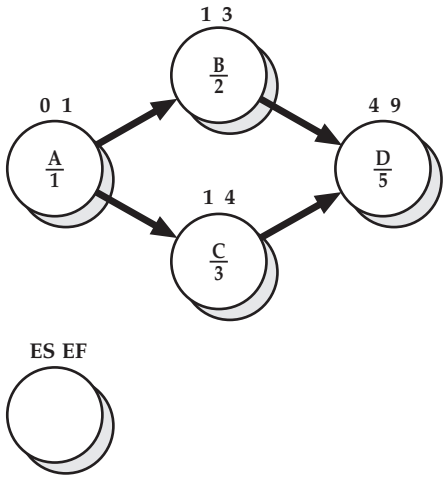


FIGURA 14.4
Pase hacia adelante para la escritura de un reporte de negocios.

Primero, se hace un paso hacia adelante para calcular los tiempos de un **inicio temprano** (**ES**, *early start*) y de una **terminación temprana** (**EF**, *early finish*) directamente del diagrama de la red. Ello se hace empezando al inicio de la red y procediendo a través de ella hasta el final en el orden de precedencia. Este cálculo se ilustra mediante el uso del ejemplo anterior de la figura 14.3. Una convención es que pueden colocarse los tiempos ES y EF en la parte superior de los nodos, como en la figura 14.4. Principiando con el nodo A, se asigna un tiempo de cero al inicio temprano ya que es la primera actividad (ES = 0 en el nodo A). El EF de la actividad A es el ES más la duración de la actividad (de la tabla 14.4), lo cual es 0 + 1 = 1. El ES de las actividades B y C, los sucesores de la actividad A, es la terminación anticipada (EF) de la actividad A porque B y C no pueden empezar hasta que A finaliza. De esto se desprende que el EF de la actividad B es su tiempo ES (1) más la duración de la actividad de B, la cual es de dos días, o EF(B) = 3. Del mismo modo, el EF(C) es su tiempo ES (1) más la duración de la actividad de C, la cual es de 3 días, EF(C) = 4. Ahora, puede programarse el inicio anticipado de la actividad D, que no puede empezar sino hasta que se completen las actividades de B y C; por lo tanto, el tiempo más anticipado del inicio de la actividad D se determina por el máximo del EF tanto de B como de C; en este caso, ES(D) = Máx (3, 4) = 4. La terminación más anticipada de la actividad D es ahora su ES más el tiempo de duración de la actividad D (EF(D) = 4 + 5 = 9). Se ha concluido el pase hacia adelante para esta red. El tiempo de terminación del proyecto es de 9, que es el EF de la última actividad.

La lógica que se aplicó en estos cálculos puede expresarse a través de las siguientes fórmulas:

ES(a) = 0 para las actividades de inicio
EF(a) = ES(a) + t(a)
ES(a) = Máx [EF (todos los predecesores de a)]
Tiempo de terminación del proyecto = Máx [EF (todas las actividades finales)]

donde t(a) denota la duración de la actividad a.

A continuación, se necesita el pase hacia atrás para calcular el **inicio tardío** (LS, *late start*) y la **terminación tardía** (LF, *late finish*) de los tiempos. El pase hacia atrás se basa en los siguientes cálculos:

LF(a) = Mín [LS (todos los sucesores de a)]
LS(a) = LF(a) − t(a)

Estos últimos tiempos se calculan principiando con la última atividad de la red y procediendo hacia atrás a través de toda la red. El tiempo LF para la actividad D de la figura 14.5 es el mismo que el de EF ya que ésta es la última actividad. Además, el LS para la actividad D es el mismo que el de ES. El LF para las actividades B y C es igual al LS de la actividad

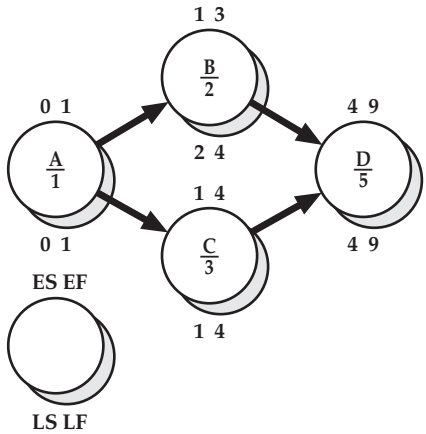


FIGURA 14.5
Pase hacia adelante y hacia atrás para la escritura de un reporte de negocios.

D porque es el único sucesor. El LS para las actividades B y C se obtiene sustrayendo sus tiempos de actividad. Para la actividad A hay dos sucesores, B y C, y, por lo tanto, el LF para la actividad A debe ser el mínimo del LS para los sucesores, Mín (1, 2) = 1. La razón por la cual se utiliza el mínimo es que la actividad A debe concluir a tiempo tanto para B como para C para lograr tiempos de inicio retardados, si es necesario, o la terminación del proyecto se demorará. El LS para la actividad A es su LF menos el tiempo de la actividad, $1 - 1 = 0$.

Como una verificación de nuestros cálculos, debe determinarse si ES = LS y EF = LF para la actividad A, la primera de la red. Después de ir hacia atrás, debe terminarse siempre con los mismos números con los que se inició cuando se procedió hacia adelante.[3]

También puede identificarse ahora la **ruta crítica** para el camino más largo de la red desde el principio hasta el final. Consiste en todas aquellas actividades en las que ES = LS y EF = LF. En este caso, la ruta crítica de las actividades es A-C-D. Para estas actividades, la fecha más temprana en la que pueden comenzar es, además, la fecha más tardía en la que pueden iniciarse. Como suele decirse, no existe tiempo inactivo en las actividades sobre la ruta crítica. Ésta restringe el tiempo de terminación del proyecto pues es la ruta más larga de los tiempos de las actividades desde el inicio hasta el fin del proyecto. En el ejemplo de la figura 14.5 existen sólo dos rutas a través de la red: A-B-D y A-C-D. La longitud de estas rutas es de 8 y 9, respectivamente. Tales longitudes se obtienen añadiendo los tiempos de las actividades a lo largo de cada ruta. De estos cálculos se hace evidente que la ruta A-C-D es la más larga de las dos y, por lo tanto, es la ruta crítica. Observe que la longitud de la ruta crítica es el tiempo de terminación del proyecto que se acaba de calcular.

En los ejemplos grandes no es posible evaluar todas las rutas, como se hizo para encontrar la ruta más larga, pues existen demasiadas de ellas; por lo tanto, se emplean los pases hacia adelante y hacia atrás para hallar la ruta crítica haciendo notar aquellas actividades donde ES = LS o, de manera equivalente, EF = LF. En otras palabras, las actividades críticas comprenden la cadena más larga porque la primera que pueden empezar es, también, la más tardada que pueden iniciar y la que primero se puede terminar es, además, la más tardada que pueden completar.

El **tiempo inactivo** se define como la diferencia matemática entre LS y ES, o equivalentemente LF-EF. En la figura 14.5 sólo existe una actividad con tiempo inactivo —la actividad B con una unidad de tiempo inactivo—. Ello significa que la duración de la actividad B puede deslizarse un día sin afectar todavía la fecha de terminación del proyecto. En este caso, resulta sencillo observar que, una vez que la actividad B se deslice un día, también está sobre la ruta crítica y el proyecto tiene dos rutas críticas en ese punto.

En la administración de un proyecto, todas las actividades sobre la ruta crítica deben controlarse cuidadosamente. Si cualquiera de las actividades críticas se desliza (toma más tiempo que el planeado), la fecha de terminación del proyecto se deslizará en una cantidad

[3] Esto supone que el proyecto empieza con una sola actividad.

TABLA 14.5
Precedencia y tiempos para la apertura de una nueva oficina

Actividad	Descripción	Predecesores inmediatos	Tiempo de actividad	Cálculo del tiempo inactivo
1	Arrendamiento del sitio	Ninguno	1	0
2	Contratación de los trabajadores	1	5	0
3	Arreglos para el mobiliario	1	1	1
4	Instalación del mobiliario	3	2	1
5	Arreglos para los teléfonos	1	1	3
6	Instalación de los teléfonos	4, 5	1	1
7	Mudanza a la nueva oficina	2, 6, 4	2	0

similar. En un proyecto común, con únicamente algunos cientos de actividades, sólo entre 5 y 10% de todas las actividades están en la ruta crítica; así, el control de las actividades críticas proporciona una reducción significativa en el esfuerzo administrativo.

Ahora, es evidente que los cálculos de la red poseen varias ventajas sobre las gráficas de Gantt. Las redes permiten una determinación precisa de la ruta crítica y del tiempo inactivo y, asimismo, hacen posible una evaluación rápida de los cambios propuestos en el programa. Además, las ideas de la ruta crítica y del tiempo inactivo son importantes por derecho propio.

Ejemplo

Se retoma el ejemplo de la apertura de una nueva oficina que se usó en la gráfica de Gantt (figura 14.2) y se programa utilizando la representación de una red. Primero, se necesita especificar las relaciones de precedencia y los tiempos de las actividades; éstos se muestran en la tabla 14.5. Es lógico que no se pueda instalar el mobiliario antes de que se efectúen los arreglos pertinentes, del mismo modo que no pueden instalarse los teléfonos antes de hacer los arreglos correspondientes. Asimismo, se especificó que los mobiliarios deberán instalarse antes de colocar los teléfonos para saber dónde situar las conexiones del teléfono y, desde luego, todo debe terminarse antes de la mudanza a la oficina. Estas relaciones de precedencia se ilustran en la red de la figura 14.6.

En la figura 14.6 se hizo un pase hacia adelante y otro hacia atrás para determinar el ES, EF y LS, LF de cada actividad. Cuando se hace el pase hacia adelante, la actividad 6 no puede empezar hasta que las actividades 5 y 4 hayan terminado. La actividad 7 no puede comenzar hasta que las actividades 2, 6, y 4 hayan finalizado; por lo tanto, ES(7) = Máx[EF(2), EF(6) y EF(4)] = Máx[6, 5, 4] = 6. Cuando se hace el pase hacia atrás, se inicia con el LF de la actividad 7 y se trabaja hacia atrás. Posteriormente, se da una mirada cercana al LF para la actividad 4. Es el Mín[LS(6), LS(7)] = Mín (5, 6) = 5. Los cálculos restantes hacia atrás son sencillos. Como una verificación de nuestras matemáticas, se hace notar para la actividad 1 que ES = LS y el EF = LF.

La ruta crítica consiste en aquellas actividades en las que ES = LS y EF = LF; es decir, la ruta 1-2-7. Precisamente para verificar nuestra lógica, existen cuatro rutas en esta red con las siguientes longitudes, las cuales se obtienen añadiendo los tiempos a lo largo de cada ruta.

Actividades	Tiempo total
1-2-7	8
1-5-6-7	5
1-3-4-6-7	7
1-3-4-7′	6

Como puede observarse, la ruta 1-2-7 es la trayectoria más larga a través de la red y, por lo tanto, la ruta crítica. Aquellas actividades que no están en la ruta crítica tienen algo de tiempo inactivo, como se presenta en la tabla 14.5. Estas cifras se obtienen simplemente sustrayendo LS − ES o LF − EF para cada actividad. El tiempo inactivo es la cantidad de tiempo en la que puede deslizarse una actividad antes de afectar la fecha de terminación del proyecto.

Es posible incluir los resultados de los cálculos de la ruta crítica en un formato de gráficas de Gantt; en este caso, se empieza cada actividad en su tiempo de inicio anticipado y se sigue con una línea quebrada para mostrar el tiempo inactivo de cada actividad, lo que brinda una útil representación de la ruta crítica junto con el tiempo inactivo, vea la figura 14.7. A continuación, la red de tiempo constante se amplia para considerar el PERT y el CPM.

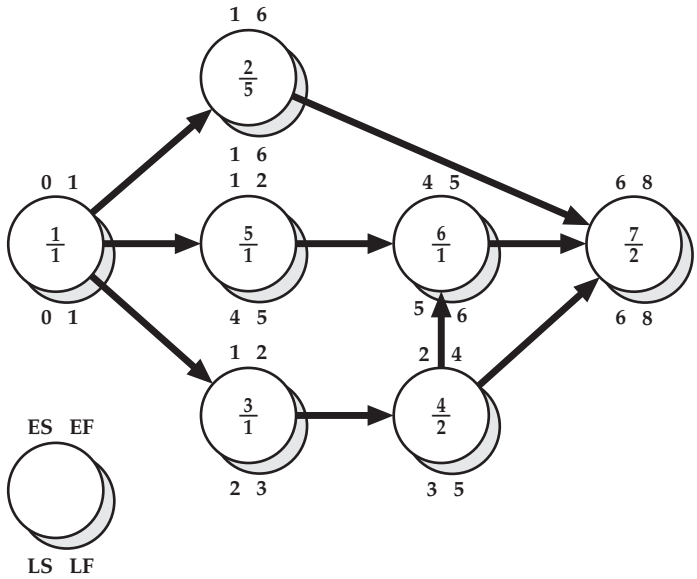


FIGURA 14.6
Red para la apertura de una nueva oficina.

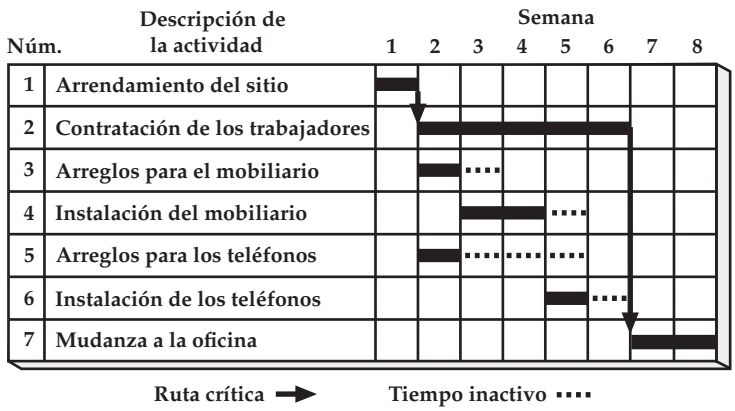


FIGURA 14.7
Ejemplo de un proyecto de una gráfica de Gantt.

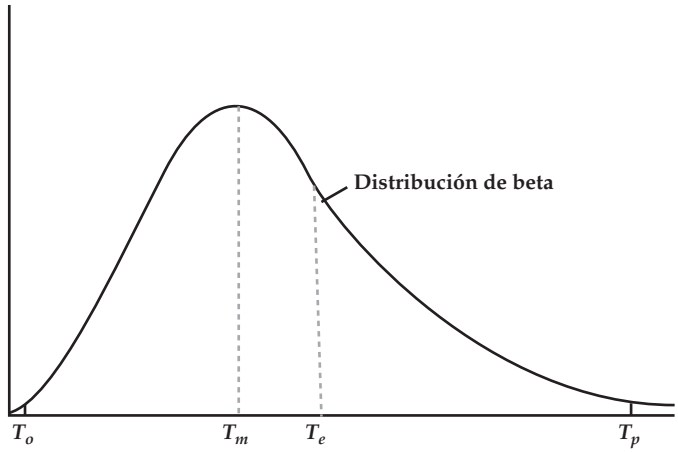
14.5 MÉTODO PERT

La **técnica de revisión y evaluación de programas** (PERT, *program evaluation review technique*) es un método de red para la programación de proyectos que se desarrolló por primera vez a mediados de la década de 1950 para el proyecto del submarino nuclear Polaris. La técnica se empleó para programar más de 3 000 contratistas, proveedores y agencias y ha recibido créditos por poner en servicio el primer submarino nuclear con dos años de anticipación respecto del programa.

Como se define originalmente, el PERT requiere de tres estimaciones de tiempo para cada actividad: una de tiempo optimista, T_o; una del tiempo más probable, T_m, y una estimación de tiempo pesimista, T_p. Éstas reconocen la incertidumbre en el tiempo de las actividades que es característica de los proyectos de investigación y desarrollo y en muchos otros proyectos con tiempos de actividades que son difíciles de predecir. Asimismo, la técnica PERT supone que los tiempos de la actividad real se distribuyen de acuerdo con la distribución de probabilidad de beta, la cual se encuentra sesgada a la derecha con estimaciones de tiempo que entrañan más probabilidades de exceder al promedio que de ser inferiores a él (observe la figura 14.8 en donde se presenta la forma común de la distribución de beta).

La experiencia muestra que las estimaciones de tiempo con frecuencia exceden al tiempo más probable o a la mejor estimación en las actividades de un proyecto porque las personas tienden a ser excesivamente optimistas en ello. Esto conduce a una distribución que

FIGURA 14.8
Tiempos de actividades del PERT.



está sesgada a la derecha, como se ilustra en la figura 14.8. Los tiempos reales exceden al tiempo más probable con más frecuencia que cuando se sitúan antes de él.

Partiendo de la distribución de beta, es posible convertir la red PERT en una red de tiempo constante usando los tiempos esperados, T_e, para cada actividad. De acuerdo con la distribución de beta, el promedio o el tiempo esperado puede calcularse así:

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6}$$

En esta fórmula, el tiempo más probable pesa cuatro veces más que el tiempo optimista y que el tiempo pesimista. El valor de T_e se usa, entonces, como la única estimación de tiempo constante para cada actividad. Con estos tiempos esperados, puede utilizarse el método del tiempo constante de la pasada sección para calcular los tiempos de ES, EF, LS y LF.

No obstante, el problema de la incertidumbre en los tiempos de las actividades no puede eliminarse tan fácilmente. Cuando los tiempos de las actividades individuales son inciertos, el tiempo total de la terminación del proyecto también será incierto. Para afrontar este problema, los cálculos PERT suponen que la varianza en los tiempos totales de terminación del proyecto pueden calcularse añadiendo las variaciones a lo largo de la ruta crítica; éste es un supuesto razonable cuando no hay rutas cercanas a la ruta crítica en la red. En este caso, la varianza (Var_i) de cada actividad (i) de la ruta crítica se estima como sigue:

$$\text{Var}_i = \left(\frac{T_p - T_o}{6}\right)^2$$

Esta fórmula se basa en el supuesto de que los tiempos pesimista y optimista cubrirán seis desviaciones estándar sobre la distribución de beta.[4] De este modo, la varianza es el cuadrado de las desviaciones estándar.

Si se permite que T sea el tiempo total de terminación del proyecto, entonces podemos calcular:

$$E(T) = \sum_{\text{ruta crítica}} T_e$$

$$\text{Var}(T) = \sum_{\text{ruta crítica}} \text{Var}_i$$

donde $E(T)$ denota el valor esperado de T y $\text{Var}(T)$ la varianza de T.

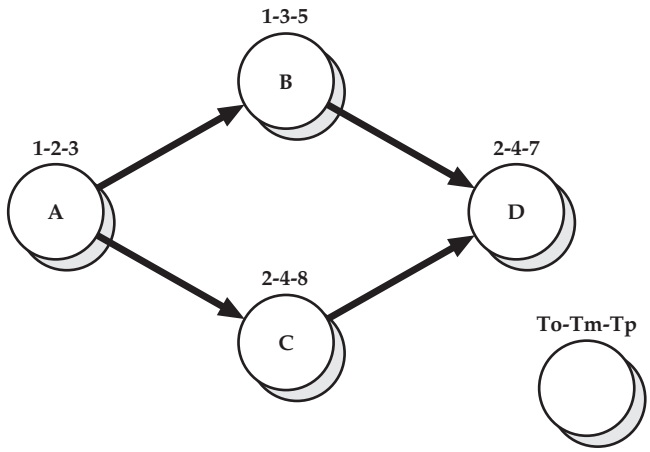
También se supone que la distribución de los tiempos de terminación del proyecto es normal. Dicho supuesto se basa en el teorema del límite central, el cual garantiza que la suma de los tiempos aleatorios tenderá a ser una distribución normal en condiciones más

[4] Este supuesto, a la vez, implica que T_o debería establecerse en aproximadamente el primer percentil, mientras que T_p se establece en el percentil 99.

bien generales. Puesto que se conoce la media y la varianza de la distribución normal de los tiempos de terminación del proyecto, es posible calcular la probabilidad de terminar el proyecto en cualquier fecha particular estandarizando la variable normal y usando una tabla de probabilidades normales. A continuación se presenta un ejemplo de estos cálculos.

Ejemplo

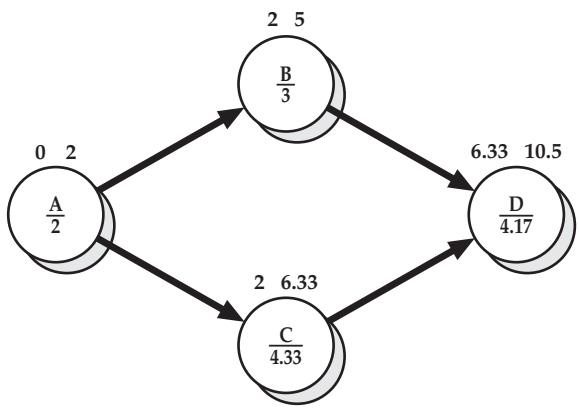
A continuación se presenta una red PERT y tres estimaciones de tiempo para cada actividad. Calcule la probabilidad de que el proyecto se complete en el tiempo 12.



Con las fórmulas que se proporcionaron en el texto, calcúlese el tiempo esperado y la varianza para cada actividad como sigue:

Actividad	T_e	Varianza de la actividad
A	2.00	.111
B	3.00	.444
C	4.33	1.000
D	4.17	.694

Con los valores de T_e, se realiza un pase hacia adelante para calcular el tiempo de terminación del proyecto de 10.5 a continuación.



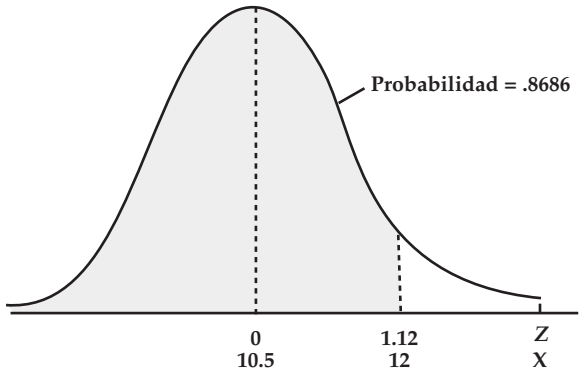
La varianza del tiempo de terminación del proyecto (1.80) es la suma de las variaciones a lo largo de la ruta crítica (A-C-D).

$$\text{Var}(T) = .111 + 1.000 + .694 = 1.80$$

Se supone que el tiempo de terminación del proyecto tiene una distribución normal con una media de 10.5 y una desviación estándar de $\sqrt{1.80} = 1.342$. La probabilidad de que el tiempo de terminación del proyecto sea de 12 días o menos se obtiene calculando la varianza normal estándar, la cual es

$$Z = \frac{12 - 10.5}{1.342} = 1.12$$

Partiendo de la tabla de probabilidades normales (apéndice A), la probabilidad de terminación en el tiempo 12 (para $Z = 1.12$) es de .8686. El diagrama que se presenta abajo exhibe el área de probabilidad bajo la curva normal.



El hecho de tratar con la incertidumbre o la condición aleatoria de las estimaciones individuales de tiempo es la esencia de las redes PERT. Cuando los tiempos individuales de la actividad son aleatorios, el tiempo de terminación del proyecto también lo será; por lo tanto, no es apropiado, en este caso, establecer fechas concretas de terminación del proyecto. Cada fecha de finalización tendrá una probabilidad cierta de cumplirse, la cual es una función de las incertidumbres en las actividades individuales y en las relaciones de precedencia. Desde un punto de vista administrativo, es mucho mejor reconocer la incertidumbre en las fechas de terminación que forzar el problema dentro de un marco conceptual de tiempo constante.

Otro concepto que surge de una red PERT es la idea de una ruta crítica probabilística. Siguiendo la lógica del PERT, no existe una ruta crítica cierta; en lugar de ello, cada actividad entraña una probabilidad de estar en dicha ruta, algunas actividades poseen probabilidades cercanas a cero y otras cercanas a uno. En sí misma, la ruta crítica es aleatoria cuando los tiempos de las actividades son inciertos.

Los cálculos del PERT se ampliaron para reducir los supuestos inherentes en la metodología PERT. Una forma de conseguirlo es estimular la red tomando muestras de tiempos aleatorios para cada actividad. Como resultado, puede calcularse una distribución exacta del tiempo de finalización del proyecto y una probabilidad de que cada actividad esté sobre la ruta crítica.

14.6 MÉTODO CPM

El **método de la ruta crítica** (CPM, *critical path method*) lo desarrolló E. I. du Pont de Nemours & Co. como una forma de programar el inicio y el cierre de las grandes plantas. Debido a que las actividades de la planta se repetían con frecuencia, los tiempos estaban muy bien identificados; sin embargo, el tiempo de cualquier actividad podría comprimirse gastando más dinero. Por lo tanto, el CPM supone una negociación de ventajas y desventajas entre el tiempo y el costo en lugar de los tiempos probabilísticos que se emplean en el PERT.

El método CPM de programación de proyectos utiliza una función tiempo-costo del tipo que se muestra en la figura 14.9 para cada actividad. La actividad puede completarse en un tiempo proporcionalmente menor si se gasta más dinero. Para expresar esta relación supuesta tiempo-costo, se otorgan cuatro cifras para cada tarea: tiempo normal, costo normal, tiempo comprimido y costo comprimido.

La red del proyecto se resuelve inicialmente con tiempos normales y costos normales para todas las actividades; si el tiempo resultante de terminación del proyecto y los costos

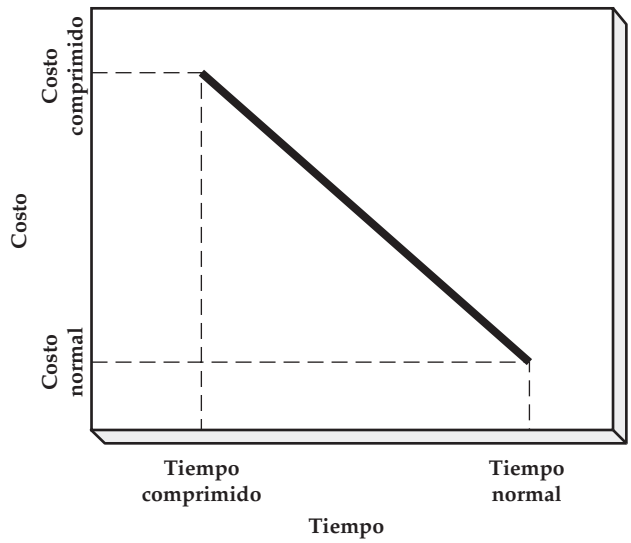


FIGURA 14.9
Relación tiempo-costo en el CPM.

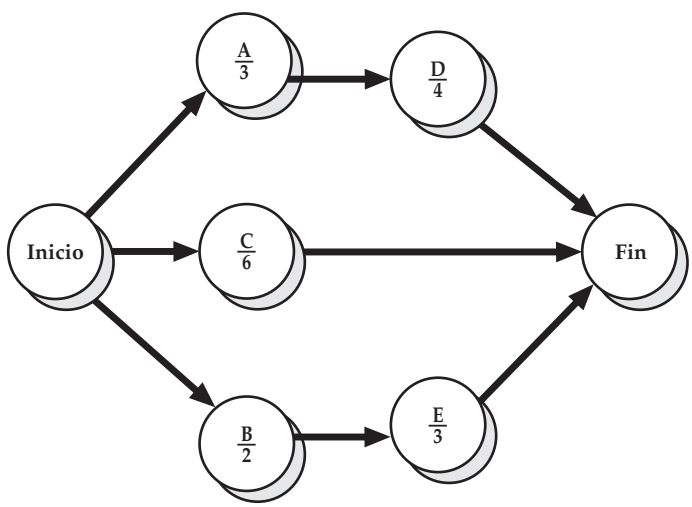
son satisfactorios, todas las tareas se programarán en sus tiempos regulares. Si el tiempo de finalización del proyecto es demasiado largo, el proyecto se podrá completar con un menor tiempo a un costo más grande.

Para cualquier tiempo de terminación de un proyecto que sea inferior al regular, existe un gran número de posibilidades de redes, cada una con un costo total diferente. Esto ocurre puesto que puede disminuirse una variedad de diferentes tiempos de actividades para satisfacer cualquier tiempo especificado de terminación del proyecto. Todas esas posibilidades pueden evaluarse por medio de un problema de programación lineal (LP, *linear programming*). El problema de programación lineal se emplea para encontrar la solución que representa el costo total mínimo del proyecto para cualquier tiempo dado de terminación del proyecto.

Para ilustrar los principios involucrados, más abajo se proporciona un ejemplo que muestra cómo calcular los tiempos y los costos normales y cómo establecer la mejor forma de reducir la finalización del proyecto en un día. Aunque este ejemplo sencillo se evalúa con facilidad, será necesario, a medida que la red se vuelva más compleja, usar la programación lineal para evaluar todas las combinaciones.

Ejemplo

Más adelante se presenta una red de un proyecto junto con los tiempos y los costos de las actividades. Calcule el tiempo y el costo normal del proyecto. Además, calcule la forma con el costo mínimo que permita reducir el tiempo normal de terminación del proyecto en un día.

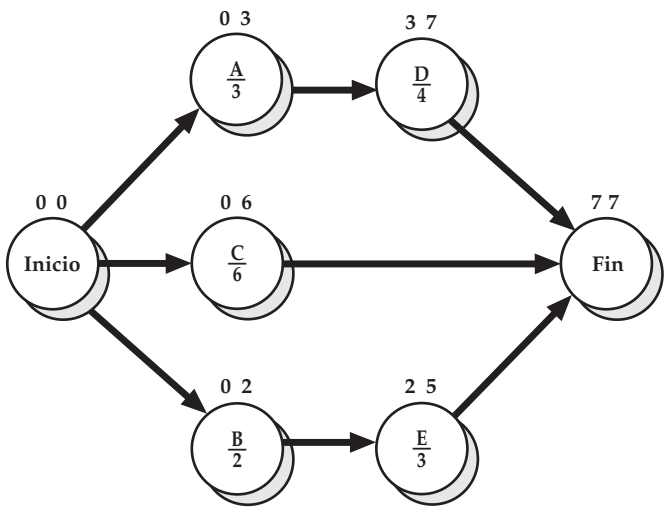


Observe que, cuando hay más de un nodo inicial (en este caso A, B y C), se añade un nodo inicial a la red; también, que cuando existe más de un nodo final (en este caso D, C y E), se agrega un nodo final a la red.

Actividad	Tiempo normal	Costo normal	Tiempo comprimido	Costo comprimido
A	3	40	1	80
B	2	50	1	120
C	6	100	4	140
D	4	80	2	130
E	3	60	1	140

Solución

El tiempo normal de terminación del proyecto se calcula estableciendo todas las actividades en sus tiempos regulares y haciendo un pase hacia adelante. El tiempo común de terminación del proyecto resultante es siete. Vea los cálculos de tiempo ES, EF que se presentan más abajo.



El costo normal del proyecto es la suma de los costos normales para todas las actividades, lo cual es igual a 330 dólares.

El hecho de comprimir una o más actividades sobre la ruta crítica puede reducir el tiempo de terminación del proyecto en un día; por lo tanto, se calcula el costo de las actividades por día para cada actividad sobre la ruta crítica que puede comprimirse por lo menos en un día y, posteriormente, se elige el costo mínimo por día de estas tareas. Se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{Costo de la actividad/día} = \frac{\text{Costo comprimido \$} - \text{Costo normal \$}}{\text{Días normales} - \text{Días comprimidos}}$$

El tiempo de terminación del proyecto puede reducirse de siete a seis días, ya sea comprimiendo la actividad A o la D, las dos únicas sobre la ruta crítica, en un día. Tiene un costo de 20 dólares por día = (80 − 40)/(3 − 1) comprimir la actividad A y de 25 dólares diarios = (130 − 80)/(4 − 2) comprimir la actividad D por un día; por lo tanto, es menos costoso comprimir la actividad A en un día con la finalidad de lograr un tiempo general de terminación del proyecto de seis días a un costo de 350 dólares. Este proceso puede continuarse, comprimiendo la actividad con el costo más bajo sobre la ruta crítica (la cual puede cambiar en sí misma) un día a la vez hasta que se alcance el tiempo mínimo de terminación del proyecto.

Observe que, en este ejemplo, el tiempo de terminación del proyecto puede disminuirse una unidad a la vez incurriendo en más costos. Ello puede continuarse hasta que todas las actividades sobre la ruta crítica queden comprimidas a sus tiempos mínimos o hasta que otras rutas se conviertan en rutas críticas. Las actividades restantes pueden tener algún tiempo inactivo en ellas. La administración puede determinar cuánto costará obtener cualquier tiempo determinado de terminación del proyecto entre el tiempo normal y el tiempo

mínimo totalmente comprimido simplemente disminuyendo el tiempo de terminación del proyecto en una unidad a la vez hasta que se alcancen los tiempos totales comprimidos.

14.7 USO DE LOS CONCEPTOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

La administración de proyectos requiere de muchos elementos además de la programación: se necesita la planeación para el proyecto antes de empezar la programación y se solicita el control después de desarrollar el programa. La administración de proyectos implica una mezcla de habilidades conductistas y cuantitativas, involucrando con frecuencia el uso de equipos interfuncionales; por lo tanto, los métodos de programación deben verse únicamente como una parte de un enfoque completo para la administración de proyectos.

Al seleccionar los métodos de programación de proyectos, debe hacerse una negociación consciente entre las ventajas y desventajas provenientes de métodos sofisticados y los costos correspondientes. Los métodos de las gráficas de Gantt no deben verse como anticuados o ingenuos. En lugar de ello, las gráficas de Gantt se justifican para proyectos en los cuales las actividades no están altamente interconectadas o para proyectos pequeños. En los casos en los que las gráficas de Gantt se justifican, un método de red puede no aportar beneficios adicionales en relación con sus costos.

Si se justifica un método de redes, debe elegirse entre métodos de tiempo constante, PERT, CPM o métodos más avanzados. El método de tiempo constante es adecuado para aquellos casos en los que los tiempos de las actividades son continuas o aproximadamente constantes. Si los tiempos de las actividades son aleatorios, debe elegirse una red PERT para reflejar la incertidumbre en forma directa; por lo tanto, el PERT puede aplicarse a situaciones como investigación y desarrollo, diseño de sistemas de cómputo e invasiones militares en donde se espera que los tiempos de las actividades varíen.

En contraste, los métodos CPM deben emplearse cuando los tiempos de las actividades son bastante continuos, pero pueden reducirse gastando más dinero. El CPM podría aplicarse en casos como proyectos de construcción, instalación de equipamientos y arranques y terminaciones de plantas. Los métodos más avanzados de redes incluyen las redes generalizadas, las redes restringidas por los recursos y la administración de proyectos basada en la teoría de las restricciones. Estos métodos están más allá del alcance de este libro.

Los métodos computarizados de programación de redes se utilizan en la práctica. Se dispone de un alto número de distintos paquetes estándar de programas de cómputo para cubrir la totalidad de la gama de métodos de programación. Estos paquetes no solamente apoyan la programación, sino que asisten en la contabilidad de proyectos y en el control del progreso. El cuadro "Liderazgo operativo" describe la naturaleza del Microsoft Project, un paquete líder de programas de cómputo que se aplica para la administración de proyectos.

Cadbury Schweppes, una compañía internacional de confitería y bebidas, implantó una nueva cartera y un nuevo sistema computarizado de procesos para apoyar el crecimiento y

Liderazgo operativo Microsoft Project

Microsoft Project es parte de la suite de programas de Office y se usa ampliamente para planear, programar y controlar proyectos. El paquete requiere que el usuario alimente una lista de actividades para un proyecto junto con su duración y sus relaciones de precedencia. El usuario define un calendario para los tiempos disponibles para el trabajo y entonces el sistema programa las tareas. Los recursos pueden vincularse a cada una de las actividades para proporcionar información de recursos y de costos. Una vez que se inicia el proyecto, el progreso puede mostrarse en el programa y pueden efectuarse ajustes a medida que sea necesario. El programa se puede exponer como una gráfica de Gantt o bien como un diagrama de red. Para mayores informes y una demostración a prueba, visite www.microsoft.com/project.

la innovación a escala mundial. El sistema de administración de proyectos ayudará a 2 400 administradores en el desarrollo de productos, el marketing y la estrategia comercial en 45 países; será un nuevo depositario para la información de desarrollo de nuevos productos, así como para el apoyo de la planeación de carteras de productos y para facilitar los proyectos de desarrollo de nuevos productos.[5]

14.8 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

La planeación y la programación de proyectos se relacionan con una actividad de producción de carácter único y que ocurre una sola vez. Ya que los proyectos son únicos, el problema de programación es del todo distinto al de las operaciones continuas.

Los principales aspectos que se cubrieron en este capítulo incluyen lo siguiente:

- En los proyectos, los tres objetivos son el tiempo, el costo y el desempeño. Ya que estos objetivos están en conflicto, en el curso de la administración de proyectos deben buscarse constantemente negociaciones entre ellos.
- Todos los proyectos pasan a través de cuatro fases: planeación, programación, control y cierre. La fase de planeación establece los objetivos, la organización y los recursos para el proyecto. La fase de programación determina el programa de tiempo, el costo y las asignaciones de personal. La fase de control supervisa el progreso del proyecto en lo referente a costo, tiempo y desempeño; también corrige el plan y el programa a medida que ello sea necesario para lograr los objetivos del proyecto. La fase de cierre concluye el proyecto y lo entrega a los propietarios.
- La administración de proyectos es una profesión que incluye un cuerpo de conocimientos y una certificación como administrador de proyecto.
- La gráfica de Gantt es un método de programación para mostrar las actividades de un proyecto en una forma de gráfica de barras; es de utilidad para los proyectos pequeños o para aquellos en los cuales las actividades no están altamente interrelacionadas.
- Existen tres métodos de programación de redes: tiempo constante, PERT y CPM. Todos ellos se basan en una red o una gráfica para representar las relaciones de precedencia entre actividades.
- Una red permite identificar la ruta crítica, el tiempo inactivo y las actividades que necesitan reprogramarse. La ruta crítica es la trayectoria de tiempo más larga de las actividades desde el inicio hasta el final de la red. Las actividades sobre la ruta crítica tienen un tiempo inactivo de cero y deben completarse a tiempo para prevenir el deslizamiento de la fecha de terminación del proyecto. Un periodo inactivo alude a la cantidad de tiempo en la cual puede extenderse una actividad y permitir todavía que el proyecto se termine a tiempo.
- Pueden calcularse los tiempos de inicio temprano, de inicio tardío, de terminación temprana y de terminación tardía para cada actividad por medio de un pase hacia adelante y un pase hacia atrás a través de la red.
- El PERT es un método de programación de proyectos basado en redes que requiere de tres estimaciones de tiempo para cada actividad: optimista, más probable y pesimista. Cuando se usan estas tres estimaciones, puede calcularse una probabilidad de la terminación del proyecto en cualquier fecha especificada, junto con los tiempos estándar de inicio y de terminación para cada actividad o evento.
- El CPM es un método basado en redes que emplea una negociación lineal entre el tiempo y el costo. Cada actividad puede completarse en un tiempo inferior a su tiempo normal comprimiendo la actividad en cuestión por un costo determinado. De este modo, si el tiempo normal de terminación del proyecto no es satisfactorio, ciertas actividades pueden comprimirse para completar el proyecto en menos tiempo y a un costo más grande.

[5] Vignette Corporation (2005).

Términos clave

Proyecto
Costo del proyecto
Programa
Desempeño
Negociaciones de ventajas y desventajas
Planeación
Programación
Estructura de división del trabajo
Control del proyecto
Cierre de un proyecto
Redes de tiempo constante
Actividad en nodo
Inicio temprano
Terminación temprana
Inicio tardío
Terminación tardía
Ruta crítica
Tiempo inactivo
PERT
CPM

Usted decida

¿Los proyectos grandes y complejos pueden controlarse a través de sistemas de planeación y programación igualmente grandes y complejos?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. Primavera/Oracle
   http://www.oracle.com

Recopile información acerca de la planeación y la programación de proyectos con el programa de cómputo Primavera. Asista a clase preparado para exponer sus hallazgos.

2. Microsoft Project
   http://www.microsoft.com/office/project

Seleccione el programa de cómputo de administración de proyectos más reciente (por ejemplo, Project 2007) y escriba un breve reporte sobre sus principales características y capacidades para la planeación, programación y control de proyectos. Puede trabajar con la versión de demostración de Project 2007 para aprender acerca del paquete.

3. Project Management Institute
   http://www.pmi.org

Consulte este sitio para aprender más acerca del Project Management Institute.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema

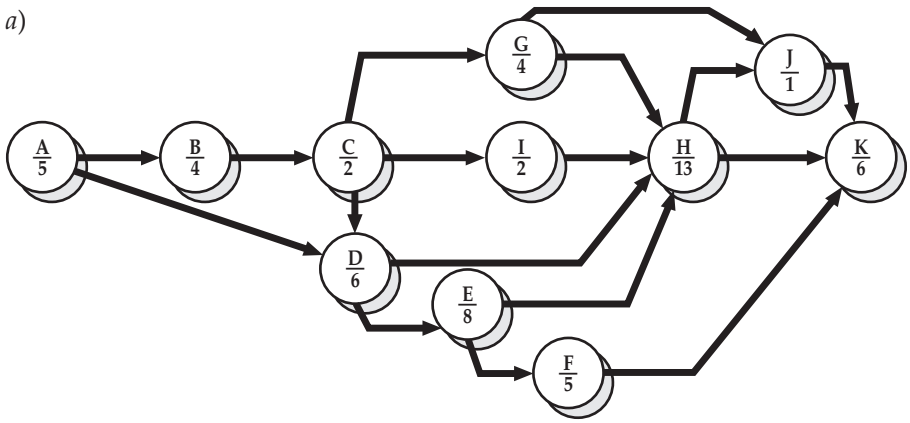
1. **Método de actividades en nodo.** A continuación se presenta una lista de actividades, relaciones de precedencia y tiempos de actividad para un proyecto:

Nombre de la actividad	Antecesor	Actividades
A	—	5
B	A	4
C	B	2
D	A,C	6
E	D	8
F	E	5
G	C	4
H	D,E,G,I	13
I	C	2
J	G,H	1
K	F,H,J	6

a) Dibuje un diagrama de red de actividades en nodo.
b) Calcule los tiempos de un inicio temprano (ES), un inicio tardío (LS), una terminación temprana (EF) y una terminación tardía (LF) para cada actividad en la red.
c) ¿Cuál es la ruta crítica? ¿Cuál es el tiempo esperado de terminación para el proyecto?

Solución

a)



b) Actividad

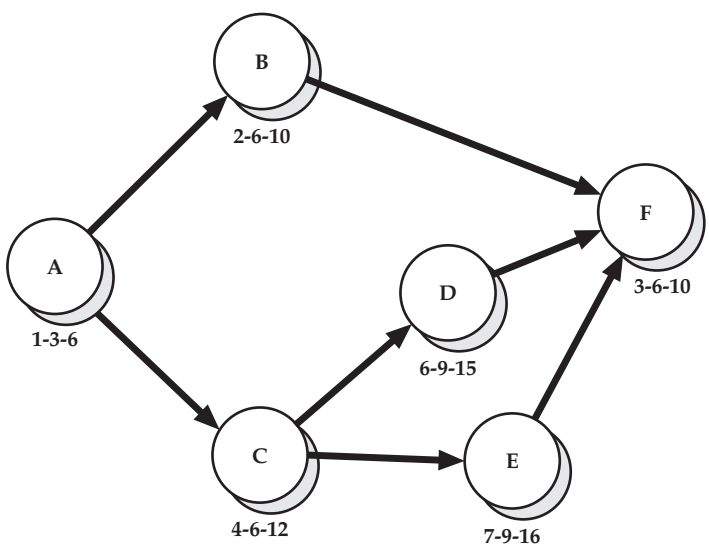
Nombre	ES	LS	EF	LF	Tiempo inactivo
A	0	0	5	5	0
B	5	5	9	9	0
C	9	9	11	11	0
D	11	11	17	17	0
E	17	17	25	25	0
F	25	34	30	39	9
G	11	21	15	25	10
H	25	25	38	38	0
I	11	23	13	25	12
J	38	38	39	39	0
K	39	39	45	45	0

c) La ruta crítica se integra con las actividades que no tienen tiempo inactivo:

A-B-C-D-E-H-J-K

Problema

2. En relación con un proyecto militar secreto, más abajo se proporciona una red PERT donde se presentan los tiempos optimistas, más probables y pesimista de las actividades y se enlistan bajo cada nodo.



a) ¿Cuál es el tiempo esperado para cada actividad del proyecto?
b) ¿Cuál es la varianza asociada con el tiempo de cada actividad en el proyecto?
c) ¿Cuál es la ruta crítica para el proyecto?

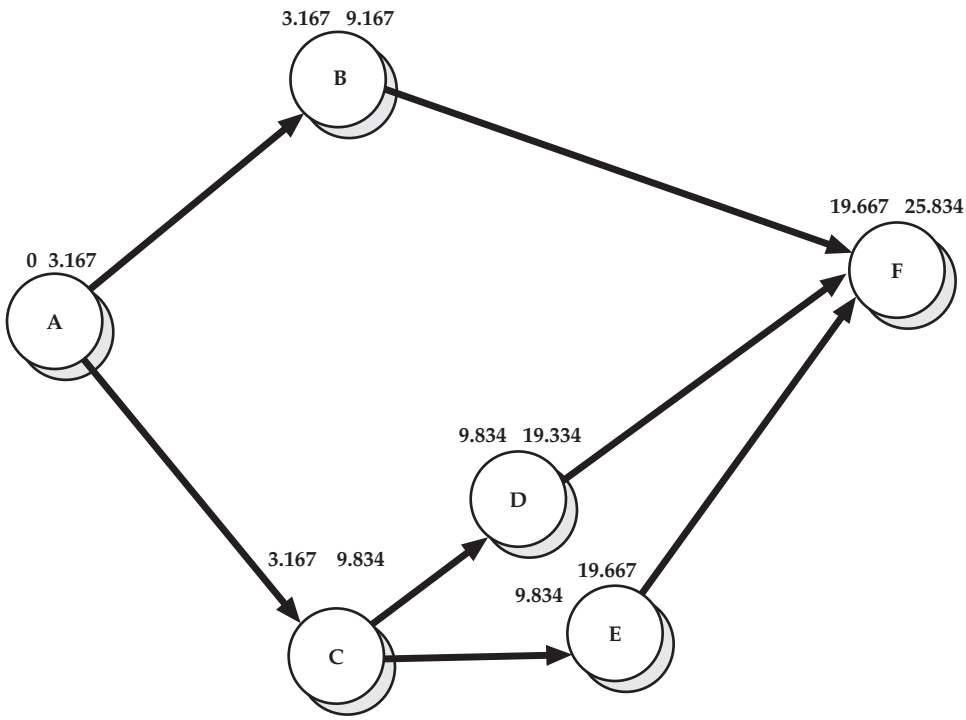
d) ¿Cuál es el tiempo esperado de terminación del proyecto?
e) ¿Cuál es la varianza del tiempo de terminación del proyecto?
f) ¿Cuál es la probabilidad de que el proyecto se termine en 24 y en 26 días?

Solución

a) y *b*)

Actividad	T_o	T_m	T_p	Tiempo esperado $(T_o + 4T_m + T_p)/6$	Varianza $[(T_p - T_o)/6]^2$
A	1	3	6	3.167	0.694
B	2	6	10	6.000	1.778
C	4	6	12	6.667	1.778
D	6	9	15	9.500	2.250
E	7	9	16	9.833	2.250
F	3	6	10	6.167	1.361

c) La ruta crítica para el proyecto se determina haciendo un pase hacia adelante, como se muestra más abajo. La ruta crítica es A-C-E-F.



d) El tiempo esperado de terminación del proyecto es la suma de los tiempos esperados a lo largo de la ruta crítica, que también es el tiempo EF para el nodo F: E(T) = 25.834.
e) La varianza del tiempo de terminación en la suma de las variaciones a lo largo de la ruta crítica: Var(T) = .694 + 1.778 + 2.250 + 1.361 = 6.083.

f) La probabilidad de que el proyecto pueda completarse en un límite de tiempo especificado (TL) puede escribirse como

$$P[Z \leq [TL - E(T)]/SD(T)]$$

Donde $SD(T) = \sqrt{Var(T)} = \sqrt{6.083} = 2.466$

$$P[TL \leq 24] = P[Z \leq (24 - 25.834)/2.466)] = P[Z \leq -0.744] = .5 - .2703 = .2297$$

$$P[TL \leq 26] = P[Z \leq (26 - 25.834)/2.466)] = P[Z \leq 0.067] = .5 + .0279 = .5279$$

Use la tabla del apéndice A para buscar los valores anteriores con redondeo. Existe una probabilidad de 23% de que el proyecto pueda completarse en 24 días y una de 53% de que se complete en 26 días.

Problema

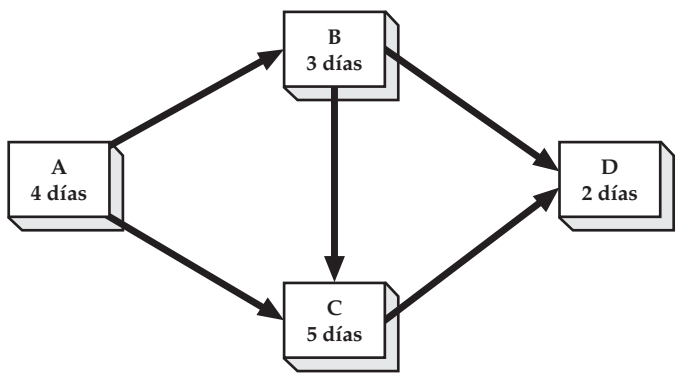
3. Se da la siguiente información para una red CPM.

Actividad	Antecesor	Sucesor	Tiempo normal	Costo normal	Tiempo comprimido	Costo comprimido
A	—	B, C	4	$50	2	$100
B	A	D, C	3	60	2	80
C	A, B	D	5	70	3	140
D	B, C	—	2	30	1	60

a) Dibuje la red que muestre los tiempos normales.
b) Haga un pase hacia adelante y otro hacia atrás para calcular el ES, el LS, el EF, el LF de cada actividad.
c) ¿Cuál es el tiempo normal de terminación del proyecto y cuál es el costo normal?
d) ¿Qué debería hacerse para comprimir la red en un día? ¿Y para comprimirla en dos?

Solución

a)



b)

Actividad	ES	EF	LS	LF
A	0	4	0	4
B	4	7	4	7
C	7	12	7	12
D	12	14	12	14

c) Tiempo normal de terminación del proyecto = 14, costo normal = $210.
d) Para reducir el tiempo en un día, cualquiera de las actividades sobre la ruta crítica (A, B, C o D) puede comprimirse. El costo de la compresión por día que es (A = $25, B = $20, C = $35, D = $30). El costo más bajo de hacer una compresión de un día es, por lo tanto, la actividad B. En este caso, el costo del proyecto es de $210 + $20 = $230 para una terminación del proyecto de 13 días. Para una compresión de 2 días, considere, además, la ruta crítica, ya que ninguna otra es mayor a 11 días. La actividad B no puede comprimirse por otro día y, entonces, el siguiente costo más bajo consiste en comprimir la actividad A en un día. El costo total para una terminación del proyecto de 12 días es de $210 + $20 + $25 = $255.

Preguntas de análisis

1. ¿Exactamente en qué difiere la programación de proyectos de la programación de operaciones continuas?
2. ¿Cómo auditaría usted, después de los hechos, un proyecto para determinar si tuvo éxito?
3. Aporte tres ejemplos de proyectos que no se hayan dado en el texto. ¿Estos proyectos son únicos o se repiten de alguna manera?
4. Contraste y compare el CPM y el PERT como técnicas de programación de proyectos.
5. Defina los términos *ruta crítica*, *ES* y *LF*.
6. ¿Cuál es el significado administrativo de encontrar la ruta crítica a través de una red?
7. ¿Cómo se emplea la gráfica de Gantt como una herramienta de programación?

¿Cuándo debería usarse la gráfica de Gantt en lugar de un método basado en redes?

8. ¿Qué es lo que se quiere decir con la necesidad de establecer negociaciones entre el costo, el desempeño y el programa? Proporcione ejemplos.
9. ¿Por qué se requiere un pase hacia adelante y un pase hacia atrás para elaborar el programa de un proyecto?
10. ¿Cuál es la definición del tiempo de inicio más temprano y el tiempo de inicio más tardío de una actividad y del tiempo de terminación más temprano y el tiempo de terminación más tardío de una actividad?
11. ¿Qué supuestos estadísticos se hacen en el PERT? ¿En qué condiciones son realistas esos supuestos?
12. Un administrador de investigación y desarrollo le dice que la parte estadística del PERT parece complicada y tal vez demasiado compleja para la programación de la investigación y el desarrollo. ¿Cuál sería su respuesta?
13. Suponga que una actividad en particular tiene una varianza muy alta en una gráfica del PERT. ¿Cómo afectaría esto los resultados?

Problemas

1. Una firma de contadores públicos requiere las siguientes actividades para una auditoría:

Actividad	Antecesor inmediato	Tiempo de la actividad
a	—	3
b	a	2
c	—	5
d	b, c	2
e	a	4
f	b, c	6
g	e, d	5

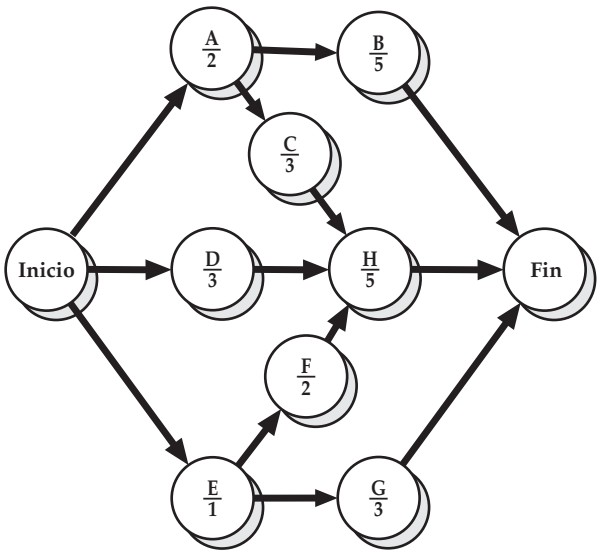
   a) Dibuje una red para este proyecto.
   b) Haga un pase hacia adelante y un pase hacia atrás para determinar el ES, LS, EF y LF.
   c) ¿Cuál es la ruta crítica y el tiempo de terminación del proyecto?
   d) Si la terminación del proyecto debe reducirse en dos días, ¿qué actividades podrían verse afectadas?

2. Se requieren las siguientes actividades para arrancar una nueva planta:

Actividad	Antecesor inmediato	Tiempo de la actividad
a	—	3
b	—	2
c	a	2
d	b	5
e	b	4
f	c, d	2
g	e, c, d	3

   a) Dibuje una red para este proyecto.
   b) Haga un pase hacia adelante y otro hacia atrás para determinar el ES, LS, EF, y LF.
   c) Calcule el tiempo inactivo.
   d) Prepare una gráfica de Gantt para este proyecto.

3. Un proyecto de construcción tiene los siguientes tiempos de redes y de actividades:



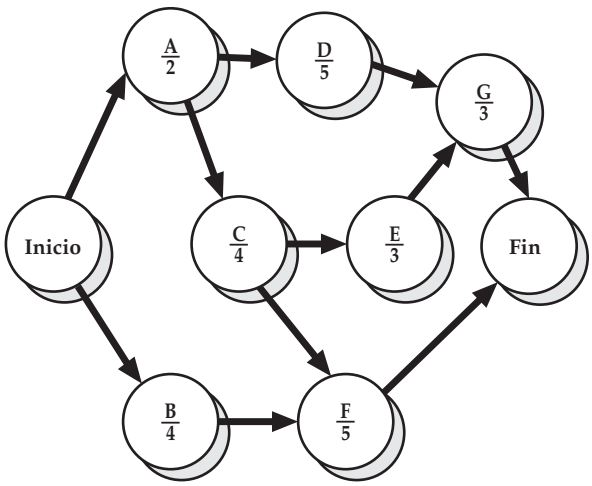
   a) Efectúe un paso hacia adelante y uno hacia atrás sobre los tiempos de las actividades.
   b) Encuentre el tiempo inactivo para cada actividad.
   c) Prepare una gráfica de Gantt para este proyecto.
   d) La actividad D se demorará un día. ¿Qué efecto tendrá eso sobre el proyecto?

4. El arranque de una planta se basa en la siguiente red:

Actividad	Antecesor inmediato	Tiempo de la actividad
a	—	4
b	—	8
c	—	3
d	a	3
e	a	6
f	c	5
g	b, d	6

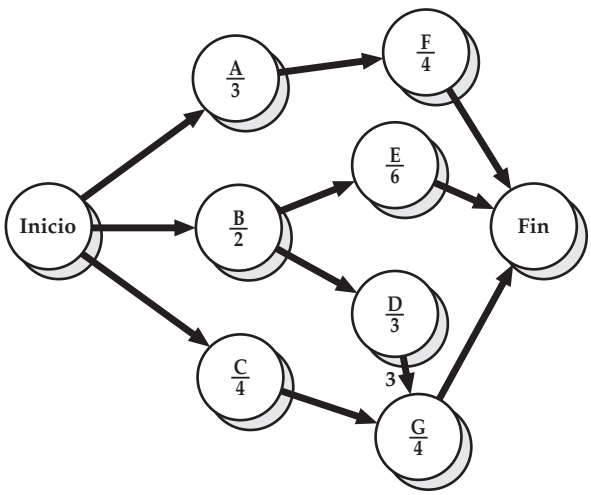
   a) Dibuje una red para este proyecto.
   b) ¿Cuál es el tiempo de terminación del proyecto?
   c) Identifique la ruta crítica.

5. Un empresario empieza un nuevo negocio. Las actividades y los tiempos que se requieren se proporcionan en seguida:



a) Encuentre la ruta crítica y el tiempo de terminación del proyecto.
b) ¿Cuál es el ES, LS, EF y LF de cada actividad?
c) ¿Qué cantidad de tiempo inactivo hay en la actividad D?

6. Al prepararse para la enseñanza de un nuevo curso, un profesor estima los siguientes tiempos de las actividades.



a) Encuentre la fecha de terminación del proyecto.
b) ¿Cuál es la ruta crítica?

7. Una gráfica PERT incluye la siguiente información:

Actividad	Antecesor inmediato	T_o	T_m	T_p
A	Ninguno	3	6	10
B	A	4	9	14
C	B y A	1	4	8
D	B y C	5	7	10
E	C	2	5	8
F	D y E	2	5	9

a) Dibuje una red y etiquete cada actividad con su tiempo y su varianza esperadas.
b) Calcule el tiempo esperado de terminación del proyecto.
c) ¿Cuál es la probabilidad de que el proyecto se termine en 30 días?
d) ¿Son realistas los supuestos de PERT usados para calcular el inciso *c*)? ¿Por qué sí o por qué no?
e) ¿Cuál es el efecto de la cuantiosa varianza de la actividad B?

8. La Widget Company planea administrar un proyecto pequeño de investigación y desarrollo con el PERT. Se estimó la siguiente información.

Actividad	Antecesor inmediato	T_o	T_m	T_p
A	Ninguno	6	9	11
B	A	2	3	5
C	A	4	7	12
D	A y C	1	3	6
E	B y D	2	4	7
F	E y C	1	2	4
G	F y E	4	5	7

a) Dibuje el diagrama de la red.
b) Calcule el tiempo y la varianza esperadas de cada actividad.
c) ¿Cuál es el tiempo esperado de terminación y la varianza para la totalidad del proyecto?
d) ¿Cuál es la probabilidad de que el tiempo de terminación del proyecto sea de menos de 25?

9. La construcción de un edificio se basa en la siguiente red CPM:

Actividad	Antecesor	Sucesor	Tiempo normal	Costo normal	Tiempo comprimido	Costo comprimido
A	—	B,C,D	6	$100	2	$150
B	A	E	8	80	2	140
C	B,A	F	2	40	1	60
D	A	F,G	3	80	2	120
E	B	G	5	80	3	140
F	C,D	G	5	60	1	100
G	E,F,D	—	6	120	2	160

a) Dibuje la red de este proyecto y etiquete los eventos.
b) ¿Cuál es el tiempo normal de terminación del proyecto y el costo normal?
c) Identifique la ruta crítica.
d) ¿Cuánto costará comprimir la terminación del proyecto en un día? ¿En dos días?
e) ¿Cuál es el tiempo mínimo para la terminación del proyecto?

10. El profesor del problema 6 considera reducir el tiempo para la terminación del proyecto. Él puede contratar un asistente de enseñanza para que le ayude con el nuevo curso, pero esto costará dinero adicional. El asistente de enseñanza puede ayudar a reducir los tiempos sólo para las actividades A, D y C; en cada caso, el asistente pue-

de reducir el tiempo que se requiere en un día para 150 dólares y en dos días para 300 dólares.

a) ¿Qué actividad debería ejecutar el asistente para reducir el tiempo de terminación del proyecto en un día?

b) ¿Qué actividades debería ejecutar el asistente para reducir el tiempo de terminación del proyecto en dos días?

c) ¿Puede comprimirse la red en tres días en total? Explique por qué sí o por qué no.

Bibliografía

Carr, David F. "Project Management Certification". *Baseline* 71 (abril de 2007), p. 72.

Gelbard, Roy, Nava Pliskin e Israel Spiegler. "Integrating System Analysis and Project Management Tools". *International Journal of Project Management* 20, núm. 6 (agosto de 2002), pp. 461-469.

Kerzner, Harold. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. 9a. ed., Nueva York: Wiley, 2005.

Kolltveit, Bjørn Johs, Jan Terje Karlsen y Kjell Grønhaug. "Perspectives on Project Management". *International Journal of Project Management* 25, núm. 1 (enero de 2007), pp. 3-9.

LaBrosse, Michelle. "The Evolution of Project Management". *Employment Relations Today* 34, núm. 1 (primavera de 2007), pp. 97-104.

Lewis, James. *Fundamentals of Project Management*. 3a. ed., Nueva York: *American Management Association,* 2006.

Lientz, Bennet y Kathryn Rea. *Project Management for the 21st Century*. 3a. ed., Burlington, MA: Butterworth-Heinemann, 2001.

Lock, Dennis. *Project Management*. 8a.
ed., Aldershot, Gran Bretaña: Gower, 2003.

Meredith, Jack y Sam Mantel, Jr. *Project Management: A Managerial Approach*. 7a. ed., Nueva York: Wiley, 2008.

Nikander, IImari O. y Eero Eloranta. "Project Management by Early Warnings". *International Journal of Project Management* 19, núm. 7 (octubre de 2001), pp. 385-400.

Pollack, Julien. "The Changing Paradigms of Project Management". *International Journal of Project Management* 25, núm. 3 (abril de 2007), pp. 266-274.

Project Management Institute. *A Guide to Project Management Body of Knowledge.* 3a. ed., Newton Square, PA: Project Management Institute, 2004.

Slevin, Dennis P. y Jeffrey K. Pinto. *The Frontiers of Project Management Research.* Newtown Square, PA: Project Management Institute Publications, febrero de 2002.

Steyn, H. "Project Management Applications of the Theory of Constraints beyond Critical Chain Scheduling". *International Journal of Project Management* 20, núm. 1 (enero de 2002), pp. 75-81.

Thiry, Michel. "Combining Value and Project Management into an Effective Programme Management Model". *International Journal of Project Management* 20, núm. 3 (abril de 2002), pp. 221-228.

Verwey, Anton y Dennis Comninos. "Business Focused Project Management". *Management Services* 46, núm. 1 (enero de 2002), pp. 14-22.

Vignette Corporation. "A Sweet Solution from Sopheon". *KM World* 14, núm. 5 (mayo de 2005), p. 6.

White, Diana y Joyce Fortune. "Current Practice in Project Management—an Empirical Study". *International Journal of Project Management* 20, núm. 1 (enero de 2002), pp. 1-12.

Wysocki, Robert y Rudd McGary. *Effective Project Management: Traditional, Adaptive, Extreme*, 4a. ed., Nueva York: Wiley, 2006.

Parte **cinco**

Inventario

15. Inventarios sujetos a una demanda independiente

16. MRP y los sistemas de ERP

La parte cinco estudia las decisiones y las herramientas para la administración de los inventarios en las organizaciones. La exposición se maneja de modo que los inventarios sujetos a una demanda independiente se expliquen en el capítulo 15. La demanda independiente se refiere a las fuerzas de mercado que dan impulso a la demanda por estos artículos; por ejemplo: productos terminados y partes de refacciones. El capítulo 16 cubre los inventarios sujetos a una demanda dependiente, la cual se deriva de la demanda por otro artículo o componente: la demanda de motores de automóviles depende de la demanda de automóviles completos. Los sistemas de MRP y los sistemas ERP se usan para administrar los inventarios sujetos a una demanda dependiente.

Capítulo **15**

Inventarios sujetos a una demanda independiente

Presentación del capítulo

15.1 Propósito de los inventarios
15.2 Costos del inventario
15.3 Demanda independiente contra dependiente
15.4 Cantidad económica de la orden
15.5 Sistema de revisión continua
15.6 Sistema de revisión periódica
15.7 Uso de los sistemas P y Q en la práctica
15.8 Administración de inventarios ABC
15.9 Aspectos y términos clave
Usted decida
Ejercicios por internet
Problemas resueltos
Preguntas de análisis
Problemas
Bibliografía
Suplemento: modelos avanzados

El inventario puede ser el signo más visible de la administración de la cadena de suministro para los consumidores finales. Un ejemplo es que los estudiantes universitarios esperan que sus libros de texto estén disponibles en las librerías del campus universitario exactamente cuando los necesitan al inicio del semestre. Pocas cosas decepcionan más a los consumidores que los productos anunciados que no están disponibles cuando un cliente acude a una tienda minorista. Si la cadena de suministro funciona de manera eficiente, los bienes estarán disponibles cuándo y dónde las personas los requieran.

La administración del inventario está entre las responsabilidades más importantes de la administración de operaciones porque involucra una gran cantidad de capital y afecta la entrega de bienes a los clientes. La administración del inventario influye en todas las funciones de negocios, incluyendo las operaciones, marketing, contabilidad, sistemas de información y finanzas. Las decisiones relacionadas con la administración del inventario pueden mejorar rápidamente a través del uso de las herramientas básicas que se presentarán en este capítulo.

Se emplean muchas tecnologías para ayudar a administrar el inventario y aquí se describen sólo algunas de ellas. Los **códigos de barras** pueden hallarse en la mayoría de las

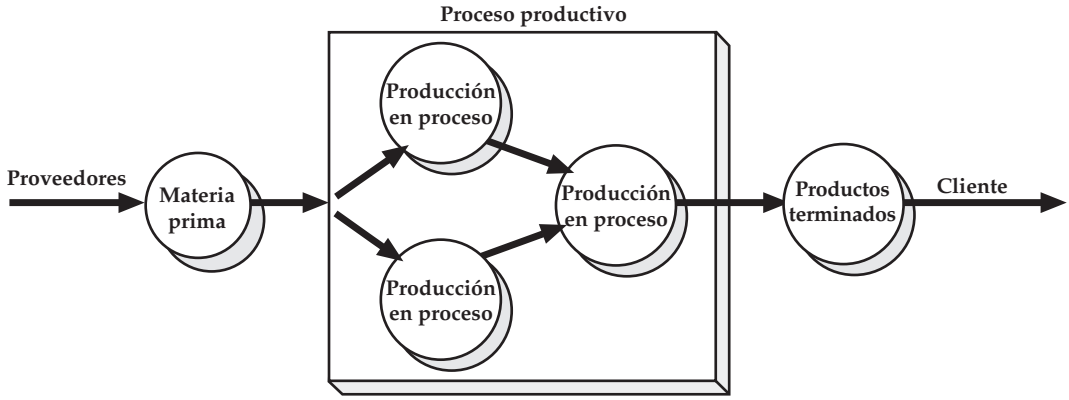


FIGURA 15.1
Proceso de flujo de materiales.

organizaciones: los componentes se escanean en el proceso de producción; las enfermeras escanean los medicamentos antes de administrarlos a los pacientes, y redujeron los conteos manuales y el registro de datos de inventarios en forma significativa. Los códigos de barras hacen posible el uso de **datos de puntos de venta**, los cuales se recopilan a medida que las empresas y sus cadenas de suministro escanean y venden sus artículos. La **identificación de frecuencias de radio** (RFID, *radio-frequency identification)* es una tecnología para darle seguimiento al movimiento de los bienes, de las personas y de los animales. La capacidad para localizar el inventario y los clientes, por ejemplo, pacientes con problemas de memoria, es valiosa tanto para la contabilidad como para la prevención de pérdidas. Tecnologías como éstas ayudan a administrar los inventarios.

El **inventario** es un cúmulo de materiales que se utilizan para facilitar la producción o para satisfacer las demandas de los clientes. Los inventarios típicos incluyen la materia prima, la producción en proceso y los productos terminados. El flujo de inventario a través de un proceso ilustra el proceso de transformación que se definió en el capítulo 1. En la figura 15.1 se muestra una operación como un proceso de un flujo de materiales donde los inventarios de materia prima esperan para ingresar al proceso de producción; los inventarios de producción en proceso aparecen en una etapa intermedia de transformación, y los inventarios de productos terminados se presentan totalmente transformados por el proceso de producción.

Nuestra definición de inventario es que éste es un cúmulo o conjunto de materiales. Algunos autores lo definen como cualquier tipo de recurso inactivo que tiene un valor económico potencial y que permite considerar a los equipos o a los trabajadores inactivos como un inventario; sin embargo, los recursos inactivos aparte de los materiales son una forma de capacidad. Desde una perspectiva administrativa y contable, es esencial distinguir entre inventario y capacidad. La capacidad proporciona el potencial para producir, mientras que el inventario es el producto en algún punto dentro del proceso de transformación y de distribución.

Los depósitos de inventarios se localizan en diversos puntos dentro del proceso de producción, y los flujos de materiales conectan a un punto del inventario con otro. La tasa a la cual se repone el inventario es la oferta, y la tasa de agotamiento del inventario es la demanda. El inventario actúa como un amortiguador entre la tasa de oferta y la de la demanda.

El tanque de agua que se ilustra en la figura 15.2 es una buena analogía para estos conceptos de flujos y de inventarios. En esta figura, el nivel del agua en el tanque corresponde al inventario. La tasa de flujo que va hacia el tanque es análoga a la tasa de la oferta, y la tasa de flujo que sale del tanque corresponde a la tasa de demanda. El nivel del agua (inventario) es el amortiguador entre la oferta y la demanda. Si la tasa de la demanda excede a la de la oferta, el nivel del agua disminuye hasta que las tasas de oferta y de demanda vuelvan a estar en equilibrio o hasta que el agua (inventario) se agote. Si la tasa de la oferta excede a la de la demanda, el nivel del agua (inventario) aumenta.

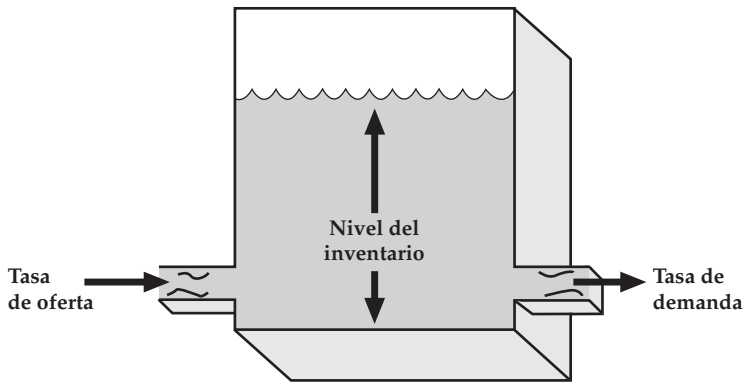
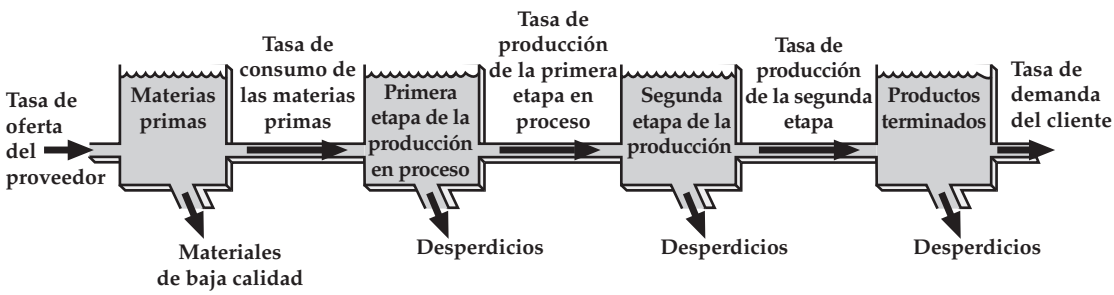


FIGURA 15.2
Analogía del inventario como un tanque de agua.

Imagine una serie de estos tanques conectados entre sí, todos ellos con tasas variantes de insumos y productos. Esta situación, la cual se ilustra en la figura 15.3, es análoga al desafío de la administración del inventario. Aquí, un tanque representa materias primas, hay dos tanques para la producción en proceso y existe un tanque para los productos terminados. Los tanques sirven como amortiguadores para absorber las variaciones en las tasas de flujo dentro de este sistema de seudoproducción. En el capítulo 7 demostramos la forma en la que el tamaño de los amortiguadores (niveles de inventarios) puede reducirse uniformando las tasas de flujo y reduciendo las variaciones en el sistema de producción con el uso de un sistema de manufactura esbelta.

Los inventarios de la cadena de suministro sirven al mismo propósito que los inventarios en la fábrica: amortiguar la diferencia en los flujos entre la oferta y la demanda. Sin embargo, en la cadena de suministro, por lo común, una empresa no controla todos los inventarios; en lugar de ello, el inventario debe coordinarse a través de los participantes de la cadena de suministro. Muchos de los conceptos cubiertos en este capítulo se aplican al contexto más amplio de la cadena de suministro en el cual la coordinación entre las partes con diferentes intereses y objetivos también debe considerarse.

FIGURA 15.3 La analogía con un sistema de un tanque de agua.



15.1 PROPÓSITO DE LOS INVENTARIOS

El principal propósito de los inventarios es desconectar las diversas fases de las operaciones y de la cadena de suministro. El inventario de materia prima desconecta a un productor de sus proveedores, lo cual significa que el proveedor puede producir las partes en un tiempo conveniente dentro de su propio programa y que puede usar posteriormente esos materiales en el momento apropiado para su proceso de transformación. De modo similar, el inventario de producción en proceso desconecta las diferentes etapas de manufactura y el inventario de productos terminados desconecta a un productor de sus clientes.

Existen cuatro razones fundamentales por las que las empresas lleven un inventario:

1. **Protección contra las incertidumbres.** En los sistemas de inventarios, existen incertidumbres en la oferta, en la demanda y en los tiempos de espera. El **inventario de seguridad** es aquel que se mantiene para protegerse contra esas incertidumbres. Si la demanda del cliente es conocida, es factible —aunque no necesariamente económico— producir a la misma tasa que la del consumo. En este caso, no se necesitaría un inventario de productos terminados; no obstante, todo cambio en la demanda ocasionaría que el sistema de producción también cambiara, lo que resultaría en una carga de trabajo muy desigual. En lugar de un acoplamiento tan estrecho, se mantienen inventarios de seguridad de productos terminados para absorber los cambios en la demanda de modo que la producción pueda conservar un ritmo separado e incluso más uniforme. De manera similar, se mantienen inventarios de seguridad de materias primas para absorber las incertidumbres en las entregas por parte de los proveedores en términos tanto de cantidad como de la oportunidad de la entrega. Se mantienen inventarios de seguridad de producción en proceso para permitir irregularidades inesperadas, trabajadores poco confiables y modificaciones en el programa. La mayoría de los inventarios de seguridad pueden reducirse mejorando la coordinación con los proveedores y los clientes en la cadena de suministro.
2. **Permitir una producción y compras económicas.** Con frecuencia, resulta económico producir inventarios en lotes, ya que ello permite la producción en un punto en el tiempo; posteriormente, no se realiza alguna otra producción del mismo artículo hasta que el lote esté casi agotado. Ello hace posible distribuir el costo de la preparación de la producción a lo largo de un alto número de artículos. La producción o el ordenamiento en lotes también posibilita el uso del mismo equipamiento de producción para distintos productos. Se obtiene un beneficio similar para la compra de materias primas. Debido a los costos de ordenamiento, a los descuentos por cantidades y a los costos del transporte, algunas veces es económico comprar en grandes lotes aun cuando una parte del lote se mantenga en el inventario para un empleo posterior. El inventario resultante de la compra o producción de materiales en lotes se denomina **inventario del ciclo**, ya que los lotes se producen o se compran sobre una base cíclica. Utilizando los conceptos de manufactura esbelta expuestos en el capítulo 7, la mayoría de las empresas trabajan para reducir los tiempos y los costos de preparación de las máquinas mediante la alteración del producto o del proceso. Tal esfuerzo puede dar como resultado tamaños de lotes más pequeños e inventarios mucho más bajos. Idealmente, el tiempo de preparación de las máquinas puede reducirse para que el tamaño del lote económico sea de una unidad.
3. **Cubrir los cambios anticipados en la demanda o en la oferta.** Hay varias situaciones en las cuales se esperan cambios en la demanda o en la oferta, lo que ocasiona que las organizaciones mantengan un **inventario anticipado**. Los cambios esperados en el precio o en la disponibilidad de la materia prima originarán un gran acopio de materias primas; las compañías a menudo almacenan grandes cantidades de acero antes de una huelga esperada en la industria, por ejemplo. Otra fuente de anticipación es una promoción planeada del mercado en la cual una gran cantidad de productos terminados pueden almacenarse antes de una venta. Las empresas con negocios estacionales casi siempre anticipan la demanda para uniformar el empleo, como se expuso en el capítulo 12; por ejemplo: un productor de acondicionadores de aire puede usar una estrategia uniforme de producción aun cuando la mayoría de dichos acondicionadores se vendan durante el verano.
4. **Prever el tránsito.** Los inventarios que se desplazan de un punto a otro en la cadena de suministro se conocen como **inventarios en trámite** o inventarios en tránsito. Dichos inventarios son afectados por las decisiones de ubicación de la producción y por la elección del transportista y pueden tener un tamaño significativo cuando se emplean barcos en lugar de aviones para transportar los bienes. Obviamente, las organizaciones comparan los factores de costos y de tiempo al evaluar las opciones de transporte. Los

bienes sensibles al tiempo serán más productivos cuando se transportan con un flete aéreo costoso, pero rápido, porque llegan al mercado con gran rapidez.

En términos generales, es fácil deducir que hay muchas razones para que las empresas mantengan inventarios: éstos las ayudan a satisfacer la demanda de los clientes y les permiten programar la producción de manera económica. El tema de los inventarios del ciclo y de los de seguridad se retoma más adelante en este capítulo para desarrollar los sistemas de administración de los inventarios.

15.2 COSTOS DEL INVENTARIO

Si se aplican ciertos criterios económicos, pueden tomarse muchas decisiones de inventarios; sin embargo, uno de los prerrequisitos principales es la comprensión de los costos relevantes. Las estructuras de costos de los inventarios incorporan los siguientes cuatro tipos de costos:

1. **Costo del artículo.** Éste es el costo de comprar o de producir los artículos individuales del inventario. Por lo general, el costo del artículo se expresa como un costo por unidad multiplicado por la cantidad adquirida o producida. El costo del artículo puede descontarse si se compran suficientes unidades en una ocasión.
2. **Costo de ordenamiento (o de preparación).** Se incurre en él cuando se ordena un lote de artículos y, por lo común, no depende del tamaño del lote ordenado; se asigna a la totalidad del lote. Este costo incluye la creación de la orden de compra, el despacho de la orden, los costos de transporte, los costos de recepción, etcétera. Cuando el artículo se produce dentro de la empresa, también existen costos asociados con la colocación de la orden que son independientes del número de artículos producidos; ello se denomina costo de preparación e incluye los costos de preparar el equipamiento de producción para una corrida, así como los costos de los sistemas de registro. En algunos casos, los costos de preparación pueden ser de miles de dólares, lo cual conduce a economías significativas en el caso de lotes grandes. Ya se expuso la manera en la que se emplean los sistemas esbeltos para reducir los tiempos de preparación de las máquinas cambiando el sistema de producción o el producto. Casi siempre, el costo de preparación se considera fijo cuando, de hecho, puede reducirse al modificar la forma en la que se diseñan y se administran las operaciones.
3. **Costo de mantenimiento.** Éste se asocia con el hecho de mantener los artículos en el inventario durante un periodo. Por lo regular, el costo de mantenimiento se carga como un porcentaje del valor en dólares por unidad de tiempo; un costo anual de mantenimiento de, por dar un ejemplo, 15% significa que cuesta 15 centavos mantener 1 dólar de inventario durante un año. En la práctica, los costos de mantenimiento con frecuencia oscilan entre 15 y 30% por año. El costo de mantenimiento generalmente consiste en tres componentes:

    - **Costo de capital.** Cuando se llevan artículos en un inventario, el capital invertido en ellos no está disponible para otros propósitos. Esto constituye el costo de las oportunidades abandonadas en favor de otras inversiones, lo que se asigna al inventario como un costo de oportunidad.
    - **Costo de almacenamiento.** Éste incluye el costo variable del espacio, el de los seguros y de los impuestos. En algunos casos, una parte del costo del almacenamiento es fija; por ejemplo: cuando no puede usarse un almacén para otros propósitos. Tales costos fijos no deberían incluirse en el costo del almacenamiento del inventario. De modo similar, los impuestos y los seguros se incluyen sólo cuando varían con el nivel del inventario.
    - **Costos de obsolescencia, deterioro y pérdida.** Los costos de obsolescencia se asignan a los artículos que entrañan un alto riesgo de volverse obsoletos; artículos de moda y de tecnología, por ejemplo, que pierden rápidamente su atractivo en

Liderazgo operativo Target impone la norma para la administración de los inventarios

Con un inventario valuado en más de 5 millones de dólares en cada tienda minorista, Target Corporation sobresale como una de las empresas más avanzadas en la administración de inventarios.

Target administra el flujo del inventario de productos terminados desde la fábrica hasta el consumidor final en casi 1 700 tiendas minoristas y a través de un sitio web activo. Su cadena de suministro empieza en casi 15 000 fábricas ubicadas en 85 países alrededor del mundo.

El movimiento del inventario de Target incluye la utilización de cuatro almacenes de importaciones, 27 centros regionales de distribución, cuatro centros de distribución de alimentos y tres centros de ejecución que atienden a ventas en sitios web. Se trata de hacer llegar el inventario correcto al lugar y en el momento correcto.

Nuestra estrategia de segmentación recientemente lanzada nos permite personalizar nuestra variedad, oportunidad y presentación con base en el volumen de ventas de las tiendas individuales y las preferencias locales, de acuerdo con el presidente y director ejecutivo, Gregg Steinhafel. La variedad se basa en factores como las preferencias regionales y la demografía del mercado, la oportunidad se refiere a los días festivos, al clima y a las fechas del calendario escolar, mientras que la presentación implica la optimización de los espacios de los estantes y de la asignación del inventario a, por ejemplo, tiendas de alto volumen en contraste con tiendas de bajo volumen.

La administración del inventario en la tienda se impulsa por la tecnología. Se emplean los datos de punto de venta (POS) para derivar una lista de artículos vendidos cada hora de modo que los estantes puedan reabastecerse de inmediato. Las órdenes se desencadenan ya sea por los niveles del inventario o por los porcentajes de inventarios vendidos. Se ejecuta un abastecimiento más completo durante la noche usando 24 horas de datos de puntos de venta. Cada día, las tiendas reciben un camión de carga de inventario desde sus almacenes, con aproximadamente un tiempo de espera de cuatro horas desde la orden de la tienda hasta la entrega.

Fuente: Compilado de www.target.com. 2009.

el mercado. Los productos perecederos reciben un cargo por costos de deterioro cuando se estropean a lo largo del tiempo; por ejemplo: los alimentos y la sangre. Muchos productos poseen una fecha de caducidad impresa en ellos y se vuelven obsoletos en ese momento. Los costos de las pérdidas incluyen los costos de robos y de mermas que se asocian con el mantenimiento de artículos en el inventario.

4. **Costo de faltantes de inventarios.** El costo de los faltantes de inventarios refleja las consecuencias económicas de quedarse sin inventarios. A continuación se muestran dos casos. Primero: suponga que el cliente ordena los artículos y que espera hasta que llegue el inventario. Puede haber alguna pérdida de negocios futuros asociados con cada orden pendiente de cumplir porque el cliente puede decepcionarse por el tiempo de la espera. La pérdida de la oportunidad se considera como un costo de faltantes de inventarios; el segundo caso es cuando la venta se pierde si los artículos no están disponibles. La utilidad proveniente de la venta y de las ventas futuras puede perderse.

A la luz de estos costos, debe ser aparente la razón por la cual las empresas no desean mantener más inventario del necesario para atender a sus clientes. Asimismo, resulta sencillo deducir por qué la administración del inventario es un problema interfuncional. El marketing puede estar particularmente interesado en minimizar los costos de los faltantes de inventarios vinculados con las ventas perdidas. Contabilidad y finanzas podría interesarse en minimizar la cantidad de inventarios que deben financiarse y mantenerse. Operaciones desearía un nivel suficiente de inventarios para asegurar una programación uniforme y un control de la producción. Recursos humanos preferirá una estrategia de producción uniforme que relaje las preocupaciones de programación y de empleados. Ya que estos objetivos pueden estar en conflicto, es importante que se tome el enfoque de minimización

del costo total que se describirá en este capítulo. Este planteamiento es de carácter inherentemente interfuncional y hace lo que sea mejor para la totalidad de la compañía.

Como es el caso a través de las funciones dentro de una organización, las empresas de una cadena de suministro pueden no tener los mismos objetivos. Debe considerarse la coordinación entre las partes con distintos intereses. El principio del costo mínimo se aplica aun cuando los participantes de la cadena de suministro traten de minimizar el costo total a lo largo de toda la cadena de suministro; sin embargo, puede ser difícil lograr un mínimo cuando la presencia de costos más bajos para una parte incurre en costos más altos para otra. No obstante, pueden emplearse las fuerzas del mercado, los incentivos financieros y las negociaciones entre las partes para buscar un costo mínimo en la cadena de suministro. El cuadro "Liderazgo operativo" explica la manera en la que Target Corporation administra una cadena de suministro compleja.

15.3 DEMANDA INDEPENDIENTE CONTRA DEPENDIENTE

Una distinción fundamental en la administración del inventario es si la demanda es independiente o dependiente. La **demanda independiente** está influida por las condiciones del mercado externas a la empresa; por lo tanto, es independiente de la demanda para cualesquiera otros artículos de inventarios. Ordinariamente, los inventarios de productos terminados y de refacciones para reemplazo tienen una demanda independiente. Los artículos con una **demanda dependiente** poseen una demanda que se relaciona con otro artículo y que no queda independientemente determinada por el mercado. Cuando se construyen productos finales a partir de componentes, la demanda de esos componentes depende de la demanda por el producto final.

Una vagoneta ilustra la diferencia entre la demanda independiente y la dependiente. La demanda por los vagones es independiente porque está influida por el mercado y debe pronosticarse. La demanda por las ruedas de las vagonetas es dependiente, pues entraña una relación matemática directa con la demanda de los vagones: se necesitan cuatro ruedas para completar cada una. Del mismo modo, la demanda de las manijas de la vagoneta depende de la demanda de las vagonetas terminadas.

Los artículos sujetos a una demanda independiente y dependiente muestran patrones muy diferentes de consumo o de demanda. Ya que la demanda independiente está sujeta a fuerzas del mercado, con frecuencia muestra tanto un patrón fijo como influencias aleatorias provenientes de las preferencias del cliente. En contraste, la demanda dependiente refleja un patrón complejo que sube y baja porque la producción se programa en lotes. Se requiere una cantidad de partes cuando se hace un lote; posteriormente, no se necesitan hasta que se produce el siguiente lote. Dichos patrones de la demanda se muestran en la figura 15.4.

Distintos patrones de demanda implican enfoques diferentes para la administración del inventario. Para una demanda independiente, es apropiada una **filosofía de reabastecimiento**. A medida que se usa el inventario, se reabastece de forma que los productos

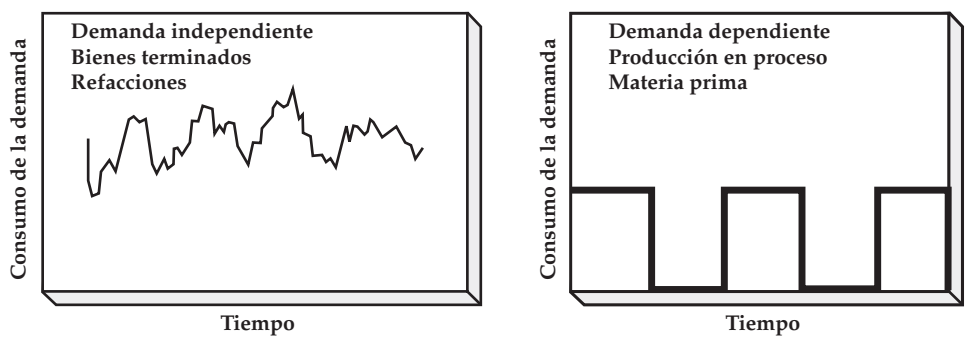


FIGURA 15.4
Patrones de demanda.

siempre estén disponibles para los clientes; por lo tanto, conforme el inventario comienza a agotarse, se desencadena una orden para solicitar más materiales y el inventario se reabastece.

Para una demanda dependiente se usa una **filosofía de requerimientos**. La cantidad de inventario que se ordena se basa en las necesidades de artículos con un nivel más alto. A medida que se utilizan artículos o materiales con una demanda dependiente, *no* se ordenan inventarios adicionales. Se ordenan más artículos o materiales únicamente cuando así lo requiera la producción programada para los artículos finales o de mayor nivel que se acostumbra producir.

Así, la naturaleza de la demanda conduce a dos filosofías de administración del inventario las cuales generan distintos conjuntos de métodos o programas de cómputo. En este capítulo se explican las decisiones relacionadas con los artículos de una demanda independiente, incluyendo los siguientes tipos de inventarios:

1. Inventarios de artículos terminados y refacciones en compañías de manufactura.
2. Inventarios de suministros de mantenimiento, de reparaciones y operativos (MRO, maintenance, repair, and operating supplies).
3. Productos terminados al menudeo y al mayoreo.
4. Inventarios de industrias de servicios (hospitales, escuelas).

En el capítulo 16 se estudiará la administración de inventarios con una demanda dependiente.

15.4 CANTIDAD ECONÓMICA DE LA ORDEN

En 1915, F. W. Harris desarrolló la conocida fórmula de la **cantidad económica de la orden** (EOQ, *economic order quantity*). Después, esta fórmula obtuvo un amplio uso en la industria gracias a los esfuerzos de un consultor llamado Wilson; por lo tanto, con frecuencia esta fórmula se conoce como cantidad económica de la orden de Wilson. La cantidad económica de la orden y sus variaciones todavía se aplican ampliamente en la industria para la administración de inventarios sujetos a una demanda independiente.

El modelo de la cantidad económica de la orden se basa en los siguientes supuestos:

1. La tasa de la demanda es constante, recurrente y conocida; por ejemplo, la demanda (o consumo) es de 100 unidades por día sin variaciones aleatorias, y se supone que la demanda continuará hacia un futuro indefinido.
2. El tiempo de espera es constante y conocido. El tiempo de espera, desde la colocación de la orden hasta la entrega de la misma es, por lo tanto, siempre un número fijo de días.
3. No se permite algún faltante de inventario. Ya que la demanda y el tiempo de espera son constantes, puede determinarse en forma exacta cuándo ordenar inventarios para evitar faltante en los mismos.
4. Los artículos o los materiales se ordenan o se producen en un lote y la totalidad del lote se coloca en el inventario en un solo movimiento.
5. El costo unitario del artículo es constante y no se conceden descuentos por mayoreo. El costo de mantenimiento se relaciona linealmente con el nivel promedio del inventario. El costo de ordenamiento o de preparación de las máquinas para cada lote es fijo e independiente del número de artículos en ese lote.
6. El artículo es de tipo individual, sin interacciones con otros en el inventario.

Con estos supuestos, el nivel del inventario a lo largo del tiempo es como se presenta en la figura 15.5. Observe que la figura muestra un patrón dentado perfecto, pues la demanda tiene una tasa constante y los artículos se ordenan en lotes fijos.

Al elegir el tamaño del lote, existe una negociación entre la frecuencia del ordenamiento y el nivel del inventario. Los lotes pequeños conducirán a reordenamientos frecuentes, pero a un nivel promedio bajo del inventario. Si se ordenan lotes más grandes, la frecuen-

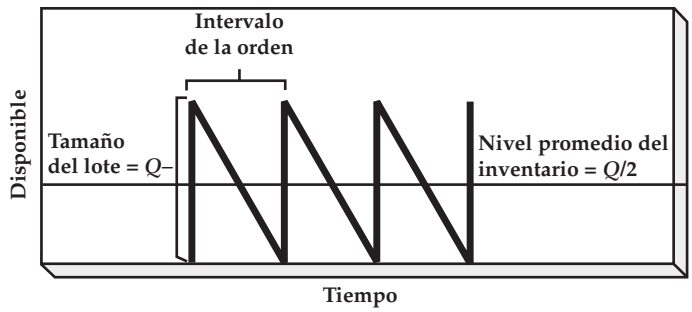


FIGURA 15.5
Niveles de inventario de la cantidad económica de la orden.

cia del ordenamiento disminuirá, aunque se mantendrá más inventario. Esta negociación puede representarse por medio de una ecuación matemática con los siguientes símbolos:

D = tasa de la demanda, unidades por año
S = costo por orden colocada o costo de preparación, dólares por orden
C = Costo unitario, dólares por unidad
i = tasa de mantenimiento, porcentaje del valor en dólares por año
Q = tamaño del lote, unidades
TC = total del costo de ordenamiento más el costo de mantenimiento, dólares por año

El costo anual de ordenamiento es:

$$\text{Costo de ordenamiento por año} = (\text{costo por orden}) \times (\text{órdenes por año}) = SD/Q$$

En la ecuación anterior, D es la demanda total durante un año y el producto se ordena Q unidades a la vez; por lo tanto, se colocan D/Q órdenes en un año. Esto se multiplica por S, el costo por orden colocada.

El costo anual de mantenimiento es:

$$\begin{pmatrix}\text{Costo de}\\ \text{mantenimiento}\\ \text{por año}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{tasa anual de}\\ \text{mantenimiento}\end{pmatrix} \times \begin{pmatrix}\text{costo}\\ \text{unitario}\end{pmatrix} \times \begin{pmatrix}\text{inventario}\\ \text{promedio}\end{pmatrix} = iCQ/2$$

En esta ecuación, el inventario promedio es $Q/2$. Se lleva un máximo de Q unidades en el inventario (cuando llega un nuevo lote); el monto mínimo que se lleva es de cero unidades. Ya que el inventario se agota a una tasa constante, el inventario promedio es de $Q/2$. La tasa de mantenimiento por año (i) multiplicada por el costo unitario (C) proporciona el costo de mantener *una* unidad en el inventario por año. Este cargo unitario multiplicado por el nivel promedio del inventario brinda el costo total anual de mantenimiento.

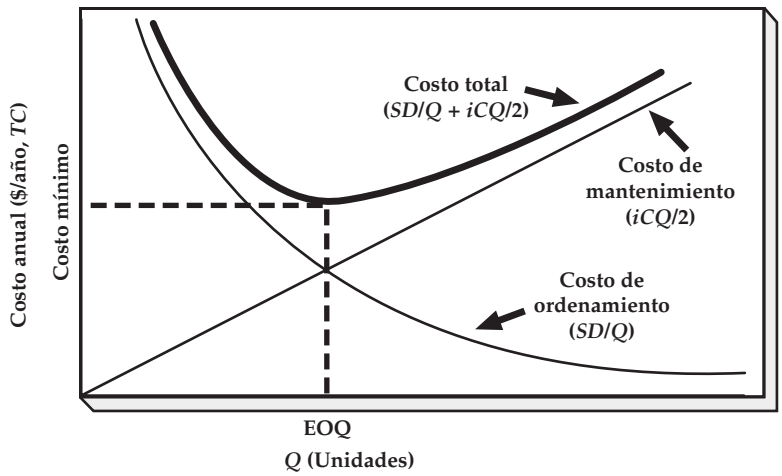
Dados los costos anuales de ordenamiento y mantenimiento anteriores, el costo total del inventario es

$$TC = SD/Q + iCQ/2 \qquad \textbf{(15.1)}$$

La figura 15.6 es una representación gráfica de TC contra Q, la cual muestra los costos de mantenimiento y de ordenamiento junto con el total. A medida que Q aumenta, el costo anual de ordenamiento disminuye porque se coloca un número menor de órdenes por año; sin embargo, al mismo tiempo, el costo anual de mantenimiento se incrementa ya que se mantiene más inventario; por lo tanto, los costos de ordenamiento y de mantenimiento se compensan entre sí; uno disminuye mientras que el otro aumenta. Debido a esta negociación, la función TC tiene un mínimo. La obtención del valor de Q que minimiza a TC es un problema clásico en el cálculo.[1]

[1] Sin hacer uso del cálculo, la fórmula de la cantidad económica de la orden puede racionalizarse como sigue: observe en la figura 15.6 que el mínimo de TC ocurre en el punto en el que las dos curvas se interceptan. Determine esta intersección estableciendo $SD/Q = iCQ/2$ y, posteriormente, despeje el valor de Q. Este enfoque no es generalizable, pero funciona en este caso debido al caráter especial de la función que se involucra.

FIGURA 15.6
Costo total del inventario.*



*Observe que el costo de adquisición del artículo es la constante *CD*, la cual es independiente de *Q* y, por lo tanto, puede eliminarse de cualquier otra consideración. No afectará al mínimo de *TC*.

Se obtiene la derivada de *TC*, se establece igual a cero y, a continuación, se consigue el valor resultante de *Q*:

$$TC' = -\frac{SD}{Q^2} + \frac{iC}{2} = 0$$

$$\frac{SD}{Q^2} = \frac{iC}{2}$$

$$Q^2 = \frac{2SD}{iC}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2SD}{iC}} \qquad \textbf{(15.2)}$$

La ecuación (15.2) es la cantidad económica de la orden (EOQ), la cual minimiza el costo de administrar un artículo en el inventario. Aunque se minimizó el costo sobre una base anual, puede usarse cualquier unidad de tiempo siempre y cuando la tasa de la demanda y la de mantenimiento sean compatibles; por ejemplo: si la demanda se expresa sobre una base mensual, la tasa de mantenimiento también debe hacerlo.

Ejemplo

Para ilustrar el empleo de la fórmula de la cantidad económica de la orden, suponga que administra una tienda de alfombras y que pretende determinar la cantidad de metros de un cierto tipo de alfombra que deberá adquirirse. El tapete tiene las siguientes características:

D = 360 metros por año
S = \$10 por orden
i = 25% por año
C = \$18 por metro

Por lo tanto:

$$Q = \sqrt{\frac{2(10)(360)}{.25(18)}} = \sqrt{1\,600} = 40 \text{ metros}$$

El administrador debe ordenar 40 metros de alfombra en cada ocasión. Esto dará como resultado $D/Q = 360/40 = 9$ órdenes por año o una orden cada 1.33 meses.

El costo mínimo de administrar este inventario será de 180 dólares por año, como se muestra a continuación:

$$TC = 10(360/40) + .25(18)(40/2) = 90 + 90 = 180$$

Note que el costo mínimo ocurre cuando el costo anual de ordenamiento del componente es igual al costo anual de mantenimiento del componente.

La curva del costo total para el inventario es muy plana en la parte cercana al mínimo; por ejemplo: si se ordenan 30 o 50 unidades de alfombra en lugar de la cantidad económica de la orden de 40 unidades, el cambio en el costo total es pequeño, aproximadamente de un incremento de 0.4% o menos. Entonces, aunque el cálculo de la cantidad económica de la orden aporta una buena estimación para la planeación del tamaño de la orden, el administrador del inventario puede ajustar la cantidad de la orden en una cantidad justa, si ello es necesario, con un efecto limitado sobre el costo total de mantener un artículo en el inventario.

Un inventario deficientemente administrado puede traer como consecuencia la necesidad de descontar precios.

Aunque la fórmula de la cantidad económica de la orden más bien se basa en supuestos restrictivos, es una aproximación útil en la práctica. La fórmula ofrece una cifra aproximada en tanto los supuestos sean razonablemente exactos. Además, la curva del **costo total** es más bien plana en la región del mínimo; por lo tanto, la cantidad económica de la orden puede ajustarse un tanto para conformarse a la realidad sin afectar en forma notable los costos totales.

Es indispensable que las decisiones de inventarios se tomen considerando el costo total. Indistintamente de la situación, si puede identificarse la ecuación del costo total relevante, puede encontrarse el tamaño económico de lote. La idea de minimizar la ecuación del costo total es básica para todas las fórmulas que se refieren al tamaño del lote; por ejemplo: el suplemento de este capítulo muestra la ecuación del costo total y el procedimiento de minimización asociado cuando se dispone de descuentos de precios para órdenes más grandes.

Hewlett Packard amplió el concepto del costo total para la totalidad de su cadena de suministro.[2] Al producir computadoras personales (PC, *personal computers*), identifica cuatro costos relevantes:

- Costos componentes de la devaluación.
- Costos de protección del precio (garantías de precio más bajo dadas a los minoristas).
- Costos de devolución del producto.
- Costos de obsolescencia (amortización por el fin de la vida de un activo).

Todos estos costos se relacionan con el valor declinante de una computadora personal una vez que se pone en el inventario debido al riesgo de no vender el producto antes de que se introduzca un nuevo modelo al mercado. Con frecuencia, dichos costos exceden el margen de utilidad de un producto y deben considerarse al establecer el monto de la cantidad económica de la orden.

A menudo, la **cantidad económica de la orden** se aplica en la manufactura para calcular los tamaños apropiados de las órdenes (de los proveedores) y los tamaños de los lotes (para producción) y en muchas cadenas de suministro de la industria de servicios. Los restaurantes usan la cantidad económica de la orden para estimar los tamaños de la orden para los alimentos y otros suministros; las empresas más grandes emplean la cantidad económica de la orden para administrar los inventarios de sus suministros de oficina y las empresas farmacéuticas que trabajan con base en órdenes postales utilizan la cantidad económica de la orden para estimar los tamaños de las órdenes para el reabastecimiento de sus almacenes. A continuación, describimos dos sistemas de administración de inventarios que se basan en el modelo de la cantidad económica de la orden.

[2] Callioni *et al*. (2005).

15.5 SISTEMA DE REVISIÓN CONTINUA

En la práctica, una de las limitaciones más serias del modelo de la cantidad económica de la orden es el supuesto de una demanda constante. En esta sección, ese supuesto se atenúa y se diseña un sistema práctico para la administración del inventario que permite una demanda aleatoria. Se construye un sistema que se funda en la cantidad económica de la orden que es suficientemente flexible para usarlo en la práctica con motivo de artículos sujetos a una demanda independiente. Todos los supuestos de la cantidad económica de la orden excepto el de una demanda constante y la ausencia de faltantes de inventario permanecen en efecto.

Al administrar el inventario, las decisiones acerca de cuándo debe reordenarse el mismo se basan en el total del inventario disponible más el que está ordenado. Este último se cuenta igual que el disponible para las decisiones de reorden porque el inventario de reorden se programa y se espera que llegue. El total del inventario de reorden y del ordenado se denomina **posición de inventarios**. Es esencial tener precaución en este aspecto; un error común en los problemas de inventarios es dejar de considerar las cantidades que ya se ordenaron.

En un **sistema de revisión continua**, la posición del inventario se controla después de cada transacción o en forma continua. Cuando la posición del inventario disminuye hasta un nivel predeterminado, o punto de reorden, se ordena una cantidad fija. Ya que la cantidad de la orden es fija, el tiempo entre las órdenes varía de acuerdo con la naturaleza aleatoria de la demanda. El sistema de revisión continua algunas veces se denomina sistema fijo de la cantidad de la orden, y en otras, sistema Q.

A continuación, se presenta una definición formal de las reglas de decisión del sistema Q:

> Debe revisarse continuamente la posición del inventario (inventario disponible más inventario ordenado). Cuando la posición del inventario disminuye al punto de reorden *R*, se ordena la cantidad fija *Q*.

En la figura 15.7 se ilustra una gráfica de este sistema. La posición del inventario disminuye a medida que éste se destina a satisfacer una demanda irregular hasta que alcanza el **punto de reorden**, *R*, cuando se coloca una orden para *Q* unidades. La orden llega más tarde, después de un tiempo de espera, *L*, y el ciclo de consumo, el de reordenamiento y el de llegada de la orden se repite.

El sistema *Q* se determina por completo por dos parámetros: *Q* y *R*. En la práctica, éstos se establecen con ciertos criterios de simplificación. Primero, *Q* se determina como igual al valor de la cantidad económica de la orden a partir de la ecuación 15.2. En otros modelos más complejos, *Q* y *R* deben fijarse simultáneamente; sin embargo, el uso de la cantidad económica de la orden para estimar el valor de *Q* es una aproximación razonable siempre y cuando la demanda no sea altamente incierta.

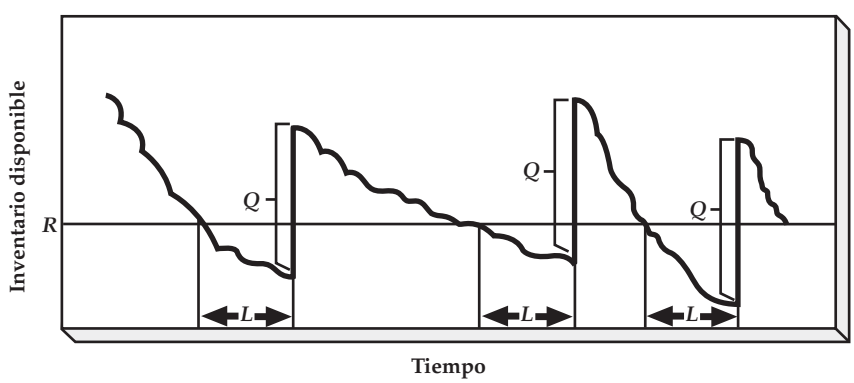


FIGURA 15.7
Sistema de revisión continua.

El valor de R se basa ya sea en el costo o en la probabilidad de los faltantes de inventarios. Las formulaciones que utilizan el costo de los faltantes de inventarios se vuelven matemáticamente muy complejas y, por lo tanto, la **probabilidad de faltante de inventario** se emplea comúnmente para determinar el valor de R.

Para estimar el valor de R, la administración debe establecer un **nivel deseado de servicios**, que es el porcentaje de la demanda de los clientes satisfechos a partir del inventario. El nivel de servicio también se denomina tasa de cumplimiento. Un nivel de servicio de 100% significa que toda la demanda de los clientes se satisface a partir del inventario, pero como se verá más adelante, ello es casi imposible de lograr. El porcentaje de faltantes de inventarios es igual a 100 menos el nivel de servicio.

Hay varias formas de expresar el nivel del servicio:

1. El nivel de servicio es la probabilidad de que todas las órdenes se cumplan a partir del inventario durante el tiempo de espera para el reabastecimiento dentro de un ciclo de reorden.
2. El nivel de servicio es el porcentaje de la demanda que se satisface a partir del inventario durante un periodo en particular, un año por ejemplo.
3. El nivel de servicio es el porcentaje de tiempo que el sistema tiene un inventario disponible.

Cada una de estas definiciones del nivel de servicio conduce a puntos de reordenamiento ligeramente distintos; además, debe determinarse si se deben contar los clientes, las unidades o las órdenes cuando se aplican estas definiciones. En este texto, con propósitos de simplificación, sólo se aplica la primera definición del nivel de servicio.

El punto de reordenamiento se basa en la noción de una distribución de probabilidad de la demanda durante el tiempo de espera. A medida que el inventario se consume (se agota), tarde o temprano el administrador del inventario colocará una orden. Pero hasta que la orden llegue, el sistema del inventario estará expuesto a un potencial faltante de inventarios; por lo tanto, el único riesgo de un faltante de inventarios es durante el tiempo de espera para el reabastecimiento.

La figura 15.8 muestra una distribución de probabilidad común de una demanda independiente durante el tiempo de espera. Debe conocerse la distribución estadística de la demanda a lo largo del tiempo de espera para estimar R. Aquí se emplea un supuesto razonable de una distribución normal. El punto de reordenamiento R en la figura puede fijarse a cualquier nivel de servicio que se desee.

El punto de reorden se define como sigue:

$$R = m + s \qquad \textbf{(15.3)}$$

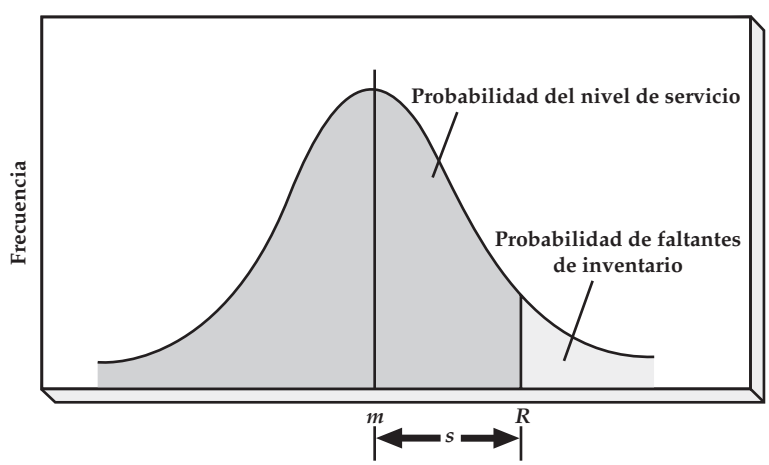


FIGURA 15.8
Distribución de probabilidad de la demanda a lo largo del tiempo de espera.

TABLA 15.1
Porcentajes de la demanda normal

z	Nivel de servicio (%)	Faltante de inventario (%)
0	50.0	50.0
.5	69.1	30.9
1.0	84.1	15.9
1.1	86.4	13.6
1.2	88.5	11.5
1.3	90.3	9.7
1.4	91.9	8.1
1.5	93.3	6.7
1.6	94.5	5.5
1.7	95.5	4.5
1.8	96.4	3.6
1.9	97.1	2.9
2.0	97.7	2.3
2.1	98.2	1.8
2.2	98.6	1.4
2.3	98.9	1.1
2.4	99.2	.8
2.5	99.4	.6
2.6	99.5	.5
2.7	99.6	.4
2.8	99.7	.3
2.9	99.8	.2
3.0	99.9	.1

donde

R = punto de reorden
m = demanda media (promedio) durante el tiempo de espera
s = inventario de seguridad (o inventarios de amortiguación)

Puede expresarse inventario de seguridad como:

$$s = z\sigma$$

donde

z = factor de seguridad
σ = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera

De esta manera, se tiene:

$$R = m + z\sigma$$

Por consiguiente, el punto de reorden se establece como igual a la demanda promedio durante el tiempo de espera (m) más un número especificado (z) de las desviaciones estándar (σ) para protegerse contra faltantes de inventarios. Al decidir el valor de z, el número de desviaciones estándar, la empresa determina tanto el punto de reorden como el nivel de servicio. Un alto valor de z da como resultado un alto punto de reorden y un alto nivel de servicio.

Los valores de la tabla 15.1 provienen de la distribución normal. Este nivel de servicio representa la probabilidad de que la demanda durante el tiempo de espera quede satisfecha mediante el empleo de un inventario de seguridad. Esto es lo mismo que decir que la demanda durante el tiempo de espera caerá dentro del número especificado de desviaciones estándar (z) respecto de la media. Cuando una empresa decide cuál deberá ser el nivel de servicio, la z correspondiente de la tabla 15.1 se utiliza para calcular el punto de reorden.

Ejemplo

Un ejemplo servirá para concretar más estas ideas. Suponga que administra un almacén que distribuye un alimento particular para desayunos a los minoristas. El alimento para el desayuno posee las siguientes características:

Demanda promedio = 200 cajas por día
Plazo de entrega = 4 días para recibir la orden del proveedor
Desviación estándar de la demanda diaria = 150 cajas
Nivel deseado de servicio = 95%
S = \$20 por orden
i = 20% por año
C = \$10 por caja

Estime que se usa un sistema de revisión continua y que el almacén está abierto cinco días por semana, 50 semanas por año o 250 días por año; por lo tanto, la demanda promedio anual = 250(200) = 50 000 cajas por año.

La cantidad económica de la orden se calcula con la ecuación (15.2):

$$Q = \sqrt{\frac{2(20)(50\,000)}{.2(10)}} = \sqrt{1\,000\,000} = 1\,000 \text{ cajas}$$

La demanda promedio durante el tiempo de espera es de 200 cajas por día durante cuatro días; por lo tanto, $m = 4(200) = 800$ cajas. La desviación estándar de la demanda diaria es de 150 cajas, pero se necesita calcular la desviación estándar a lo largo del tiempo de espera de cuatro días. Esto se hace con una conversión simple:

$$\sigma = \sqrt{\text{tiempo de espera}} \times (\sigma_{\text{periodo único}}) = \sqrt{4} \times (150) = 300 \text{ unidades}$$

El nivel de 95% requiere de un factor de seguridad de $z = 1.65$ (observe tabla 15.1). De este modo, puede calcularse el punto de reorden con la ecuación (15.3):

$$R = m + z\sigma = 800 + 1.65(300) = 1\,295$$

Recuerde que, en un sistema Q, existen sólo dos elementos que deben saberse: cuándo reordenar (R) y cuánto reordenar (Q). El sistema Q diseñado aquí incluye la colocación de una orden para 1 000 cajas siempre que la posición del inventario disminuya a 1 295 cajas. En promedio, se colocarán 50 órdenes por año y habrá un promedio de cinco días de trabajo entre las órdenes; no obstante, el tiempo real entre las órdenes variará con la demanda.

Para terminar este ejemplo, la tabla 15.2 simula la operación de la regla de decisión del sistema Q. Se generó una serie de demandas aleatorias sobre la base de un promedio de 200 cajas por día y una desviación estándar de 150 cajas por día. Se supone que 1 100 unidades están disponibles al inicio de la simulación y que ninguna se ha ordenado. Se coloca una orden de 1 000 cajas siempre que la posición

TABLA 15.2
Ejemplo del sistema Q*

Día	Demanda	Disponible al inicio del periodo	Ordenado al inicio del periodo	Posición del inventario al inicio del periodo	Monto ordenado	Monto recibido
1	111	1 100	—	1 100	1 000	
2	217	989	1 000	1 989		
3	334	772	1 000	1 772		
4	124	438	1 000	1 438		
5	0	1 314	—	1 314	—	1 000
6	371	1 314	—	1 314		
7	135	943	—	943	1 000	
8	208	808	1 000	1 808		
9	315	600	1 000	1 600		
10	0	285	1 000	1 285	1 000	
11	440	1 285	1 000	2 285	—	1 000
12	127	845	1 000	1 845		
13	315	718	1 000	1 718		
14	114	1 403	—	1 403	—	1 000
15	241	1 289	—	1 289	1 000	
16	140	1 048	1 000	2 048		

*Para esta tabla, se usó Q = 1 000 y R = 1 295.

del inventario llegue a 1 295 unidades y, entonces, debe colocarse una orden inmediatamente el día 1. La posición del inventario se revisa cada día a medida que ocurren las demandas. El resultado es que las órdenes se colocan los días 1, 7, 10 y 15. El nivel más bajo del inventario es de 285 unidades al inicio del día 10. Revise algunas de las cifras de la tabla 15.2 para ver si puede verificarlas.

15.6 SISTEMA DE REVISIÓN PERIÓDICA

A continuación se expone el segundo tipo de sistema de administración del inventario en el cual la posición del inventario de productos terminados se revisa periódicamente en lugar de en forma continua. Suponga que un proveedor hace entregas sólo con base en intervalos periódicos; por ejemplo: cada dos semanas. En este caso, la posición del inventario se revisa cada dos semanas y se coloca una orden si se requiere inventario.

Este sistema de administración del inventario, al igual que el sistema Q, se basa en el modelo de la cantidad económica de la orden. En esta sección se estima que la posición del inventario se revisa periódicamente con base en un programa fijo y que la demanda es aleatoria. Todos los supuestos de la cantidad económica de la orden de la sección 15.4, excepto los supuestos de una demanda constante y de la ausencia de faltantes de inventario, permanecen válidos.

En los **sistemas de revisión periódica**, la posición del inventario se revisa con base en intervalos fijos. Cuando se ejecuta una revisión, la posición del inventario se *ordena* en función de un inventario fijado como meta. El **nivel fijado como meta** se establece para cubrir la demanda hasta la siguiente revisión periódica más el tiempo de espera para la entrega. La cantidad de la orden depende de la cuantía que sea necesaria para volver a colocar la posición del inventario en su nivel fijado como meta. Con frecuencia, el sistema de revisión periódica se denomina sistema de intervalos fijos de la orden o sistema fijo de periodos de la orden; por conveniencia, nosotros lo llamaremos sistema P.

Una descripción formal del sistema P es la siguiente:

> Debe revisarse la posición del inventario (el disponible más el ordenado) con base en intervalos periódicos fijos P. En cada revisión se ordena una cantidad igual al inventario fijado como meta T menos la posición del inventario.

En la figura 15.9 se muestra una gráfica de este sistema. El inventario disponible disminuye sobre una base irregular a medida que se usa para satisfacer la demanda, hasta que se alcanza el final del intervalo periódico fijo. En ese momento se ordena una cantidad para volver a llevar la posición del inventario al nivel fijado como meta. La orden llega más tarde, después del tiempo de espera L y, luego, se repite el ciclo de consumo, reordenamiento y recepción de la orden.

El sistema P es diferente del Q en ciertos aspectos: 1) No tiene un punto de reorden, sino un nivel de inventario fijado como meta; 2) no tiene una cantidad económica de la orden ya que la cantidad de la orden varía de acuerdo con la demanda y 3) en el sistema

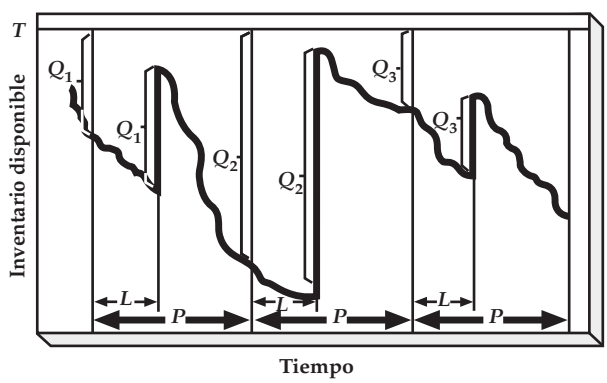


FIGURA 15.9
Sistema de revisión periódica.

P, el intervalo de la orden es fijo; en un sistema Q, una orden puede colocarse siempre que se necesite inventario.

El sistema P se determina a través de los parámetros, P y T. Ya que P es el tiempo entre las órdenes, se relaciona con la cantidad económica de la orden que se describe a continuación:

$$P = Q/D$$

donde

$$Q = EOQ$$

Posteriormente, al sustituir Q en la fórmula de la cantidad económica de la orden, se tiene:

$$P = \frac{Q}{D} = \frac{1}{D}\sqrt{\frac{2SD}{iC}} = \sqrt{\frac{2S}{iCD}} \qquad \textbf{(15.4)}$$

La ecuación (15.4) proporciona un intervalo de revisión aproximadamente óptimo P. Se observa que, si la demanda es altamente incierta, la aproximación de P será deficiente.

El nivel del inventario fijado como meta se establece especificando un nivel de servicio. En este caso, el nivel fijado como meta se determina a un nivel lo suficientemente alto para cubrir la demanda durante el tiempo de espera más el intervalo de revisión periódica. Este tiempo de cobertura es necesario ya que una orden no puede volverse a colocar hasta el final del siguiente intervalo de revisión y esa orden tomará el tiempo de espera conveniente para llegar. Para lograr el nivel de servicio especificado, la demanda promedio debe cubrirse a lo largo del tiempo $P + L$ y el inventario de seguridad también debe cubrir $P + L$; por lo tanto, se obtiene

$$T = m' + s' \qquad \textbf{(15.5)}$$

donde

T = nivel del inventario fijado como meta
m' = demanda promedio a lo largo del periodo $P + L$
s' = inventario de seguridad para cubrir $P + L$

Para el inventario de seguridad, se tiene

$$s' = z\sigma'$$

donde

z = factor de seguridad
σ' = desviación estándar de la demanda a lo largo de $P + L$

Del mismo modo que en el sistema Q, z refleja el nivel deseado de servicio (observe tabla 15.1).

Ejemplo

Como ilustración, usaremos el ejemplo del alimento del desayuno de la última sección. Recuerde que la cantidad económica de la orden era de 1 000 cajas y que la demanda diaria era de 200 cajas. El intervalo óptimo de revisión es, entonces

$$P = Q/D = 1\,000/200 = 5 \text{ días}$$

En este caso, m' es la demanda promedio a lo largo de $P + L = 5 + 4 = 9$ días; por lo tanto, tenemos $m' = 9(200) = 1\,800$. La desviación estándar es para el periodo $P + L$, o de 9 días. Así, con la desviación estándar diaria = 150 y el periodo de cobertura de 9 días,

$$\sigma' = \sqrt{9} \times (150) = 450 \text{ cajas}$$

Por lo tanto, con un nivel de servicio de 95% ($z = 1.65$):

$$T = m' + z\sigma' = 1\,800 + 1.65(450) = 2\,542 \text{ cajas}$$

El sistema P se resume como sigue: la posición de inventario se revisa cada cinco días y la cantidad de la orden se establece para ordenar hasta un nivel fijado como meta de 2 542 cajas.

TABLA 15.3
Ejemplo del sistema P*

Día	Demanda	Periodo inicial disponible	Periodo inicial ordenado	Posición del inventario del periodo inicial	Monto ordenado	Monto recibido
1	111	1 100	—	1 100	1 442	
2	217	989	1 442	2 431		
3	334	772	1 442	2 214		
4	124	438	1 442	1 880		
5	0	1 756	—	1 756	—	1 442
6	371	1 756	—	1 756	786	
7	135	1 385	786	2 171		
8	208	1 250	786	2 036		
9	315	1 042	786	1 828		
10	0	1 513	—	1 513	—	786
11	440	1 513	—	1 513	1 029	
12	127	1 073	1 029	2 102		
13	315	946	1 029	1 975		
14	114	631	1 029	1 660		
15	241	1 546	—	1 546	—	1 029
16	140	1 305	—	1 305	1 237	

*Para esta tabla, se usa $P = 5$ y $T = 2\,542$.

Es interesante observar que el sistema P requiere de 1.65(450) = 742 unidades de inventario de seguridad, aunque el sistema Q proporciona el mismo nivel de servicio con sólo 1.65(300) = 495 unidades de inventario de seguridad. El sistema P siempre involucra más inventario de seguridad que el Q para el mismo nivel de servicio. Ello se debe a que el sistema P debe brindar una cobertura a lo largo de un tiempo de $P + L$, mientras que el sistema Q debe proteger contra un faltante de inventario sólo a lo largo del tiempo de espera de L.

Este ejemplo se completa con el de la tabla 15.3, el cual maneja las mismas cifras de demanda que la 15.2. Aquí, sin embargo, la revisión es periódica en lugar de continua. Se hace una revisión en los periodos 1, 6, 11 y 16; es decir, cada cinco periodos. Las cantidades ordenadas son de 1 442, 786, 1 029 y 1 237. Aunque el periodo de revisión es fijo, se tolera que la cantidad ordenada varíe. Es aconsejable practicar calculando algunos de los números en la tabla para comprobar si pueden verificarse.

15.7 USO DE LOS SISTEMAS P Y Q EN LA PRÁCTICA

En la industria, tanto los sistemas Q y P, así como las modificaciones a los mismos, se utilizan ampliamente para la administración de un inventario sujeto a una demanda independiente. Los ejemplos de los inventarios con demandas independientes están en los inventarios de los mayoristas, los minoristas, los restaurantes, los hospitales, los bienes terminados en fábricas y en los almacenes de establecimientos de mantenimiento, reparaciones y operaciones. La elección entre los sistemas Q y P no es sencilla y puede dictarse por las prácticas de la administración o la economía; no obstante, existen algunas condiciones en las cuales puede optarse por el sistema P o el Q.

Con frecuencia, el sistema P se usa cuando se ordenan artículos múltiples a partir de un solo proveedor.

1. Debe usarse el sistema P cuando deben colocarse o entregarse órdenes a intervalos específicos; las entregas semanales de alimentos a tiendas de abarrotes serían un ejemplo.
2. El sistema P debe emplearse cuando se ordenan artículos múltiples a partir del mismo proveedor y se entregan en el mismo embarque. En este caso, el proveedor prefiere consolidar los artículos en una sola orden;

por ejemplo: un proveedor grande como Dole puede consolidar las órdenes para un número de productos cuando hace entregas a almacenes de abarrotes.

3. El sistema P debe utilizarse para los artículos poco costosos cuyo nivel de inventario no es controlado de una manera muy rigurosa. Un ejemplo es el de las tuercas y pernos que se maneja en un proceso de manufactura. En este caso, el tamaño de la gaveta establece el nivel del inventario fijado como meta y la gaveta se llena a intervalos fijos.

En síntesis, el sistema P proporciona la ventaja de un reabastecimiento programado y de una menor cantidad de registro de datos; sin embargo, requiere de un inventario de seguridad más grande que el Q, como lo ilustra el último ejemplo. Debido a este inventario de seguridad más grande, el sistema Q a menudo se aplica en artículos costosos en los que es deseable mantener a un nivel bajo la inversión en el inventario de seguridad; por lo tanto, debe elegirse entre el sistema Q y el P con fundamento en la programación del reabastecimiento, el tipo de sistema de registro en uso y el costo del artículo.

En la práctica, pueden encontrarse sistemas intermedios que sean mezclas de sistemas P y Q. Uno de éstos se caracteriza por reglas de decisión Min/Max y por revisiones periódicas; en este caso, el sistema posee tanto un punto de reorden (Min) como un nivel meta (Max). Cuando se efectúa una revisión periódica, no se coloca ninguna orden si la posición del inventario está por arriba del mínimo. Si ésta se ubica por debajo del mínimo, se coloca una orden para incrementar la posición del inventario al nivel máximo.

Nivel de servicio y nivel del inventario

Existe una importante negociación entre el nivel de servicio y el del inventario. Al administrar inventarios sujetos a una demanda independiente, una de las consideraciones clave es el nivel de servicio al cliente que la empresa desea mantener. Los niveles altos de servicio al cliente son claramente convenientes para los consumidores en general (y tal vez para propósitos de formación de relaciones), pero deben equilibrarse contra la inversión requerida en inventario, ya que, de ordinario, un nivel más alto de servicio al cliente entraña inversiones más altas en inventarios. El nivel promedio del inventario I se da por

$$I = Q/2 + z\sigma$$

En promedio, se llevan $Q/2$ unidades cuando se ordena en lotes de tamaño Q, y en promedio se llevan $z\sigma$ unidades en el inventario de seguridad. (Para el sistema P, úsese σ' en lugar de σ) por lo tanto, el nivel del inventario es la suma del inventario del ciclo ($Q/2$) y del inventario de seguridad ($z\sigma$).

Si fijamos el valor de Q, el nivel del inventario es una función de 2, lo cual representa el nivel de servicio; entonces, puede variarse el valor de z y graficar el nivel del servicio en comparación con el inventario promedio requerido, como se muestra en la figura 15.10.

La figura exhibe el nivel creciente del inventario que se requerirá para lograr niveles de servicio más altos. Recuerde que el nivel de servicio es la probabilidad de poder satisfacer

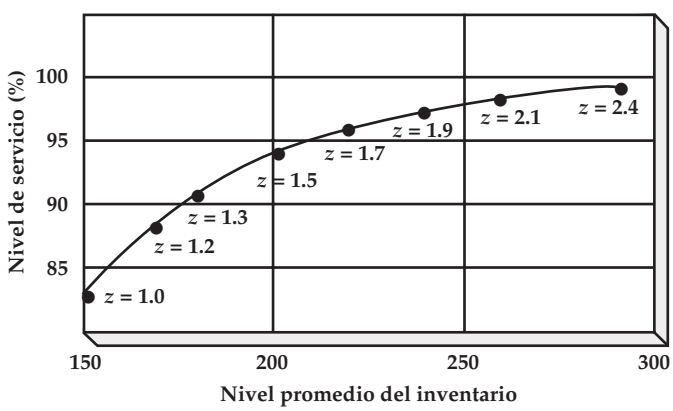


FIGURA 15.10
Nivel de servicio contra nivel del inventario.
($Q = 100$; $\sigma = 100$)

la demanda a partir del inventario, evitando la pérdida de ventas o los pedidos pendientes de cumplir. A medida que el nivel de servicio se aproxima a 100%, se demandan inventarios muy grandes. Esto sucede porque, suponiendo una demanda que se distribuye normalmente durante el tiempo de espera, el inventario de seguridad debe ser muy grande para cubrir eventos muy improbables a medida que el nivel de servicio se aproxima a 100 por ciento.

Debido a la alta relación no lineal que existe entre el nivel de servicio y el del inventario, es fundamental que la administración estime los costos de un conjunto razonable de niveles de servicio. La selección de un nivel arbitrario de servicio (simplemente fijémoslo al 99%) puede ser muy costosa ya que la diferencia de algunos puntos porcentuales en el nivel de servicio podría incrementar el requerido de inventario en forma sustancial; por ejemplo, en la figura 15.10, un incremento en el servicio de 95 a 99% implica un incremento de 32% en el inventario. Por lo tanto, aunque con frecuencia existe una presión del área de marketing para fijar los niveles de servicio a un nivel muy alto, es obligación del administrador del inventario garantizar que la empresa reconozca y considere totalmente el costo del nivel de servicio elegido.

La selección del nivel de servicio (y, por lo tanto, del nivel relacionado del inventario) contribuye a determinar las rotaciones apropiadas del inventario. La **rotación del inventario** indica el número de veces (durante un año) que el inventario se renueva por completo; es decir, la relación entre el inventario promedio disponible y el consumo anual del inventario. La rotación del inventario (o vueltas del inventario) puede calcularse para artículos individuales o para el inventario en forma general:

$$\text{Rotación del inventario} = \frac{\text{Costo anual de los bienes vendidos}}{\text{Nivel promedio del inventario}}$$

En la práctica, las empresas tienen una rotación de inventarios en cualquier punto entre una y 50 veces por año. Las tiendas de especialidades pueden tener rotaciones tan bajas como de una o dos veces por año. Summit Brewery, un fabricante de cerveza regional, posee una rotación de 12 a 18 veces por año y es totalmente extraño que una compañía tenga más de 50 rotaciones anuales. Para evaluar si el inventario está bien administrado, por lo regular es mejor comparar la rotación del inventario de la organización con las mejores prácticas en su industria. Si la rotación es baja, ello podría explicarse ya sea por niveles de servicio más altos o por diferentes costos de ordenamiento y de mantenimiento. La administración debe ver más lejos de la rotación y considerar la política del nivel de servicios o la estructura del costo inherente en el sistema del inventario. La administración puede aceptar rotaciones que sean más bajas que las normas de la industria en favor de un nivel de servicio más alto.

De manera alterna, la administración podría concentrarse en la reducción de Q o de σ, disminuyendo con ello el inventario que se necesita para un nivel de servicio determinado. El tamaño del lote Q puede reducirse contrayendo el tiempo de preparación de las máquinas o los costos de ordenamiento, como se describe en el capítulo 7 en el material acerca de sistemas de manufactura esbelta. La desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera puede reducirse al disminuir la variación diaria en la demanda o el tiempo de espera. La variación diaria en la demanda puede reducirse al trabajar con los clientes para uniformar la demanda y para reducir la incertidumbre en sus patrones de ordenamiento. El tiempo de espera puede acortarse si se reducen los tiempos del rendimiento específico en el proceso de producción y de distribución.

El **inventario administrado por el proveedor** (VMI, *vendor managed inventory*) es otra forma de administrar los niveles de inventario, en este caso proporcionándoles a los proveedores acceso al inventario de la empresa y a los datos de pronósticos. De este modo, el proveedor se encarga de mantener el nivel correcto del inventario en la ubicación de la compañía. Un inventario administrado por el proveedor entraña una colaboración entre el proveedor y el cliente (la organización) en términos del compartimiento de datos así como de acceso a la empresa y a sus propios consumidores (clientes finales, tal vez). El inventario

Liderazgo operativo Autozone impulsada por el inventario administrado por el proveedor

¿Qué le parecería a usted si cada vez que el rollo de papel sanitario estuviera a punto de acabarse se repusiera automáticamente? Por desgracia, no hay duendes para papeles sanitarios, pero sí para inventarios bajo la forma de técnicos especializados en inventarios administrados por el proveedor. Ellos trabajan para las compañías manufactureras, así como para los proveedores y son responsables de administrar sus productos en las tiendas al menudeo donde se comprometen a mantener abastecidos los estantes.

Autozone, un minorista de partes de automóviles con más de 4 000 tiendas en Norteamérica, lleva entre 20 000 y 22 000 unidades de inventario por establecimiento. Con tantos artículos almacenados, la rotación promedio del inventario es de 1.5 veces por año; sin embargo, tal inventario de movimiento lento no significa que Autozone tenga que hacer frente a fuertes inversiones en inventarios.

Autozone utiliza el inventario que los proveedores administran para que sus mismos proveedores administren su inventario en las tiendas al menudeo; incluso, el minorista requiere que los proveedores posean y mantengan los estantes de la tienda y que manejen acuerdos del tipo pago sobre escaneo en los cuales no se paga a los proveedores sino hasta que sus artículos se venden. Esto significa que Autozone no debe invertir su propio dinero en los inventarios puestos sobre los estantes. Una vez que los artículos se escanean y venden, Autozone tiene hasta 90 días para pagar a sus proveedores.

Para apoyar los inventarios administrados por los proveedores, se demanda la integración de los sistemas de información. *Los proveedores necesitan obtener los pronósticos sobre una base regular, hacer análisis inteligentes de ellos y tener visibilidad hacia los niveles de inventarios sobre una base continua*, afirma Steve Banker, un director de la administración de la cadena de suministro en ARC Advisory Group en Dedham, Massachusetts. *Las compañías pequeñas y de tamaño mediano con frecuencia no tienen los recursos de tecnología de la información para hacer que ello ocurra y, por lo tanto, deben esforzarse*.

Fuente: Compilado de Traci Purdom, "Vendor-Managed Inventory: Size Matters", *Industry Week*, marzo de 2007, y Cynthia Wallin *et al*., "What Is the 'Right' Inventory Management Approach for a Purchased Item?", *International Journal of Operations and Production Management*, 2006.

administrado por el proveedor se usa en las tiendas de abarrotes para algunos artículos de alimentos y el proveedor abastece los estantes de la tienda. En pago del esfuerzo hecho para esta colaboración, ambos socios de la cadena de suministro pueden beneficiarse de costos de ordenamiento fuertemente reducidos y, casi siempre, de un nivel más alto de servicio al cliente. Consulte el cuadro "Liderazgo operativo" para ver la forma en la que Autozone aplica el inventario administrado por el proveedor con el fin de mantener a un nivel bajo su inversión en inventarios.

15.8 ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS ABC

En 1906, Vilfredo Pareto observó que un número reducido de artículos en cualquier grupo constituyen la proporción más significativa de la totalidad de éste.[3] En aquella época, él observaba que unos cuantos individuos en la economía parecían ganar la mayor parte del ingreso. También, es verdad que un número pequeño de productos de una empresa dan cuenta de la mayor parte de las ventas y que en las organizaciones de voluntarios un reducido número de personas realizan la mayor parte del trabajo. Esta ley acerca del pequeño grupo significativo puede aplicarse, asimismo, a la administración de los inventarios.

Por lo general, en los inventarios un número pequeño de artículos dan cuenta de la mayor parte del valor de los inventarios como lo mide el consumo en dólares (demanda multiplicada por el costo); por lo tanto, es posible administrar este número reducido de artículos de manera intensiva y controlar gran parte del valor del inventario. Por lo común, los artículos se dividen en tres clases en la administración del inventario: A, B y C. La clase

[3] Vilfredo Pareto, *Manual of Political Economy*, Ann A. Schwier (trans.), Nueva York: A. M. Kelly, 1971.

TABLA 15.4
Consumo anual de los artículos por valor en dólares

Artículos	Consumo anual en unidades	Costo unitario	Consumo en dólares	Porcentaje del consumo total en dólares
1	5 000	$ 1.50	$ 7 500	2.9
2	1 500	8.00	12 000	4.7
3	10 000	10.50	105 000	41.2
4	6 000	2.00	12 000	4.7
5	7 500	.50	3 750	1.5
6	6 000	13.60	81 600	32.0
7	5 000	.75	3 750	1.5
8	4 500	1.25	5 625	2.2
9	7 000	2.50	17 500	6.9
10	3 000	2.00	6 000	2.4
Total			$254 725	100.0

A contiene cerca de 20% de los artículos y 80% del consumo en dólares; así, representa al pequeño grupo significativo. En el otro extremo, la clase C abarca 50% de los artículos y sólo 5% del consumo en dólares. Dichos artículos dan cuenta de una parte muy pequeña del valor en dólares del inventario. En la clase intermedia B se tiene 30% de los artículos y 15% del consumo en dólares. Esta clasificación del inventario se denomina **análisis ABC** o regla del 80-20.

La tabla 15.4 muestra un ejemplo de un inventario de arte con 10 artículos. Para cada uno (fila), se multiplicó el consumo anual en unidades por el costo unitario para determinar el consumo en dólares de ese artículo. Asimismo, se calculó el porcentaje de consumo total en dólares comparando el consumo en dólares de cada artículo con el de la totalidad del inventario ($254 725). Se observa que los artículos 3 y 6 dan cuenta de una gran cantidad del consumo en dólares (73.2%) y se clasifican como A. Los artículos 1, 5, 7, 8 y 10 poseen un nivel bajo en consumo en dólares (10.5%) y se consideran C. Los demás son del tipo B.

La designación de esas clases es arbitraria; podría haber cualquier número de clases. También, el porcentaje exacto de artículos en cada clase variará de un conjunto de inventarios a otro. Los factores importantes son los dos extremos: un número reducido de artículos que son significativos y un alto número de ellos que son relativamente insignificantes.

La mayor parte del consumo en dólares del inventario (80%) puede controlarse si se vigilan rigurosamente los artículos A (20%). Para éstos, debería usarse un riguroso sistema de control, incluyendo una revisión continua de los niveles del inventario, una menor cantidad de inventario de seguridad y una estrecha atención a la exactitud de los registros. Para los artículos C podría emplearse un control menos estricto; tal vez se utilizaría un sistema de revisión periódica y una menor exactitud de los registros podría ser suficiente. Incluso, podría recurrirse a sistemas manuales para los artículos C. Los B requieren de un nivel intermedio de atención y de control administrativo.

Cuando se dispone de sistemas computarizados, algunas veces se usa un nivel uniforme de control para todos los artículos; sin embargo, la administración del inventario todavía implica el establecimiento de prioridades y el análisis ABC es útil para hacerlo.

15.9 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

La administración del inventario es clave para la responsabilidad de las operaciones porque afecta grandemente las necesidades de capital, los costos y el servicio al cliente. Este capítulo aporta un panorama general de la administración de los inventarios y presenta métodos específicos para la administración de inventarios con una demanda independiente.

Los aspectos esenciales de este capítulo incluyen lo siguiente:

- El inventario es un cúmulo de materiales que se emplea para facilitar la producción o para satisfacer las demandas de los clientes. Los inventarios incluyen la materia prima, la producción en proceso y los productos terminados.

- Los inventarios se mantienen para muchos propósitos, incluyendo el inventario del ciclo, el de seguridad, el de anticipación y el inventario en prospecto.
- Una regla de decisión especifica cuánto debe ordenarse y cuándo. En el cálculo de la regla de decisión, existen cuatro costos de inventarios que deben considerarse: el del artículo, el de ordenamiento (o preparación de las máquinas), el de mantenimiento y el costo de los faltantes de inventarios.
- La cantidad económica de la orden es un cálculo sencillo, pero eficaz para la estimación del mejor tamaño de la orden a la vez que se equilibran los costos de ordenamiento y de mantenimiento. Incluye los supuestos de una tasa constante de demanda, un tiempo de espera constante, un tiempo fijo de preparación, la ausencia de faltantes de inventarios, el ordenamiento en lotes, la ausencia de descuentos y un solo producto independiente.
- Un sistema de revisión continua (Q) brinda una forma de manejar la demanda aleatoria. Cuando la posición del inventario disminuye al punto de reordenamiento R, se ordena una cantidad Q fija. El tiempo entre las órdenes varía dependiendo de la demanda real. El valor de Q se establece como igual a la cantidad económica de la orden. El valor de R se basa en el nivel de servicio deseado.
- Un sistema de revisión periódica (P) ofrece otra forma de manejar la demanda aleatoria. La posición del inventario se revisa a intervalos fijos P, y se ordena una cantidad igual al inventario fijado como meta T menos la posición del inventario. La cantidad que se ordena en cada periodo de revisión varía dependiendo de la demanda real. El valor de P se fija mediante la cantidad económica de la orden, y el valor de T se basa en el nivel de servicio requerido.
- La elección entre los sistemas P y Q debe fundarse en la oportunidad del reabastecimiento, el tipo de mantenimiento de registros y el costo del artículo. Un sistema P debe aplicarse cuando las órdenes del inventario deben programarse en forma regular.
- Los niveles de servicio altos involucran niveles altos de inversión para una cantidad determinada de la orden (Q) y una desviación estándar (σ). La administración debe analizar la inversión que se necesita para un conjunto de niveles de servicios antes de establecer el nivel óptimo. El hecho de considerar la rotación del inventario de modo aislado no otorga una base adecuada para las decisiones sobre los niveles del inventario.
- El concepto del inventario ABC se asienta en un pequeño grupo significativo y en un grupo grande, aunque insignificante. Este concepto debe emplearse para controlar cuidadosamente los costos de los artículos A y para invertir menos esfuerzos y costos en los B y C.

Términos clave

Códigos de barras
Datos de puntos de venta
Identificación de frecuencias de radio
Inventarios
Inventario de seguridad
Inventario del ciclo
Inventario anticipado
Inventario en trámite o en tránsito
Costo del artículo
Costo de ordenamiento (o de preparación)
Costo de mantenimiento
Costo de faltantes de inventarios
Demanda independiente
Demanda dependiente
Filosofía de reabastecimiento
Filosofía de requerimientos
Costo total
Cantidad económica de la orden
Posición de inventarios
Sistema de revisión continua
Punto de reorden
Probabilidad de faltantes de inventarios
Nivel deseado de servicios
Sistema de revisión periódica
Nivel fijado como meta
Rotación del inventario
Inventarios administrados por el proveedor
Análisis ABC

Usted decida

Si el inventario es tan difícil de administrar, ¿por qué no permiten las empresas que sus proveedores lo administren y acepten entregas sólo sobre una base justo a tiempo (JIT)?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. The Association for Operations Management
   www.apics.org

Visite este sitio para encontrar información de interés acerca del control del inventario.

2. Effective Inventory Mgmt. Inc.
   www.effectiveinventory.com/articles.html

Lea uno o más de los artículos de este sitio y escriba un resumen breve.

3. CISS, Ltd.
   www.cissltd.com

Active una demostración en línea de Inventory Pro. ¿Qué tipos de reportes están disponibles para el usuario?

4. Retail Pro
   www.retailpro.com

Examine este sistema de cómputo para el control de los inventarios minoristas. Escriba un breve reporte acerca de las principales características que encuentre.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema

1. **Cantidad económica de la orden** En un almacén de ferretería, la demanda independiente de ciertos pernos que se usan comúnmente es de 500 unidades por mes. El costo de ordenamiento es de 30 dólares por orden colocada. El costo de mantenimiento es de 25% por año y cada unidad posee un costo de .50 dólares.

   a) De acuerdo con la cantidad económica de la orden, ¿qué tamaño de lote debería tener este producto?
   b) ¿Con qué frecuencia debería comprarse este producto?
   c) Un equipo de calidad encontró una forma de reducir los costos de ordenamiento a 5 dólares. ¿Cómo cambiará eso el tamaño del lote y la frecuencia de las compras para este producto?

Solución

Primero, convierta la demanda a las mismas unidades de tiempo que el costo de mantenimiento. En este caso, el costo de mantenimiento es en años y la demanda es en meses. La demanda anual es de $500 \times 12 = 6\,000$ unidades.

a) $$Q = \sqrt{\frac{2SD}{iC}}$$
$$= \sqrt{\frac{2 \times 30 \times 6\,000}{.25 \times .50}}$$
$$= \sqrt{\frac{360\,000}{.125}}$$
$$= 1\,697.06 \rightarrow 1\,697 \text{ unidades}$$

b) La frecuencia anual de adquisición = D/Q o $6\,000/1\,697 = 3.54$ veces por año. Para convertir a meses, divida 12 meses por año entre la frecuencia anual de adquisición.

$$\frac{12}{3.54} = \text{Cada } 3.39 \text{ meses}$$
$$\frac{52}{3.54} = \text{Cada } 14.69 \text{ semanas}$$
$$\frac{365}{3.54} = \text{Cada } 103.11 \text{ días}$$

c) $Q = \sqrt{\frac{2SD}{iC}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 5 \times 6\,000}{25 \times .50}}$

$= \sqrt{\frac{60\,000}{.125}}$

$= 692.8 \rightarrow 693$ unidades

La frecuencia de adquisición $= D/Q$ o $6\,000/693 = 8.66$ veces por año.

Problema

2. **Sistema Q** El número de parte XB-2001 tiene una demanda anual independiente como refacción de 4 000 unidades, un costo de preparación de máquinas de 100 dólares, un costo de mantenimiento de 30% por año, y un costo de artículo de 266.67 dólares. Las instalaciones de producción están abiertas cinco días por semana y 50 semanas por año, haciendo un total de 250 días productivos anuales. El tiempo de espera para este producto es de nueve días y la desviación estándar de la demanda es de dos unidades por día. La compañía desea tener un nivel de servicio de 95% para esta refacción.

a) Calcule Q con la fórmula de la cantidad económica de la orden.
b) Calcule R.
c) Si la empresa estuviera utilizando un sistema Q de control de inventarios (revisión continua), interprete los resultados de sus cálculos.

Solución

a) $Q = \text{EOQ}$

$= \sqrt{\frac{2SD}{iC}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 100 \times 4\,000}{.3 \times 266.67}}$

$= \sqrt{10\,000}$

$= 100$

b) La solución correcta de esta parte del problema requiere de dos pasos. Primero, debe calcularse la demanda diaria; ello se hace dividiendo la tasa anual de la demanda entre el número de días laborables por año: $4\,000/250 = 16$ unidades por día. De este modo, la demanda promedio a lo largo del tiempo de espera es de 16 unidades por día durante nueve días o $9 \times 16 = 144$ unidades. Segundo, debe estimarse la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera lo que se determina obteniendo la desviación estándar de la demanda diaria (dos unidades) y multiplicando por la raíz cuadrada del número de días del plazo de entrega (la raíz cuadrada de 9).

$R = m + z\sigma$

$= (9 \times 16) + 1.65 \times (2 \times \sqrt{9})$

$= 144 + 9.9$

$= 153.9 \rightarrow 154$ unidades

c) Ordenar 100 unidades cuando el inventario (disponible más ordenado) disminuye a 154. En promedio, habrá 9.9 unidades de inventarios de seguridad disponibles cuando llegue la orden. En 5% de los casos habrá un faltante de inventarios antes de que la orden llegue.

Problema

3. **Sistema P** Considere el producto que se describió en el problema resuelto 2 cuando se respondieron las siguientes preguntas:

a) ¿Con qué frecuencia deberían colocarse las órdenes para este producto si se colocan a intervalos regulares usando un sistema de revisión periódica?
b) Calcule el nivel del inventario fijado como meta.

c) Exponga la regla específica de decisión para este producto utilizando la información que usted ha calculado hasta este momento.

d) Suponga que ahora es el momento para una revisión periódica. Una revisión del nivel del inventario para este producto revela que existen 60 unidades disponibles y 110 ordenadas. ¿Qué debería hacerse?

Solución

a) $P = \dfrac{Q}{D}$ (use Q y D del problema anterior)

$= \dfrac{100}{4\,000}$

$= .025$ años

$= 1.25$ semanas laborables (.025 años $\times$ 50 semanas de trabajo por año)

$= 6.25$ días (0.25 años $\times$ 250 días laborables por año)

$= 6$ días (redondeado)

b) $T = m' + s'$

$= m' + z\sigma'$

$=$ (demanda promedio a lo largo de $P + L$) $+ z$ (desviación estándar de la demanda durante $P + L$)

$= 16 \times (6 + 9) + 1.65 \times (2 \times \sqrt{9 + 6})$

$= 240 + 12.8$

$= 252.8 \rightarrow 253$

c) Revise el inventario (disponible y ordenado) cada seis días y ordene hasta un nivel fijado como meta de 253 unidades.

d) Ordene hasta el nivel fijado como meta. El nivel fijado como meta es de 253 unidades. El monto del inventario disponible y ordenado es de 60 + 110 unidades o 170 unidades en total. La diferencia entre el nivel fijado como meta y el inventario disponible y ordenado es la cantidad que debería ordenarse para ser entregada en nueve días, $253 - (60 + 110) = 83$. Ordene 83 unidades para ser entregadas en nueve días.

Preguntas de análisis

1. Identifique los diferentes tipos de inventarios (materia prima, producción en proceso y productos terminados) que se llevan en las siguientes organizaciones: una estación de gasolina, una tienda de ropa y un taller de maquinados. ¿Qué funciones (propósitos) desempeñan estos inventarios?
2. Considere los siguientes tipos de artículos que se llevan en una tienda al menudeo: focos, discos compactos y medicamentos refrigerados. Exponga la probable estructura de costos para cada uno de estos artículos, incluyendo los costos del artículo, de mantenimiento, de ordenamiento y de un faltante de inventarios.
3. ¿Por qué es difícil determinar los faltantes de inventarios? Sugiera un enfoque que pudiera usarse para estimarlos.
4. ¿Por qué razón puede eliminarse de la fórmula de la cantidad económica de la orden el costo del artículo? ¿Los costos del artículo son fundamentales cuando se proporcionan los descuentos por cantidad? ¿Por qué?
5. ¿Cuál es la diferencia entre una filosofía de necesidades y una de reabastecimiento para la administración del inventario? ¿Por qué es importante esa diferencia?
6. Compare y contraste la administración del inventario de productos terminados en una empresa manufacturera con la de una minorista o una mayorista.
7. Para un nivel de servicio determinado, ¿por qué requiere un sistema P una inversión en inventarios más grande que un sistema Q? ¿Qué factores afectan la magnitud de la diferencia?
8. Suponga que usted administra la empresa Speedy Hardware Store. Proporcione ejemplos de artículos que pudieran administrarse por un sistema P y otros para los cuales podría emplearse un sistema Q. ¿Cómo difieren estos temas ?
9. ¿Cómo debería decidir un administrador el nivel apropiado de servicio para los productos terminados? ¿Deberían algunos artículos tener un nivel de servicio de 100 por ciento?
10. Se escuchó a un administrador emitir la siguiente queja: *Tengo algunos artículos que tienen intervalos de revisión de dos semanas y se requieren cuatro semanas para el reabastecimiento. Cada dos semanas, coloco órdenes con base en la cantidad disponible en el inventario. Ahora parece ser que cuento con demasiado inventario*. ¿Qué es lo que anda mal?

11. Se escuchó que un estudiante decía lo siguiente: *Los supuestos del modelo de la cantidad económica de la orden son tan restrictivos que el modelo sería difícil de usar en la práctica*. ¿Es necesario poseer un modelo diferente para cada variación en los supuestos? ¿Por qué sí o por qué no?
12. ¿Cuál es el papel apropiado de la rotación del inventario como una medida para evaluar la administración de inventarios? ¿En qué circunstancias es dañina para la empresa una alta rotación del inventario?
13. Suponga que usted está administrando una cadena de tiendas de departamentos. Como alto administrador, ¿cómo mediría usted el desempeño general de la administración del inventario de cada tienda? ¿Cómo aplicaría esta información en su relación con los administradores individuales de la tienda?

Problemas

1. The Always Fresh Grocery Store lleva una marca particular de té que tiene las siguientes características:

   Ventas = 8 cajas por semana
   Costo de ordenamiento = $10 por orden
   Cargo de mantenimiento = 20% por año
   Costo del artículo = $80 por caja

   a) ¿Cuántas cajas deberían ordenarse en cada ocasión?
   b) ¿Con qué frecuencia se ordenará el té?
   c) ¿Cuál es el costo anual de ordenamiento y de mantenimiento del té?
   d) ¿Qué factores podrían ocasionar que la compañía ordenara una cantidad más grande o más pequeña que la cantidad económica de la orden?
2. La Grinell Machine Shop fabrica una línea de mesas de metal. Algunas de éstas se llevan en el inventario de productos terminados. Un tipo de mesa en particular cuenta con las siguientes características:

   Ventas = 300 por año
   Costo de preparación de la maquinaria = $1 200 por preparación (esto incluye la preparación de la maquinaria para todas las distintas partes de la mesa)
   Costo de mantenimiento = 20% por año
   Costo del artículo = $25

   a) ¿Cuántas de estas mesas deberían fabricarse en un lote de producción?
   b) ¿Con qué frecuencia se programará la producción?
   c) ¿Qué factores podrían provocar que la compañía programara un tamaño de un lote distinto al que se ha calculado?
3. El distribuidor local de Toyota debe decidir la cantidad de amortiguadores de choque de repuesto de un tipo específico que debe ordenar para las reparaciones de los automóviles Toyota. Dichos amortiguadores de choque tienen una demanda de cuatro unidades por mes y un costo de 25 dólares cada uno. El cargo de mantenimiento es de 30% por año y el costo de ordenamiento es de 15 dólares por orden.

   a) ¿Cuál es la cantidad económica de la orden para este artículo?
   b) ¿Con qué frecuencia reordenará el negociante esta parte?
   c) ¿Cuál es el costo anual de ordenamiento y de mantenimiento de esta parte?
4. ¿Cuál es el efecto sobre la cantidad económica de la orden y el costo total de los siguientes tipos de cambios en los datos del problema 1?

   a) Un incremento de 40% en la demanda.
   b) Un incremento de 20% en los cargos de mantenimiento.
   c) Use una hoja electrónica para estudiar la relación entre el tamaño de lote y el costo de mantenimiento.
5. La famosa Widget Company vende diversos artilugios a una tasa de 80 000 unidades por año. Cada uno se vende en 100 dólares, y el mantenimiento de ellos en el inventario durante un año tiene un costo de 30%. El proceso de producción se automatizó a lo largo de los años y en la actualidad cuesta 1 000 dólares cambiar la línea de producción de artilugios para elaborar otros productos sobre la misma línea.

   a) ¿Cuál es el tamaño de lote económico para la producción de artilugios?
   b) ¿Cuántos lotes se producirán cada año?
   c) ¿Cuál es el costo anual de mantenimiento de los artilugios y el costo anual de los cambios en las líneas de producción?
   d) ¿Qué factores o cambios en los supuestos podrían causar que la Widget Company produjera un lote más grande que el tamaño económico del que se calculó en el inciso *a*)?
6. The Harvard Co-op ordena playeras con el emblema de la Universidad de Harvard y las vende en 50 dólares cada una. Durante un mes común, se venden 900 playeras (esto incluye todos los estilos y tamaños ordenados a partir de un lote en particular). Cuesta 25 dólares colocar una orden (para tamaños y estilos múltiples) y el costo de mantenimiento de las playeras en el inventario es de 25 por ciento.

   a) ¿Cuántas playeras debería ordenar Co-op en una ocasión?
   b) Al proveedor le gustaría entregar las playeras una vez a la semana. ¿Cuánto costará esto a la empresa por año? ¿En qué condiciones estaría usted de acuerdo en la propuesta del proveedor?
   c) Suponga que las ventas aumentan a 1 500 playeras por mes, pero que usted decide mantener el tamaño del lote igual que el del inciso *a*). ¿Cuánto le costará esta decisión a la compañía por año?
7. The Co-op del problema 6 descubrió que debería establecer un inventario de seguridad para sus playeras. Desea usar un sistema de punto de reorden con un tiempo de espera de dos semanas. La demanda a lo largo de un intervalo de dos semanas tiene un promedio de 450 unidades y una desviación estándar de 250 unidades.

Indicaciones útiles para el uso de hojas electrónicas de Excel

En el sitio web para el libro de texto se proporcionan cuatro hojas electrónicas de Excel para este capítulo a efecto de asistir a los estudiantes en la solución de los problemas del mismo. La hoja electrónica del problema 8 se muestra más abajo con datos diferentes a los que se presentan en él para ilustrar su uso. Los insumos estándar para el sistema Q se ilustran en la sección de insumos de la hoja electrónica, incluyendo los costos, las ventas, el tiempo de espera y el nivel de servicio. Los productos finales incluyen la cantidad económica de la orden y el punto de reorden.

	B	C	D	E	F	G	H	I
17	NOMBRE:	Ejemplo				CAPÍTULO 15, PROBLEMA 8		
18	SECTOR:	**********				FECHA:		
19								
20								
21	Sección de insumos:				Sección del producto final:			
22	**********	**********	**********		**********	**********	**********	**********
23	Ventas anuales:		400	Cantidad económica de la orden =			45	
24	Costo de mantenimiento (%):		$50		Punto de reorden =		9.1	
25	Costo del artículo:		40%				z = 1.65	
26	Item cost:		$50		Ordénese cada:		28.0	días
27	Desviación estándar:		0.3		**********	**********	**********	**********
28	Días laborables/año:		250					
29	Tiempo de espera (días):		5					
30	Nivel de servicio:		95%					
31	**********	**********	**********					

a) ¿Qué punto de reorden debe establecer Co-op para garantizar un nivel de servicio de 95% por cada orden colocada?
b) ¿Qué punto de reorden debe establecer para asegurar que no ocurra más de un faltante de inventario en el curso de un año?
c) ¿Qué cantidad de inventario promedio llevará Co-op para el inciso *b*)? En su respuesta, incluya tanto el inventario del ciclo como el de seguridad.
d) ¿Con qué frecuencia rotará Co-op su inventario, retomando los resultados del inciso *c*)?

eXcel 8. Un minorista de aparatos electrónicos lleva un teléfono celular en particular con las siguientes características:

Ventas mensuales promedio = 120 unidades
Costo de ordenamiento = $25 por orden
Costo de mantenimiento = 35% por año
Costo del artículo = $300 por unidad
Tiempo de espera = 4 días
Desviación estándar de la demanda diaria = 0.2 unidades
Días laborables por año = 250

a) Determine la cantidad económica de la orden.
b) Calcule el punto de reorden para un nivel de servicio de 92%, suponiendo una demanda normalmente distribuida.
c) Diseñe un sistema Q para este artículo.
d) ¿Qué le sucede al punto de reorden cuando cambia el tiempo de espera? ¿Qué le ocurre al punto de reorden cuando se modifica la desviación estándar de la demanda?

eXcel 9. Para los datos que se presentan en el problema 8:

a) Diseñe un sistema P para este teléfono con un nivel de servicio de 92 por ciento.
b) Compare las inversiones del inventario requeridas para los sistemas P y Q (del problema 8) para diversos valores de nivel de servicio.
c) ¿Por qué el sistema P demanda una inversión en inventarios más alta?

10. El negociante de Toyota del problema 3 considera la instalación ya sea de un sistema Q o P para el control del inventario. La desviación estándar de la demanda ha sido de cuatro unidades por mes y el tiempo de espera para el reabastecimiento es de dos meses. Se desea un nivel de servicio de 95 por ciento.

a) Si se emplea un sistema de revisión continua, ¿cuál es el valor de Q y de R que debería utilizarse?
b) Si se usa un sistema de revisión periódica, ¿cuál es el valor de P y de T que sería aplicable?
c) ¿Cuáles son los pros y los contras de aplicar el sistema P en comparación del Q para esta parte?

11. The Suregrip Tire Company cuenta con cierto tipo de llantas con las siguientes características:

Promedio de ventas anuales = 600 llantas
Costo de ordenamiento = $40 por orden
Costo de mantenimiento = 25% por año
Costo del artículo = $50 por llanta
Tiempo de espera = 4 días
Desviación estándar de la demanda diaria = 1 llanta

a) Calcule la cantidad económica de la orden.

b) Para un sistema Q de control de inventarios, estime el inventario de seguridad que se requeriría para niveles de servicio de 85, 90, 95, 97 y 99 por ciento.
c) Construya una gráfica de la inversión total en inventarios *versus* el nivel de servicio.
d) ¿Qué nivel de servicio establecería usted con base en la gráfica del inciso *c*)? Discuta su respuesta.

12. Para los datos del problema 11:
a) Calcule la rotación anual como una función del nivel de servicio.
b) Si las ventas aumentarán en 50%, ¿qué le sucedería a la rotación a un nivel de servicio de 95 por ciento?

eXcel 13. La Cover-up Drapery Company maneja cuatro tipos de telas con las siguientes características:

Tipo	Demanda anual (yardas)	Artículo costo por yarda
1	300	$20
2	250	$18
3	100	$12
4	200	$ 8

Asuma que los artículos deben ordenarse conjuntamente a partir del mismo proveedor a un costo de ordenamiento de 20 dólares por orden y a un costo anual de mantenimiento de 20%. Suponga, también, 300 días laborables en un año.
a) Si se usa un sistema P, ¿cuál es el intervalo óptimo de ordenamiento en días?
b) ¿Qué cantidad de cada tipo de tapete se ordenaría cuando se colocara una orden combinada?
c) ¿Cuál es el efecto sobre el intervalo del ordenamiento al modificar el costo de mantenimiento a 25, 30 y 35 por ciento?
d) ¿Por qué no pueden ordenarse estos tapetes usando un sistema Q?
e) Clasifique los cuatro artículos anteriores como artículos del inventario A, B o C.

14. Suponga que usted es el proveedor de la Cover-up Drapery Company que se describió en el problema 13. Cada vez que se cambia la máquina productora de tela de un tipo a otro (1, 2, 3 o 4) se incurre en un costo de 2 000 dólares. Estime que su costo de mantenimiento es de 30% y que los demás datos son como se explica en el problema 13.
a) ¿Qué tamaños de lotes preferiría el proveedor de alfombras para los tipos 1, 2, 3 y 4?
b) ¿Cómo se reconciliarían los tamaños de los lotes que le gustaría producir al proveedor y aquellos que desearía comprar a Cover-up Drapery Company? Describa varias maneras en las cuales puedan compaginarse estos dos distintos tamaños de lotes.

Bibliografía

Arnold, J. R. Tony. *Introduction to Materials Management*. 5a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.

Callioni, G., X. deMontgros, R. Shagriulder, L. Van Wassenhove y L. Wright. "Inventory Driven Costs". *Harvard Business Review*, marzo de 2005, pp. 135-141.

Doucette, Larissa. "Making the Most of Inventory Management". *Foodservice Equipment & Supplies*, 54, núm. 12 (diciembre de 2001), pp. 40-44.

Freund, Brian y June Freund. "Hands-on VML". *APICS-The Performance Advantage*, marzo de 2003, pp. 34-40.

Henry, Jim. "Chrysler Sinks Under Weight of Inventory". *Advertising Age* 78, núm. 16 (16 de abril de 2007), pp. 1-4.

Herring, Sean. "Inventory Management into the 21st Century". *Logistics & Transport Focus* 2, núm. 7 (septiembre de 2000), pp. 43-46.

Pareto, Vilfredo, *Manual of Political Economy*, Ann A. Schwier (trans.). Nueva York: A. M. Kelly, 1971.

Piasecki, Dave. "Optimizing Economic Order Quantity". *IIE Solutions* 33, núm. 1 (enero de 2001), pp. 30-35.

Purdum, Traci. "Vendor-Managed Inventory: Size Matters". IndustryWeek.com, 1 de marzo de 2007.

Simchi-Levi, David, Philip Kaminsky y Edith Simchi-Levi. *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Cases*. 2a. ed., Nueva York: McGraw-Hill, 2002.

Sordy, Steve. "No More Lean Times! Why Inventory Is Not Waste and Warehouses Add Value". *Logistics & Transport Focus* 9, núm. 3 (abril de 2007), pp. 41-44.

_____ "Stryker's 4-Step Inventory Reduction Process". *Industry Week* 256, núm. 4 (2007), pp. 48.

Vollmann, Thomas E., William L. Berry, D. Clay Whybark y F. Robert Jacobs. *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*. 5a. ed., Nueva York: McGraw-Hill, 2004.

Wallen, Cynthia, M. Johnny Rungtusanatham y Elliot Rabinovich. "What Is the 'Right' Inventory Management Approach for a Purchased Item?" *International Journal of Operations and Production Management* 26, núm. 1 (2006), pp. 50-68.

Walters, Donald. *Inventory Control and Management*. 2a. ed., Nueva York: Wiley, 2003.

Suplemento

Modelos avanzados

Este suplemento presenta dos modelos adicionales que son de utilidad para la administración de inventarios sujetos a una demanda independiente. El primer modelo se aplica a una adquisición externa en la cual se proporcionan descuentos de precio; el segundo, a un llenado gradual del inventario cuando el lote llega de manera uniforme a lo largo del tiempo en lugar de llegar todo en una sola vez.

DESCUENTOS E INTERVALOS DE PRECIO

Con frecuencia, los proveedores externos ofrecen descuentos de precio por compras de volumen. Tales descuentos pueden ofrecerse a diferentes niveles de adquisición y pueden aplicarse a la totalidad de la orden o únicamente al incremento comprado. En este suplemento, se supone que los descuentos de precio se aplican a la totalidad de la orden; por ejemplo: el precio de adquisición puede ser de dos dólares por unidad para un intervalo de 0 a 99 unidades y de 1.50 dólares por unidad de 100 unidades en adelante. De esta manera, el costo de las unidades muestra un salto o discontinuidad a un nivel de 100 unidades. Para 99 unidades, el costo de la orden de adquisición es de 198 dólares y, para 100 unidades, de 150 dólares.

Para encontrar cantidad económica de la orden, el procedimiento consiste en calcular primero la cantidad económica para cada precio distinto de adquisición. Algunas de estas cantidades económicas pueden no ser factibles porque dicha cantidad caiga fuera del ámbito del precio usado para calcularla. Las cantidades económicas no factibles se eliminan y no se les da mayor importancia. Entonces, se calculan el costo total de adquisición y el de operación del inventario para cada cantidad económica factible y cada cantidad de intervalo de precio. La cantidad económica factible o el intervalo de precio factible que da como resultado el costo total más bajo se selecciona como la cantidad de la orden.

Considere el siguiente ejemplo:

D = 1 000 unidades por año
i = 20% por año
S = \$10 por orden
C_1 = \$5 por unidad para 0 a 199 unidades
C_2 = \$4.50 por unidad para 200 a 499 unidades
C_3 = \$4.25 por unidad para 500 unidades o más

Primeramente, se calculan las tres cantidades económicas de la orden correspondientes a los tres valores de C_i. Se obtiene $Q_1 = 141$, $Q_2 = 149$ y $Q_3 = 153$. En este caso, Q_2 y Q_3 son poco factibles y se eliminan. Posteriormente, se calcula el costo total de adquisición y del inventario a la cantidad económica de la orden restante y a los dos intervalos de precio. Ese total de costos es como sigue:*

$$TC = S\left(\frac{D}{Q}\right) + iC\left(\frac{Q}{2}\right) + CD$$

$$TC(141) = 10(1\,000/141) + .2(5)(141/2) + 5(1\,000) = \$5\,141$$
$$TC(200) = 10(1\,000/200) + .2(4.5)(200/2) + 4.5(1\,000) = \$4\,640$$
$$TC(500) = 10(1\,000/500) + .2(4.25)(500/2) + 4.25(1\,000) = \$4\,482$$

Ya que $TC(500)$ es el costo anual más bajo, deben ordenarse 500 unidades.

* Observe que el costo anual CD de comprar las unidades se incluye en la ecuación del costo total dado que éste está afectado por el descuento.

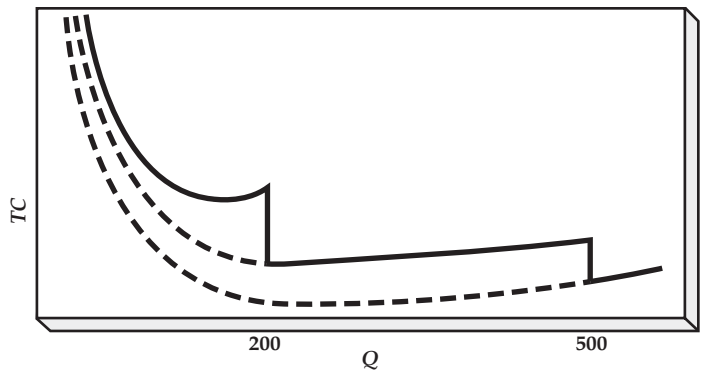


FIGURA S15.1
Costo del inventario con intervalos de precios.

El comportamiento del costo para este ejemplo se muestra en la figura S15.1. Observe que, en cada intervalo de precio, se reduce el costo total; por lo tanto, en este ejemplo, se selecciona la cantidad del intervalo de precio más alto.

No siempre es necesario calcular todas las cantidades económicas de la orden y el costo en cada intervalo de precio. A continuación se presenta un procedimiento más eficiente:

1. Calcule la cantidad económica de la orden para el costo más bajo por unidad (la cantidad con el intervalo de precio más grande). Si esa cantidad económica de la orden es factible, es decir, si se encuentra por arriba del intervalo de precio, se habrá encontrado la cantidad más económica.
2. Si la cantidad económica de la orden no es factible, use el siguiente precio más bajo y continúe calculando las cantidades económicas de la orden hasta que todos los precios se hayan utilizado.
3. A continuación, calcule el costo total de la cantidad económica de la orden y el costo total a todos los intervalos de precio más altos.
4. El valor mínimo de estos costos totales indica la cantidad de la orden más económica.

En el ejemplo anterior, este procedimiento proporciona el mismo resultado que en los cálculos anteriores; por coincidencia, ambos métodos requieren el mismo número de cálculos para este ejemplo en particular.

ENTREGA UNIFORME DE LOTES

En algunos casos, la totalidad del lote no se coloca en el inventario en una sola ocasión, sino que se entrega en forma gradual. Un ejemplo es un productor que acumule inventario a una tasa constante de producción. Otro es un minorista que hace la entrega de una orden en varios embarques a lo largo de un periodo.

El efecto de esta condición de la entrega sobre el inventario se muestra en la figura S15.2 El nivel del inventario se acumula gradualmente a medida que ocurre tanto la producción como el consumo. Posteriormente, el nivel del inventario se agota ya que sólo ocurre el consumo.

El efecto de una entrega gradual es reducir el nivel máximo y el nivel promedio del inventario sobre el que se obtuvo en el caso simple de la cantidad económica de la orden cuando la totalidad del lote se aceptó en una sola ocasión. Suponga que las unidades se producen a una tasa de p unidades por año y se consumen a una tasa de D unidades por año (donde $p > D$). De este modo, el nivel promedio del inventario es

$$\frac{Q}{2}\left(1 - \frac{D}{p}\right)$$

Esta fórmula puede derivarse con el uso de la geometría haciendo referencia a la figura S15.2

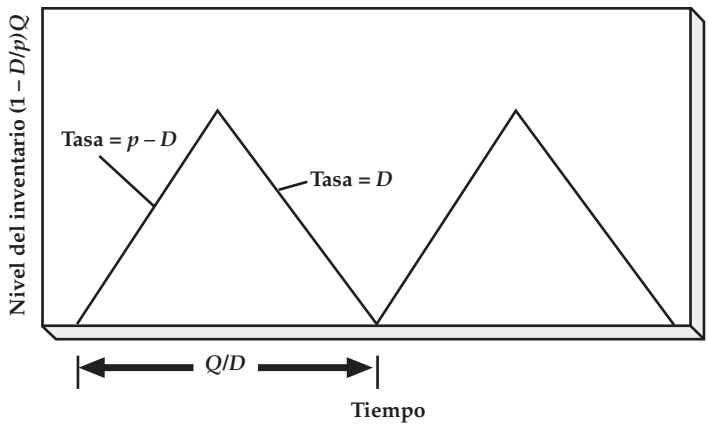


FIGURA S15.2
Entrega uniforme de lotes.

La expresión anterior para el inventario promedio se emplea en lugar de $Q/2$ en la ecuación (15.1). Cuando se minimiza la expresión resultante para TC, se obtiene la siguiente fórmula de la cantidad económica de la orden:

$$Q = \sqrt{\frac{2SD}{iC(1 - D/p)}}$$

En este caso, la cantidad económica de la orden es un tanto más grande que la cantidad económica de la orden ordinaria porque el factor $(1 - D/p)$ es inferior a 1. A medida que p se aproxima a D, la cantidad económica de la orden se vuelve muy grande, lo cual significa que la producción es continua. Cuando p es muy grande, la fórmula anterior de la cantidad económica de la orden se aproxima a la cantidad económica ordinaria. Al derivar esta última, se supone que la totalidad del lote llegó al inventario en una sola ocasión, lo cual es equivalente a una tasa de producción infinita p.

Problemas suplementarios

1. Suponga que para el problema 1 de este capítulo el proveedor de la Always Fresh Grocery Store ofrece un descuento si se le compran más de 50 cajas en cada ocasión. Los costos unitarios del artículo son de 80 dólares por caja para un intervalo de 0 a 49 cajas y de 76 dólares por caja para 50 cajas o más. Este precio de 76 dólares se aplica a la totalidad de la orden.
   a) ¿Debería la tienda de abarrotes tomar la oferta de descuento?
   b) ¿Qué descuento se requiere para que la tienda sea indiferente entre el hecho de tomar el descuento y ordenar la cantidad económica de la orden?
2. Un proveedor se presentó con usted y le ofreció la siguiente negociación: si compra 29 cajas o menos de una solución para limpieza, el costo será de 25 dólares para cada caja. Si adquiere 30 cajas o más, el costo será de 20 dólares por caja. Suponga que el costo de mantenimiento del inventario es de 15% por año, que usted debe incurrir en un costo de 20 dólares para ordenar el material y que emplea 50 cajas por año.
   a) ¿Cuántas cajas debería usted ordenar?
   b) ¿Negociaría con ese proveedor para obtener un mayor descuento? Explique las cantidades y los precios que negociaría y la razón por la cual se seleccionó esas cantidades y precios.
3. Para el problema 2 de este capítulo, suponga que Grinell Machine Shop produce sus mesas a una tasa de dos por día (250 días laborables por año).
   a) ¿Cuál es el tamaño óptimo del lote?
   b) Grafique el inventario disponible contra el tiempo.
   c) ¿Cuál es el valor máximo del inventario?
4. Un productor de partes electrónicas desea tomar en cuenta tanto la tasa de producción como la tasa de demanda al decidir sobre los tamaños de sus lotes. Puede producirse una parte en particular de 50 dólares a una tasa de 1 000 unidades por mes, y la tasa de la demanda es de 200 unidades por mes. La compañía utiliza un cargo de mantenimiento de 24% por año y el costo de la preparación de las máquinas es de 200 dólares cada vez que se produce la parte.
   a) ¿Qué tamaño del lote debería producirse?
   b) Si se ignora la tasa de producción, ¿cuál sería el tamaño del lote? ¿Cuánto le cuesta a la empresa este lote más pequeño sobre una base anual?
   c) Dibuje una gráfica del inventario disponible contra el tiempo.

Capítulo **16**

MRP y los sistemas de ERP

Presentación del capítulo

16.1 Definiciones de los sistemas de MRP
16.2 MRP contra los sistemas de punto de reorden
16.3 Ejemplo de la MRP
16.4 Elementos de la MRP
16.5 Operación de un sistema de MRP
16.6 Éxito de un sistema de MRP
16.7 Sistemas de ERP
16.8 Aspectos y términos clave
Usted decida
Ejercicios por internet
Problema resuelto
Preguntas de análisis
Problemas
Bibliografía

Las organizaciones de manufactura deben superar la complejidad debida a la existencia de numerosos productos, procesos, partes e incertidumbres. La compañía manufacturera común puede tener que administrar miles de productos y partes, cambiar constantemente las prioridades y enfrentarse a una demanda impredecible; sin embargo, esta situación tiene remedio. Es posible manejarla a través del uso de un sistema computarizado de planeación y control denominado **MRP** (*materials requirements planning*, planeación para las necesidades de materiales).

Asimismo, las organizaciones de servicios pueden beneficiarse del empleo de los sistemas de MRP. Los servicios como los de restaurantes, hospitales y compañías de energía eléctrica poseen fuertes inventarios para facilitar los bienes que dan apoyo a sus sistemas de prestación de servicios. Tales inventarios son difíciles de administrar y, además, requieren de sofisticados enfoques para la administración del inventario.

La MRP deriva su poder de la muy importante distinción entre los inventarios con una demanda independiente y los inventarios con una demanda dependiente. En el capítulo 15 se definieron los inventarios con una **demanda independiente** como aquellos que están sujetos a condiciones de mercado y, por lo tanto, son independientes de las operaciones. Algunos ejemplos de ello son los productos terminados y las refacciones que una compañía manufacturera utiliza para satisfacer la demanda final de los clientes junto con los

Estas partes automotrices están sujetas a una demanda dependiente.

inventarios de distribución en el comercio minorista, el comercio mayorista y en los hospitales. Dichos inventarios deben administrarse por medio de los métodos del punto de reorden descritos en el capítulo anterior.

En contraste, los inventarios con una **demanda dependiente** no están sujetos a condiciones del mercado; dependen de la demanda de partes y componentes de un nivel más alto y con inclusión del programa de producción maestro. Algunos ejemplos de inventarios con una demanda dependiente son los de materias primas y de producción en proceso que se manejan en las compañías de manufactura para dar apoyo al proceso de manufactura mismo. En un restaurante, el alimento crudo que se necesita depende del número y del tipo de comidas que se sirvan. Estos inventarios deberán administrarse mediante un sistema de MRP o a través de los sistemas justo a tiempo (esbeltos) que se describieron en el capítulo 7.

Al elegir entre la MRP y los sistemas justo a tiempo, los planificadores deben entender la distinción entre los sistemas de control de producción impulsado por la demanda y jalado por la demanda. Un **sistema impulsado por la demanda**, como la MRP, impulsa los materiales hacia la producción para satisfacer las necesidades futuras. La administración construye un programa maestro que representa los pronósticos y órdenes futuras y que determina qué componentes o partes deben ordenarse e impulsarse en la producción. En un **sistema jalado por la demanda**, como un sistema justo a tiempo, los materiales son jalados a través de la producción por medio de los centros de trabajo subsiguientes. Los materiales se proporcionan únicamente cuando existe una demanda subsecuente; no existe un impulso de los materiales hacia la producción para satisfacer las demandas futuras. Debido a la ausencia de una visibilidad hacia el futuro, se requiere de un *programa maestro repetitivo* para que un sistema de retropulsión funcione; en contraste, se usan la MRP en situaciones como producción de lotes, talleres de trabajo y producción en masa *no repetitiva*. En estos casos, se necesita la MRP porque el programa maestro cambia constantemente.

El **programa maestro** impulsa un sistema de MRP y especifica los artículos o el resultado final de la función de producción. Todas las demandas futuras para la producción en proceso y las materias primas dependen del programa maestro y se derivan a través del sistema de MRP con base en el programa maestro. Cuando se hace la planeación de los inventarios de materia prima y de producción en proceso, toda la historia anterior de la demanda es irrelevante a menos de que el futuro sea exactamente igual al pasado. Ya que de ordinario las condiciones cambian, el programa maestro representa una mejor base que la demanda pasada para la planeación de los inventarios de materia prima y de producción en proceso.

A la vez, el total de la demanda futura esperada, incluyendo la planeación de las ventas y de las operaciones (S&OP, sales and operations planning), los pronósticos, las órdenes de los clientes y las órdenes de inventarios de productos terminados, impulsa al programa maestro. Éste contiene configuraciones específicas de productos o números de partes finales de ensamble. En comparación, la planeación de las ventas y de las operaciones se formula para familias grandes de productos sobre una base agregada; por lo tanto, durante una programación maestra, la planeación de las ventas y de las operaciones se divide en los productos reales que habrán de elaborarse.

En la MRP, el programa de cómputo *explota* el programa maestro en órdenes de compra de materia prima y órdenes de trabajo para la programación de la fábrica; por ejemplo: si el producto del programa maestro es una calculadora manual, el proceso de la **explosión de partes** determinará todas las partes y los componentes necesarios para fabricar un número específico de calculadoras. Este proceso de explosión de partes implica una lista de materiales detallada que presentará cada una de las partes necesarias para manufacturar cualquier artículo final específico en el programa maestro. Las partes requeridas pueden incluir los ensambles, los subensambles, las partes manufacturadas y las partes compradas. De este modo, la explosión de partes da como resultado una lista completa de las partes que deben ordenarse y del programa del taller que se necesitará.

En el proceso de explosión de partes, es indispensable considerar los inventarios de partes que ya están disponibles o en tránsito; por ejemplo: una orden de 100 artículos finales puede requerir una nueva orden de sólo 20 piezas de una materia prima en particular debido a que 50 ya están en el almacén y ya se trabajan 30 piezas.

Otro ajuste que se hace durante la explosión de partes se refiere a los tiempos de espera de la producción y de las compras. Partiendo del programa maestro, cada parte manufacturada o comprada se compensa, es decir ordenada con anticipación, en una cantidad de tiempo igual a la que se necesita para obtener esa parte (tiempo de ciclo). Este procedimiento garantiza que cada componente estará disponible a tiempo para apoyar al programa maestro. Si se dispone de una capacidad suficiente de manufactura y de abastecimiento para satisfacer las órdenes que resultan de la explosión de partes, el sistema de MRP producirá un plan válido para las acciones de adquisición y de manufactura. Si no se cuenta con una capacidad suficiente, será fundamental volver a planear el programa maestro o modificar la capacidad.

16.1 DEFINICIONES DE LOS SISTEMAS DE MRP

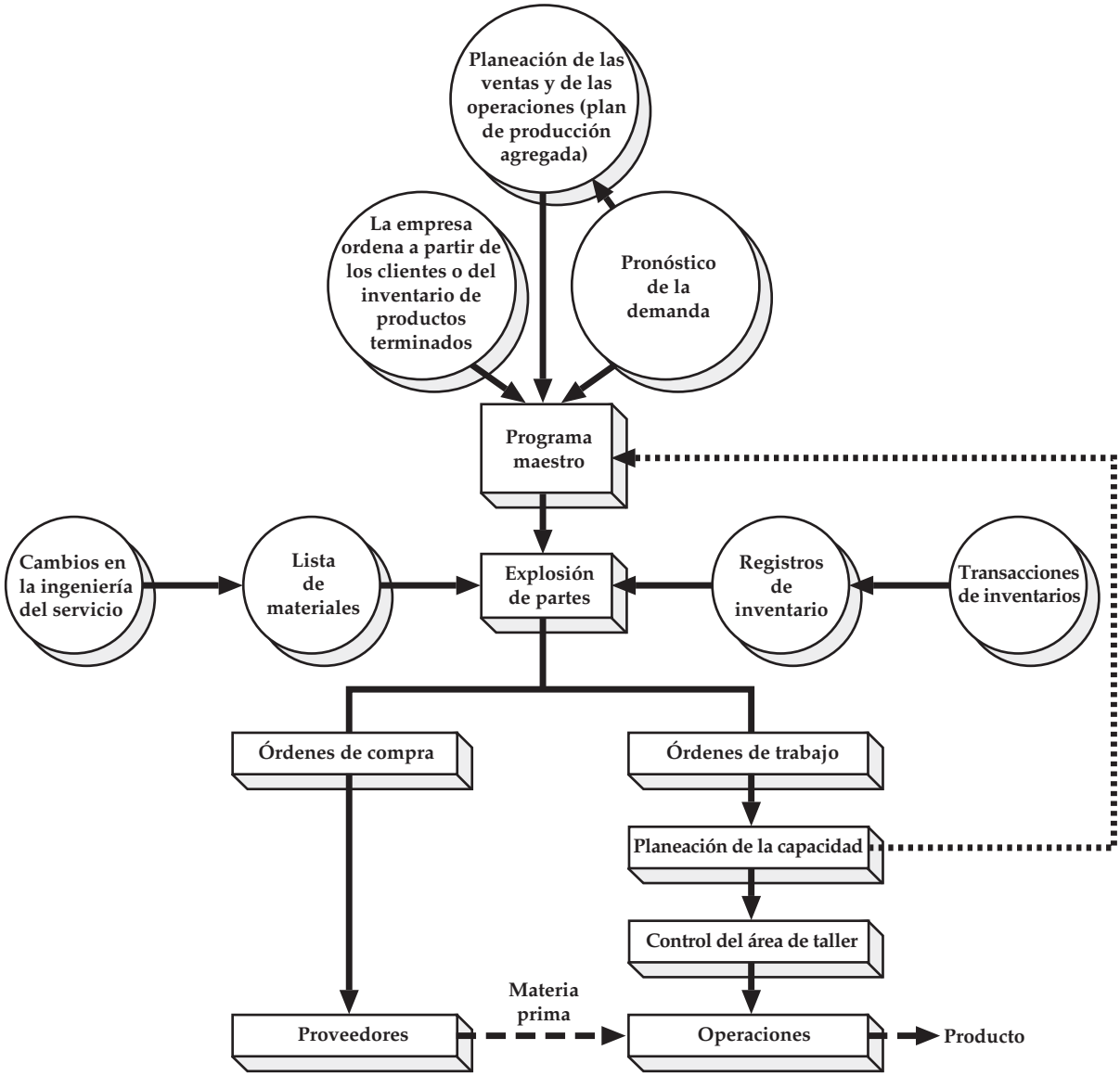
El sistema característico de MRP que se expone se ilustra en la figura 16.1. En la parte superior de esta figura se observa el programa maestro de producción, el cual se determina por las órdenes de los clientes, la planeación de la producción agregada y los pronósticos de la demanda futura. El proceso de explosión de partes, que se ubica en el centro del sistema, se impulsa por tres insumos: el programa maestro, la lista de materiales y los registros de inventarios. El resultado del proceso de explosión de partes consta de dos tipos de órdenes: de compra que van a los proveedores y de trabajo que van a la fábrica; sin embargo, antes de que las órdenes de trabajo se envíen a la fábrica, los planificadores de materiales efectúan una verificación para investigar si se dispone de una capacidad suficiente para fabricar las partes requeridas. Si tal capacidad está disponible, las órdenes del trabajo se ponen bajo el sistema de control del área de taller. Si la capacidad no está disponible, los planificadores deben hacer un cambio en la capacidad o en el programa maestro a través del bucle de realimentación que se muestra. Una vez que las órdenes del trabajo están bajo el sistema de control del área de taller, el progreso de éstas se administra mediante el mismo personal del área de taller para asegurarse de que se terminen a tiempo.

La figura 16.1 representa la MRP como un *sistema de información* que se usa para planear y controlar los inventarios y la capacidad. La información se procesa a través de las distintas partes del sistema para apoyar las decisiones administrativas. Si la información es exacta y oportuna, la administración puede aplicar el sistema para controlar los inventarios, los costos de manufactura y las empresas de servicio y entregar las órdenes de los clientes a tiempo. De esta forma, los materiales se administrarán de una manera continua en un ambiente dinámico y cambiante.

Aunque la MRP es fácil de entender conceptualmente, puede emplearse en una variedad de formas distintas, lo que conduce a dos diferentes tipos de sistemas de MRP y a la extensión a la ERP del modo siguiente:

- **Tipo I: sistema de control de inventarios.** El tipo I de sistema de MRP es un sistema de control de inventario mínimo que libera órdenes de manufactura y de compra para

FIGURA 16.1 Sistema de MRP con un bucle cerrado.



las cantidades correctas en el momento exacto en apoyo del programa maestro. Este sistema emite las órdenes para controlar los inventarios de producción en proceso y de materias primas por medio de una oportunidad adecuada de la colocación de las órdenes; sin embargo, el sistema del tipo I no incluye la planeación de la capacidad y los módulos de control del área de taller que se ilustran en la parte inferior de la figura 16.1.

- **Tipo II: un sistema de control de la producción y de los inventarios.** El sistema tipo II para la MRP incluye la totalidad de la figura 16.1 y es un sistema de información que se aplica para planear y controlar los inventarios y las capacidades. En el sistema de tipo II, las órdenes que resultan de la explosión de partes se verifican para ver si se dispone de suficiente capacidad. Si no se cuenta con ésta, ella o el programa maestro se modifican. El sistema de tipo II posee un bucle de realimentación entre las órdenes emitidas y el programa maestro para ajustar la capacidad disponible. Como resultado, este tipo de sistema de MRP se denomina **sistema de bucle cerrado**; controla tanto los inventarios como la capacidad de los recursos usados para apoyar la producción. Un

Liderazgo operativo 3M Canadá usa el nuevo programa i2

3M Canadá tenía un sistema heredado de MRP que sólo consideraba la disponibilidad de los materiales. Al incorporar la programación de la capacidad finita y la administración de las restricciones, también logró considerar la capacidad y reprogramar con frecuencia sus fábricas.

Al utilizar el programa i2, 3M integró la realización de pronósticos participativos e integrados, la planeación de materiales y la ejecución del área de taller con una visibilidad completa a lo largo de la cadena de suministro. 3M implantó dos poderosas aplicaciones (el planificador de la fábrica i2 y el planificador de la cadena de suministro i2) en las ocho fábricas de Canadá. Mediante la utilización de soluciones i2, 3M consiguió la reformulación diaria de los planes sobre la base de datos proveniente de cambios anteriores y nuevas órdenes de los clientes. El planificador de la cadena de suministro creaba necesidades de compra y órdenes de manufactura optimizadas. El sistema anterior podía realizar planes sólo con base en la disponibilidad del material, pero el planificador de la fábrica también consideraba la capacidad de las máquinas y otros recursos. Como resultado, 3M Canadá pudo incrementar sus ventas por medio de una mejor entrega puntual, logró reducir los inventarios en 23% y, asimismo, consiguió mejorar el flujo de efectivo.

Fuente: Tomado de www.i2.com. 2009.

Control de la producción. Este empleado del área de control de la producción utiliza una computadora para dar seguimiento al flujo de materiales como parte del sistema de MRP.

sistema de tipo II de MRP se conoce como **sistema de planeación de los recursos de manufactura**. El cuadro "Liderazgo operativo" ilustra la manera en la que 3M Canadá mejoró su planeación, su programación y su ejecución con un sistema de bucle cerrado.

- **Sistema de planeación de los recursos de manufactura** (**ERP**, *enterprise resource planning system*). Un sistema de ERP es extensivo a toda la empresa y se utiliza para planear y controlar todos los recursos, incluyendo los inventarios, la capacidad, el efectivo, el personal, las instalaciones y el capital. En este caso, el sistema de ERP se integra con todos los demás subsistemas de información de la compañía, abarcando los sistemas de contabilidad, de ventas y marketing, de recursos humanos y financieros, a través de una base de datos para toda la organización. Puesto que todo mundo trabaja a partir de la misma información, es posible coordinar todos los recursos de la compañía y no sólo los materiales y la capacidad.

Ya que la MRP es un concepto sencillo y lógico, uno podría preguntarse por qué no lo aplica cualquier empresa. Las principales razones son que el sistema no se ajusta al tipo particular de sistema de producción de la compañía o que ésta no se entera de los posibles beneficios de su uso. Tales problemas se expondrán con detalle más adelante en el capítulo; además, consulte la tabla 16.1 donde se presenta una lista de las razones más frecuentes para no implantar la MRP.

16.2 MRP CONTRA LOS SISTEMAS DE PUNTO DE REORDEN

La MRP pone en duda muchos de los conceptos tradicionales usados para administrar los inventarios. Los **sistemas de punto de reorden** expuestos en el capítulo 15 no funcionan

TABLA 16.1
Actitudes que prevalecen durante mucho tiempo en las compañías de manufactura

- No es posible hacer pronósticos de nuestro negocio a un futuro tan lejano.
- A nosotros, en el área de ventas, no nos interesan sus problemas de manufactura; tenemos suficiente con los nuestros.
- No me pregunte cuál orden del cliente quiero que se embarque primero. Las quiero todas ahora mismo.
- No es posible confinar ninguna parte de este programa maestro de producción (charla de ventas).
- No es posible cambiar una parte de este programa dentro de los seis primeros meses (charla de manufactura).
- Ese nuevo sistema no puede reaccionar lo suficientemente rápido. Necesitamos ajustar algunas órdenes adicionales de vez en cuando.
- Si queremos 100 unidades al mes a partir de esta planta, de antemano sé que debemos solicitar 150.

de modo eficaz en la administración de los inventarios sujetos a una demanda dependiente; sin embargo, antes del advenimiento de la MRP, no había alternativa: las compañías de manufactura y de servicios administraban *todos* los inventarios con sistemas de punto de reorden.

Algunas de las principales distinciones entre la MRP y los sistemas de punto de reorden se resumen en la tabla 16.2. Una distinción es la **filosofía de las necesidades** que se usa en los sistemas de MRP contra la **filosofía de reabastecimiento** que se emplea en los sistemas de punto de reorden. Una filosofía de reabastecimiento indica que los materiales deben reabastecerse cuando llegan a un nivel bajo; en cambio, un sistema de MRP no lo hace: sólo se ordena más material cuando existe una necesidad de acuerdo con el programa maestro. Si no existen necesidades de manufactura para una parte en específico, no habrá reabastecimiento aun cuando el nivel del inventario sea bajo. Este concepto de necesidades es especialmente importante en la manufactura porque la demanda de las partes componentes es *compleja*. Cuando se programa un lote, las partes componentes se necesitan para ese lote, pero la demanda es, entonces, de cero hasta que se programe otro lote. Si se usan sistemas de punto de reorden para este tipo de patrón complejo de demanda, los materiales estarán disponibles durante largos periodos con una demanda de cero.

Otra distinción entre los dos sistemas estriba en el uso de los pronósticos. Para los sistemas de punto de reorden, la demanda futura se pronostica sobre la base de la historia de la demanda; dichos pronósticos se utilizan para reabastecer los niveles del inventario. Las cantidades ordenadas se basan en las necesidades generadas a partir del programa maestro. La MRP se orienta hacia el futuro; deriva la demanda futura de las partes componentes a partir de pronósticos de demanda con un nivel más elevado.

El principio ABC no funciona con eficacia en los sistemas de MRP. Al manufacturar un producto, los artículos del grupo C son tan importantes como los del A; por ejemplo: un automóvil no puede embarcarse si carece de un conducto para combustible o de un tapón del radiador aun cuando éstos son relativamente poco costosos y pertenecen al grupo C. En un restaurante, no puede servirse una comida si falta la carne; por lo tanto, es necesario controlar todas las partes incluso las del grupo C.

La cantidad económica de la orden, incluso a pesar de que se respetó a lo largo del tiempo, no es de utilidad en los sistemas de MRP, aun cuando se dispone de fórmulas para la fijación del tamaño del lote. Los supuestos usados para derivar la cantidad económica

TABLA 16.2
Comparación de la MRP y de los sistemas de punto de reorden

	MRP	**Punto de reorden**
Demanda	Dependiente	Independiente
Filosofía de la orden	Necesidades	Reabastecimiento
Pronóstico	Con base en el programa maestro	Con base en la demanda histórica
Concepto de control	Control de todos los artículos	ABC
Objetivos	Satisfacción de las necesidades de manufactura	Satisfacción de las necesidades de los clientes
Fijación del tamaño del lote	Discreto	Cantidad económica de la orden
Patrón de demanda	Complejo, pero previsible	Aleatorio
Tipos de inventarios	Producción en proceso y materia prima	Productos terminados y refacciones

de la orden tradicional se violan constantemente a causa de los complejos patrones de demanda para las partes componentes. En los sistemas de MRP, la fijación del tamaño del lote debe basarse en necesidades discretas; por ejemplo: suponga que la demanda de una parte en especial por semana a lo largo de las seis semanas siguientes fuera de 0, 30, 10, 0, 0 y 15. Estime, además, que se calcula que la cantidad económica de la orden es de 25 partes. Con la cantidad económica de la orden o con múltiplos de ella, podrían no satisfacerse las necesidades en forma exacta y, entonces, se terminaría con remanentes en el inventario, los cuales ocasionan costos innecesarios de mantenimiento a este último. Sería mucho mejor basar los tamaños de los lotes en la demanda discreta observada; por ejemplo: con una política de lote por lote, podrían ordenarse 30 unidades para la segunda semana, 10 para la tercera y 15 para la sexta, lo que da como resultado tres órdenes y la ausencia de costos de mantenimiento. Asimismo, podrían ordenarse 40 unidades para la segunda y tercera semanas en forma combinada, lo cual ahorra una orden pero incurre en un pequeño costo de mantenimiento. Con los sistemas de MRP, deben examinarse diversos tamaños de lotes discretos.

En la administración de inventarios con una demanda independiente y con reglas de punto de reorden, el objetivo es proporcionar un alto nivel de servicio al cliente a bajos costos operativos del inventario. Esta meta se orienta hacia el cliente. En contraste, en la administración de inventarios con una demanda dependiente y con MRP, el objetivo es dar apoyo al programa maestro de producción, lo que se enfoca en la manufactura; se concentra hacia adentro en lugar de hacia afuera.

En este momento, debe ser evidente que los sistemas de MRP difieren de los de punto de reorden casi en toda dimensión de importancia y debe quedar clara la razón por la cual los sistemas de MRP son necesarios para controlar los inventarios con una demanda dependiente. La siguiente sección describe la mecánica de los sistemas de MRP.

16.3 EJEMPLO DE LA MRP

La forma más sencilla de entender la MRP es concentrándose en el proceso de explosión de partes. Después de describir este proceso más adelante, a través de un ejemplo, se expondrán los elementos restantes de un sistema de MRP.

Suponga que se manufacturan las mesas del tipo que se muestra en la figura 16.2. La mesa terminada consta de un ensamble de una parte superior y una pata. A la vez, el ensamble de la pata posee cuatro patas, dos rieles cortos y dos largos. En este ejemplo en particular, los ensambles de las patas se construyen anticipadamente y se almacenan en el inventario. Este procedimiento permite que la mesa se produzca más rápido, a medida que se reciben las órdenes, en comparación del tiempo que se necesitaría si se ensamblara por completo a partir de las partes individuales. En las compañías de manufactura, es una práctica común construir ensambles para el inventario con la finalidad de reducir el tiempo de ciclo total de la producción y ahorrar costos de preparación de las máquinas.

La **lista de materiales** (BOM, *bill of materials*) para esta mesa se ilustra esquemáticamente en la figura 16.3. La mesa terminada se presenta al primer nivel de la lista. El ensamble de las patas y el de la parte superior de la mesa están en el segundo nivel, ya que estas partes se ensamblan en forma conjunta para producir una mesa terminada. Las piezas que van en el ensamble de las patas se describen en su totalidad en el tercer nivel. Se supone que las partes de esta mesa se adquieren del exterior; de otro modo, habría un cuarto nivel en la lista de materiales para la madera utilizada en la elaboración de las patas, los rieles y la parte superior.

Otro elemento de información indispensable antes de la explosión de las partes son los **tiempos de espera planeados** para las partes manufacturadas y compradas, como se observa en la tabla 16.3. Para propósitos de planeación, se requiere una semana para ensamblar la mesa terminada desde el ensamble de las patas y la parte superior. Este tiempo de ciclo planeado incluye al de espera promedio debido a la interferencia con otros trabajos, el cual es, de ordinario, mucho más prolongado que el de trabajo real. Si se necesitaran las

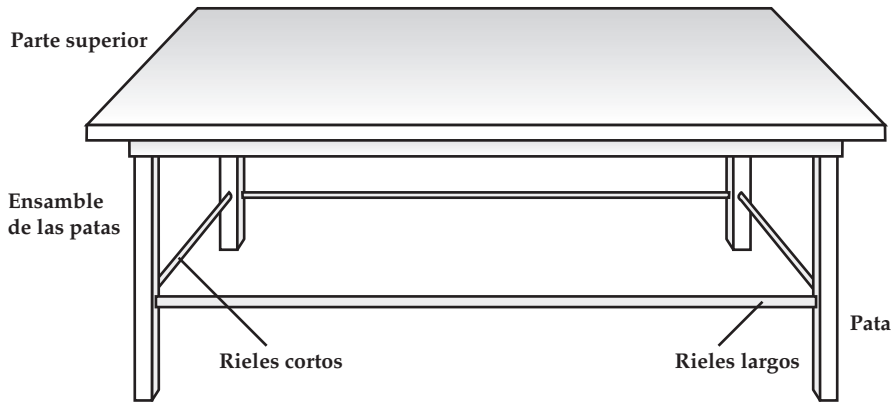


FIGURA 16.2
Ejemplo de la mesa.

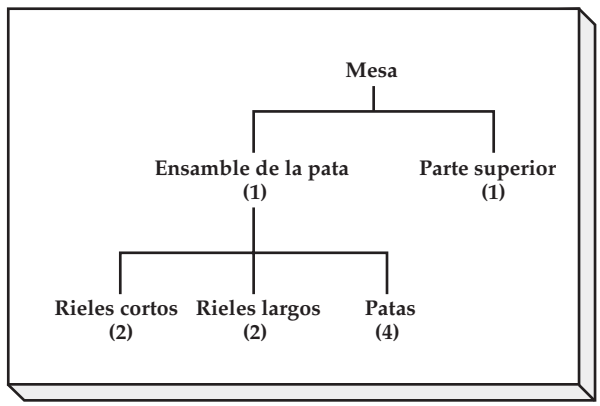


FIGURA 16.3
Lista de materiales (la cantidad por unidad se muestra entre paréntesis).

mesas concluidas sobre una base de prioridades, podrían ensamblarse en algunas horas. De manera similar, la tabla 16.3 representa que se planearon dos semanas para la compra de la parte superior de la mesa desde el momento en el que se coloca la orden hasta que la parte superior de la mesa está en la fábrica. Este tiempo de ciclo planeado podría comprimirse a una cantidad tan pequeña como un día o dos si las partes superiores recibieran una alta prioridad por parte del proveedor.

Ahora, es posible, con la explosión de partes, construir un **plan de materiales** para las mesas terminadas y para todas las partes. El plan de materiales resultante se representa en la tabla 16.4. En este caso, el programa maestro contiene la demanda para las mesas terminadas: 200 en la semana cuatro, 150 en la semana cinco y 100 en la semana seis. Estas cantidades se enlistan como **necesidades brutas** para las mesas completas. Como se muestra en el plan de materiales, existen 50 mesas disponibles en el momento actual (se supuso que todas las cifras de la tabla 16.4 ocurren al inicio de la semana). Así, pueden sustraerse tales mesas disponibles de las necesidades brutas para llegar a las **necesidades netas**. Posteriormente, las necesidades netas quedan compensadas en una semana, debido al tiempo de ciclo planeado para el ensamblado de las mesas, lo cual conduce a la libera-

TABLA 16.3
Tiempos de espera planeados

	Semanas
Ensamblado de la mesa*	1
Terminación del ensamblado de las patas†	1
Compra de las patas	1
Compra de los rieles cortos	1
Compra de los rieles largos	1
Compra de la parte superior	2

* Suponga que la parte superior de la mesa y el ensamble completo de las patas están disponibles.
†Asuma que las patas, los rieles cortos y los largos están disponibles.

TABLA 16.4
Plan de materiales: explosión de partes

	Semana					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Mesas:						
Necesidades brutas	—	—	—	200	150	100
Recepciones disponibles/programadas*	50	—	—	—	—	—
Necesidades netas	—	—	—	150	150	100
Liberaciones planeadas de las órdenes	—	—	150	150	100	—
Partes superiores:						
Necesidades brutas	—	—	150	150	100	—
Recepciones disponibles/programadas*	50	50	—	—	—	—
Necesidades netas	—	—	50	150	100	—
Liberaciones planeadas de las órdenes	50	150	100	—	—	—
Ensamblado de las patas:						
Necesidades brutas	—	—	150	150	100	—
Recepciones disponibles/programadas*	100	—	—	—	—	—
Necesidades netas	—	—	50	150	100	—
Liberaciones planeadas de las órdenes	—	50	150	100	—	—
Patas:						
Necesidades brutas	—	200	600	400	—	—
Recepciones disponibles/programadas*	150	100	—	—	—	—
Necesidades netas	—	—	550	400	—	—
Liberaciones planeadas de las órdenes	—	550	400	—	—	—
Rieles cortos:						
Necesidades brutas	—	100	300	200	—	—
Recepciones disponibles/programadas*	50	—	—	—	—	—
Necesidades netas	—	50	300	200	—	—
Liberaciones planeadas de las órdenes	50	300	200	—	—	—
Rieles largos:						
Necesidades brutas	—	100	300	200	—	—
Recepciones disponibles/programadas*	—	—	—	—	—	—
Necesidades netas	—	100	300	200	—	—
Liberaciones planeadas de las órdenes	100	300	200	—	—	—

*El inventario disponible se enlista en la semana uno. Las recepciones programadas se muestran en la semana dos y en las posteriores con base en las órdenes ya colocadas y que habrán de llegar.

ción planeada de las órdenes; por consiguiente, para satisfacer las necesidades brutas del programa maestro, deben liberarse órdenes de trabajo para ensamblar 150 mesas en la semana tres, 150 en la cuatro y 100 en la cinco.

A continuación se usan las **liberaciones de órdenes planeadas** para las mesas a efecto de calcular las necesidades brutas para las partes superiores y para los ensambles de las patas al siguiente nivel hacia abajo de la lista de materiales. Las liberaciones finales planeadas para las órdenes de las mesas se transfieren a las necesidades brutas para las partes superiores y los ensambles de las patas sobre la base de uno por uno, puesto que se necesita una parte superior y un ensamble de las patas para producir una mesa. El inventario disponible y las recepciones programadas se sustraen de las necesidades brutas para llegar a las necesidades netas. Éstas se compensan por el tiempo de ciclo para llegar a las liberaciones planeadas de las órdenes para las partes superiores y los ensambles de las patas. Observe que, en la tabla 16.4, ahora se dispone de 50 partes superiores y se ha programado que llegaran 50 al inicio de la semana dos. La orden programada para 50 partes superiores se colocó hace una semana de acuerdo con un plan de materiales previo. Ya que se tiene un tiempo de ciclo de dos semanas, estas partes superiores llegarán al inicio de la semana dos. Todos los materiales disponibles y los ordenados deben incluirse cuando se hace la explosión de partes.

Entonces, las liberaciones planeadas para los ensambles de las patas se utilizan para calcular las necesidades brutas para las patas, para los rieles cortos y para los largos. Las órdenes planeadas para los ensambles de las patas se multiplican por cuatro para las patas, por dos para los rieles cortos y por dos para los rieles largos, para llegar así a las necesidades brutas. Una necesidad bruta a cualquier nivel es el monto de materiales que se

requiere para dar apoyo a las órdenes planeadas al siguiente nivel más alto. El cálculo de bruto-a-neto y la compensación del tiempo de ciclo se ejecutan para cada una de las tres partes restantes para llegar a las liberaciones planeadas de las órdenes. Ello completa la explosión de las partes.

La tabla 16.4 se construyó hacia abajo del programa maestro, un nivel a la vez, a través de la lista de materiales. El plan de materiales para cada nivel dentro de la lista de materiales se completó antes de desplazarse descendentemente hacia el siguiente nivel. Para cada parte, las necesidades brutas se reducen en una cantidad igual al inventario disponible y al inventario ordenado para llegar a las necesidades netas. Éstas quedan compensadas (anteriormente planeadas) por el tiempo de ciclo para llegar a las liberaciones planeadas de las órdenes. Mediante el proceso de obtención de cifras netas y de compensaciones, el programa maestro se convierte en liberaciones planeadas de las órdenes para cada parte requerida.

¿Qué nos indica el plan de materiales de la tabla 16.4? Primero, que deberíamos liberar de inmediato órdenes de compra a los proveedores por 50 partes superiores, 50 rieles cortos y 100 rieles largos ya que éstas son órdenes planeadas al inicio de la semana uno. Asimismo, el plan de materiales proporciona las liberaciones planeadas de las órdenes para cada semana en el futuro. Si el programa maestro y todas las demás condiciones permanecen constantes, estas órdenes planeadas se liberarán cuando llegue el momento; por ejemplo: en la semana dos se planea liberar una orden para el taller a efecto de completar 50 ensambles de patas. Si los materiales llegan como se planeó, deberá tenerse disponibles las patas y los rieles necesarios para esta orden del taller: 200 patas, 100 rieles cortos y 100 rieles largos. Además de la orden de trabajo para los 50 ensambles de patas, se planean liberar, en la semana dos, órdenes de compra para 150 partes superiores, 550 patas, 300 rieles cortos y 300 largos. Dichos materiales serán esenciales para dar apoyo a las órdenes de trabajo futuras de ensambles de patas y de ensambles de mesas.

Este ejemplo ilustra la construcción de un **plan de materiales organizado por fases de tiempo**. Todas las **órdenes de compra** y las **órdenes de trabajo** se interrelacionan para brindar los materiales cuando ello sea necesario. Si los tiempos de espera reales pueden administrarse de modo que se satisfagan los tiempos de espera planeados, no habrá acumulaciones innecesarias de inventario o tiempos de espera desperdiciados para los materiales en el taller y las órdenes para la entrega de las mesas terminadas se embarcarán a tiempo.

En efecto, una vez que cualesquiera inventarios iniciales se agotan, el sistema de MRP no planeará un inventario de productos terminados. Éste es el caso porque se planeó la producción para que sea exactamente igual a la demanda final, después de ajustar los inventarios disponibles. De la misma manera, luego de que los inventarios iniciales y las recepciones programadas se agotan, no se planea algún inventario de partes compradas; en realidad, el sistema de la MRP hace cortes muy estrechos. A menos que se añadan inventarios de seguridad para las incertidumbres o se añadan inventarios para uniformar los niveles de producción, no se planeará un inventario excepto la producción en proceso indispensable para el ensamblado o la fabricación. La lógica de la MRP supone que las partes están disponibles exactamente cuando se requieren para dar apoyo al plan de producción.

16.4 ELEMENTOS DE LA MRP

Aunque la explosión de partes es la parte central de la MRP, se requieren mucho más elementos para hacer funcionar un sistema de tal naturaleza. Los otros componentes del sistema de la MRP se describen en esta sección.

Programación maestra

El propósito de la programación maestra es especificar el producto final de la función de operaciones. La programación maestra impulsa a la totalidad del proceso de la planeación de materiales. El programa maestro fue descrito por Plossl (1994) como *el manejo del negocio por parte de la alta administración*. Al controlar el programa maestro, la alta administración

puede supervisar el servicio al cliente, los niveles de inventarios y los costos de manufactura. Los administradores de alto nivel no pueden ejecutar la tarea de la programación maestra por sí mismos pues entraña demasiados detalles; por lo tanto, con frecuencia la delegan a un equipo interfuncional. A pesar de ello, pueden revisar el programa maestro que se creó y establecer una política de programación maestra controlando, de esa forma, la función de planeación de materiales.

La principal interfaz de la administración con la manufactura es por medio del plan de producción agregada que se muestra en la parte superior de la figura 16.1. Dicho plan se involucra con familias de productos o líneas de productos, y no productos, modelos u opciones específicas que se encuentren en el programa maestro; por ejemplo, si el productor elabora tractores, el plan agregado podría contener diferentes tipos de tractores, más no un tipo en especial de motor, de opciones de hidráulica o de otras características que el cliente pueda seleccionar. De ordinario, el proceso de la planeación agregada de la producción, descrito en el capítulo 12, es parte de los presupuestos anuales y del proceso de planeación estratégica y se actualiza, por ejemplo: sobre una base mensual; intenta conseguir que los recursos (capacidad), personas, equipos e instalaciones estén disponibles para el futuro. De ese modo, el proceso de la programación maestra debe funcionar dentro del plan general de producción agregada, previamente establecido, o debe buscar la modificación de éste si fuese necesario.

Las computadoras hacen posible que la planeación y el control de las necesidades de materiales sean una realidad.

El programa maestro podría extenderse hacia el futuro por un año o más o, por lo menos, más allá del tiempo de ciclo acumulado de producción más prolongado para garantizar que se disponga de un tiempo suficiente para ordenar todas las partes. Por lo común, el programa maestro debe congelarse dentro del tiempo de ciclo de producción para prevenir un desperdicio y una transferencia innecesarios debido a cambios durante el ciclo de producción.

El programa maestro rara vez es un reflejo de los pronósticos de la demanda; en lugar de ello, es un pronóstico de lo que se producirá. Es un programa en construcción. El inventario de productos terminados es un amortiguador entre el programa maestro y la demanda final del consumidor, ya que uniforma las cargas de trabajo y brinda un rápido servicio al cliente.

Lista de materiales

La lista de materiales es una descripción estructurada de todos los materiales o partes que se necesitarán para elaborar un producto terminado, un ensamble, un subensamble, una parte manufacturada o una parte comprada en particular; atiende a la misma función que una receta que se usa para cocinar: enumera todos los ingredientes. Sería ingenuo permitir que dentro de sus recetas favoritas de cocina se deslizaran algunos errores. Lo mismo sucede en el caso de la lista de materiales: si hay errores, no se ordenarán los materiales adecuados y el producto no podrá ensamblarse ni embarcarse. Como resultado, las otras partes que *estén* disponibles esperarán en el inventario mientras que se completan las que faltan; por lo tanto, la administración debe insistir en que todas las listas de materiales sean 100% exactas. La experiencia demuestra que no es demasiado costoso tener una exactitud de 100%; en cambio, tolerar listas de materiales imperfectas sí lo es.

Algunas compañías tienen varias listas de materiales para un mismo producto. Ingeniería posee una lista de materiales; manufactura, una versión diferente y contabilidad de costos, otra. Un sistema de MRP requiere una sola lista de materiales para toda la compañía. La lista de materiales cargada en la computadora debe ser la correcta y representar la manera en la que se manufactura el producto. En aquellas empresas en las que la lista de materiales se usa como un documento de referencia y no como una herramienta para la planeación de materiales, hace que dicho concepto de una sola lista sea muy difícil de implantar.

A medida que los productos se rediseñan, las listas de materiales están sujetas continuamente a modificaciones; por lo tanto, se requiere un sistema eficaz de **órdenes de cambios de ingeniería** (ECO, *engineering-change-order*) para mantener actualizadas las listas de materiales. Casi siempre debe nombrarse un coordinador de órdenes de cambios de ingeniería que se encargue de la responsabilidad de coordinar todos los cambios de ingeniería con los departamentos involucrados.

Registros de inventarios

Un registro computarizado de inventarios común incluye los siguientes segmentos de datos: el segmento de datos maestros de los artículos contiene el número de parte, el cual es el identificador único del artículo, e información como el tiempo de ciclo y el costo estándar.

El conteo del ciclo garantiza la exactitud en los registros del inventario.

El segmento de estatus del inventario abarca un plan completo de materiales para cada artículo a lo largo del tiempo. Finalmente, el segmento de datos subsidiarios comprende información que se relaciona con las órdenes pendientes, los cambios requeridos, la historia detallada de la demanda y otros aspectos similares.

En la práctica, es indispensable un esfuerzo constante para conservar la exactitud en los registros de los inventarios. Habitualmente, la exactitud del inventario se garantiza con el conteo anual físico del inventario, cuando la planta se cierra durante un día o dos y todo se cuenta de pared a pared. Se ha descubierto que, debido a que personas inexpertas hacen con frecuencia el conteo, la misma cantidad de errores que se introducen por este procedimiento son los que deben corregirse. Después de que se toma el inventario, el inventario total en dólares es exacto para propósitos financieros porque los errores positivos y negativos se compensan entre sí. No obstante, los conteos de los artículos individuales a menudo no son lo suficientemente exactos para propósitos de la MRP. En consecuencia, se desarrolló el **conteo del ciclo** como un sustituto para el inventario físico anual.

Con el conteo del ciclo, el personal del almacén efectúa diariamente un conteo de un pequeño porcentaje de los artículos. Los errores se corrigen en los registros y se hace un intento para encontrar y modificar el procedimiento que los ocasionó. Al desarrollar una alta consideración por la exactitud y al adoptar diariamente el conteo del ciclo, las compañías pueden eliminar la mayoría de los errores en los registros de inventarios. El resultado es tan confiable que muchos auditores ya no requieren inventario anual cuando se ha adoptado un sistema efectivo de conteo del ciclo.[1]

Planeación de la capacidad

Los elementos necesarios para un sistema de **MRP enfocado a la emisión de órdenes** (tipo I) ya se describieron. Este sistema requiere de una programación maestra, una lista de materiales, registros de inventario y explosión de partes. El sistema resultante de emisión de órdenes determinará las fechas correctas de terminación si se dispone de una capacidad suficiente; si no, los inventarios aumentarán, se acumularán órdenes atrasadas y se usarán diversas simplificaciones para impulsar las órdenes a través de la fábrica. Para corregir esa situación, se necesita un subsistema de planeación de la capacidad.

El propósito de la planeación de la capacidad es ayudar a la administración a verificar la validez del programa maestro. Hay dos formas en las que esto puede hacerse: los programas de **carga del taller** y la programación de la capacidad finita. Así, las órdenes de trabajo resultantes se cargan respecto a los centros de trabajo mediante el uso de datos detallados de encauzamiento de las partes. Como resultado, la fuerza de trabajo y las horas-máquina de cada centro de trabajo se proyectan al futuro. Si no se dispone de

[1] Los estudiantes de contabilidad deben tomar nota de este concepto, ya que es probable que se hallen con el conteo del ciclo en la práctica.

una capacidad suficiente, la administración debe ajustar ya sea la capacidad o el programa maestro hasta que sea factible y, a partir de ese momento, se dispondrá de un plan de materiales válido.

Una alternativa para los programas de carga del taller radica en programar con base en la capacidad finita. Se han desarrollado programas de cómputo para implantar los métodos que se describen en el capítulo 13 para una programación en función de la capacidad finita. La MRP se transforma para iniciar con un programa factible de capacidad finita y se trazan planes para que los materiales lleguen a tiempo en apoyo del programa factible.

Compras

La función de compras mejora de manera considerable por medio del uso de un sistema de MRP. Primero, las órdenes atrasadas se eliminan en gran parte porque la MRP genera fechas de terminación válidas y las mantiene actualizadas. Esto le permite al área de compras desarrollar una credibilidad con los proveedores ya que los materiales realmente se necesitan cuando compras así lo dice.

Al desarrollar y al ejecutar un plan de materiales válido, la administración puede eliminar una gran parte de la agilización de las órdenes que casi siempre realiza el área de compras. Ello le permite a los gerentes de compras concentrarse en su función principal: calificar a los proveedores, buscar fuentes opcionales de abastecimiento y trabajar con los proveedores para asegurar la entrega de partes de calidad a tiempo y a un costo bajo.

Con un sistema de MRP, es posible otorgar a los proveedores reportes de las órdenes futuras planeadas, lo que les permite proyectar con tiempo la capacidad antes de que se coloquen las órdenes reales. La práctica de proporcionarles a los proveedores órdenes planeadas las acopla con más exactitud con el propio plan de materiales de la compañía y aporta una base para la administración de la cadena de suministro cuando las órdenes planeadas de los clientes y los proveedores se conectan a lo largo de toda la cadena de suministro. Muchas organizaciones van más allá e insisten en que sus proveedores también instalen sistemas de MRP de modo que la confiabilidad en la entrega pueda garantizarse mejor. Asimismo, el intercambio electrónico de datos (EDI, *electronic data interchange)* y los métodos basados en la web se aplican para transmitir órdenes de MRP directamente de la computadora del cliente a la del proveedor.

Control del área de taller

El objetivo del subsistema del control del área de taller es liberar órdenes para el área de taller y administrarlas en su trayectoria dentro de la fábrica para cerciorarse de que se concluyan a tiempo. El sistema de control del área de taller ayuda a la administración a ajustarse a todos los imprevistos cotidianos en la manufactura: ausentismo entre los trabajadores, descomposturas de las máquinas, pérdida de materiales, entre otros. Cuando estas complicaciones no planeadas se presentan, deben tomarse decisiones en cuanto a lo que debe hacerse a continuación. Las buenas decisiones requieren de información acerca de las prioridades de los trabajos provenientes del sistema de control del área de taller, lo cual se conoce también como **sistema de ejecución de manufactura (MES**, *manufacturing execution system*).

Con frecuencia, las **prioridades del trabajo** se calculan con las reglas de despacho del tipo de las expuestas en el capítulo 13. Cuando éstas se emplean como parte del sistema de control del área de taller, es posible hacer ajustes a las condiciones cambiantes e incluso obtener el trabajo a tiempo. Con el uso de ellas, el tiempo de ciclo de la producción de un trabajo puede disminuirse o aumentarse en forma espectacular a medida que se desplaza en el taller. Lo anterior se debe a que, por lo regular, un trabajo pasa casi 90% de su tiempo esperando en cola. Si un trabajo está atrasado respecto del programa, su prioridad puede incrementarse hasta que vuelva a estar dentro del mismo. De manera similar, un trabajo puede desacelerarse si está adelantado en relación con el programa. Es función del sistema de control del área de taller dar información a los administradores para que puedan manejar dinámicamente el tiempo de ciclo de la producción.

La antigua noción de un tiempo de ciclo exacto o correcto debe descartarse. Los tiempos de espera pueden administrarse mediante su expansión o su contracción con base en la prioridad. Tal concepto se popularizó por el antiguo dicho: *El tiempo de ciclo es lo que usted*

dice que es. Ésta es una definición muy difícil de aceptar cuando los administradores están acostumbrados a pensar en términos de un tiempo de ciclo fijo o de tiempos de espera como variables aleatorias.

A través de un sistema de control del área de taller es posible desacelerar las órdenes; ello no se realiza en la manufactura normal, donde las órdenes se expiden, mas nunca se cancelan. Las órdenes deben desacelerarse al modificar el programa maestro o cuando otras partes no estarán disponibles a tiempo, lo que ocasiona un inventario mínimo consistente con los requisitos de oportunidad de la MRP.

Cuando una compañía emplea un sistema justo a tiempo para manufacturas repetitivas, el sistema de control del área de taller se reemplaza por un sistema Kanban de retropulsión, como se explicó en el capítulo 7. El sistema Kanban se basa en un control visual de los materiales y en señales físicas en lugar de en información computarizada. Así, el sistema de control del área de taller se ve muy simplificado y es menos costoso, pero los sistemas justo a tiempo (JIT) trabajan en forma eficaz sólo en las plantas con una manufactura repetitiva. Los sistemas de control del área de taller que operan con una MRP aún son de utilidad para las plantas orientadas hacia los lotes, los talleres de trabajo, la producción en masa no repetitiva y las operaciones de servicio.

16.5 OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE MRP

Existen mucho más consideraciones en un sistema de MRP que sólo la instalación de los módulos adecuados de computadora. La administración debe operar el sistema de una manera inteligente y efectiva.

Una de las decisiones que la administración debe tomar es la cantidad de **inventario de seguridad** que debe llevarse. Para sorpresa de muchos administradores, se necesita un pequeño inventario de seguridad, si la MRP se utiliza en forma adecuada, a causa del concepto de la administración de los tiempos de espera donde tanto los tiempos de espera de compras como del taller son efectivamente controlados dentro de pequeñas variaciones. En el área de compras, esto se hace mediante el desarrollo de relaciones con los proveedores que proporcionan entregas confiables. En el taller, los tiempos de espera pueden administrarse a través de un sistema de control del área de taller, como se describió con anterioridad. Una vez que se reduce la incertidumbre en el tiempo de ciclo, hay menor necesidad de un inventario de seguridad.

Si el inventario de seguridad se lleva al nivel de partes componentes, una gran cantidad de dicho inventario deberá ser efectiva; por ejemplo, suponga que se requieren 10 partes para hacer un ensamble y que cada una tiene un nivel de servicio de 90%. La probabilidad de tener todas las partes disponibles cuando se necesitan es de sólo 35%.[2] Por lo tanto, es mucho mejor planear y controlar la oportunidad de las 10 partes que cubrir todas las contingencias con un inventario de seguridad. Cuando se lleva un inventario de seguridad, por lo común se añade al nivel del programa maestro, lo que garantiza que se disponga de conjuntos de componentes debidamente acoplados para los productos finales y no simplemente de una variedad que incluya varias partes. El propósito del inventario de seguridad al nivel del programa maestro es brindar flexibilidad para satisfacer las cambiantes necesidades de los clientes.

El **tiempo de espera de seguridad** es un concepto que debe considerarse para las partes componentes. Si un proveedor es poco confiable y la situación no puede remediarse, el tiempo de ciclo planeado puede prolongarse mediante la adición de un tiempo de ciclo de seguridad; sin embargo, éste se añadirá a los inventarios cuando el proveedor entregue las partes en el momento en el que sean realmente necesarias.

Una tercera forma de manejar la incertidumbre es planear la **capacidad de la seguridad**. Este enfoque tiene mucho mérito porque la capacidad escasa puede usarse para

[2] Probabilidad = $(.9)^{10} = .35$, suponiendo que las disponibilidades de las partes son eventos independientes.

producir las partes correctas cuando la necesidad se vuelve conocida. El problema con el inventario de seguridad es que, con frecuencia, está disponible para las partes incorrectas: demasiado de una parte y muy poco de otra; por lo tanto, debe darse una seria consideración a la capacidad de la seguridad como una opción para el inventario de seguridad. Esto no se ha hecho ampliamente en la industria; en lugar de ello, el inventario de seguridad se considera como un activo, incluso si no se utiliza nunca, y el empleo de la capacidad al 100% es una meta deseable, incluso si se producen inventarios excesivos.

Otro problema al operar un sistema de MRP es el peligro constante de que el **sistema informal** descarrile al formal. Si la administración no usa el sistema formal de MRP, el sistema informal rápidamente tomará el control a medida que se despache el material, que se acumulen órdenes atrasadas y que se desarrolle un ambiente de crisis. El sistema informal siempre está buscando la manera de tomar el control; por lo tanto, es indispensable que la administración se esfuerce por mantener exactitud en los datos, educación del usuario e integridad del sistema con la intención de que el sistema formal de MRP se aplique para administrar la compañía.

Coca-Cola es una de las marcas mejor conocidas en el mundo y también es un usuario notable en la MRP.[3] Mantiene alejado el sistema informal por medio de una meticulosa atención a la implantación de la MRP. La implantación inicial empezó en una planta de Puerto Rico en 1987, seguida por Irlanda en 1988, Francia en 1990, hasta que todas las plantas de concentrados alrededor del mundo implantaron la MRP. No se obligó a ninguna a usar la MRP y se convertía una planta a la vez para el empleo del sistema de MRP. En consecuencia, se obtuvieron beneficios significativos, incluyendo una reducción del inventario de 50 a 75%, el desempeño de las entregas a los clientes aumentó hasta casi 100%, el desempeño en las entregas de proveedores se incrementó de 60 a más de 95% y la reducción de costos llegó a ser tan grande como de 20 por ciento.

16.6 ÉXITO DE UN SISTEMA DE MRP

Se requiere de una gran cantidad de esfuerzo para conseguir el éxito en la MRP. La investigación indica que debe contarse con cinco elementos para el éxito:

1. La planeación de la implantación
2. Un apoyo de cómputo adecuado
3. Datos exactos
4. Apoyo de la administración
5. Conocimiento del usuario

La planeación de la implantación debe ser un requisito para cualquier esfuerzo de MRP. Por desgracia, una gran cantidad de compañías comienzan a implantar la MRP sin una preparación adecuada. Posteriormente, a medida que se presentan los problemas, surge la confusión y los malos entendidos. Una planeación avanzada y los esfuerzos para la prevención de problemas pueden contribuir a uniformar los esfuerzos de implantación. La planeación de la implantación debe incluir la educación de la alta administración, la selección de un administrador de proyectos, el nombramiento de un equipo de implantación que represente a todas las partes de la organización, la preparación de objetivos, la identificación de los beneficios y los costos esperados y un plan de acción detallado. Sólo después de que se prepara este plan, debe iniciar la selección de equipos y programas de cómputo, el mejoramiento de la exactitud en los datos y otras actividades de implantación. En el cuadro "Liderazgo operativo" se describe la planeación de la implantación en la compañía de helados Ben & Jerry's.

Es probable que un sistema de computadora idóneo sea uno de los elementos más sencillos de implantar en la MRP. Hoy en día, existen aproximadamente 100 programas de

[3] Chris Gray (2005).

Liderazgo operativo Ben & Jerry's añade la MRP a su receta del éxito

La mayoría de los amantes de los helados conocen a Ben & Jerry's como una delicia para consentirse a sí mismos cuando sólo desean lo mejor. Desde su inicio, con una sola tienda en 1978, Ben & Jerry's ha crecido hasta convertirse en un negocio exitoso que se está volviendo prestigiado a lo largo de todo el territorio estadounidense. En la actualidad, Ben & Jerry's es una subsidiaria de Unilever.

Para mejorar el control de este negocio de rápido crecimiento y para incrementar aún más las utilidades, se instaló un sistema de MRP que tiene tres objetivos: primero, la computarización no puede alterar la libertad y la flexibilidad del proceso actual del trabajo. Los reportes que proporciona el sistema deben ser fáciles de personalizar por los usuarios y deben ajustarse a las necesidades de información de éstos. Segundo, el sistema debe ser fácil de usar; ello se logró por medio de métodos impulsados por menús para el ingreso de datos y haciendo investigaciones del sistema. Tercero, el sistema debe estar integrado; antes de usar la MRP, cada departamento contaba con su propia base de datos y sus propios reportes. La integración se reconsiguió mediante una base de datos común a toda la empresa.

Con todos estos cambios en el negocio y en su proceso administrativo, ¿empezará la organización a verse y a actuar de una forma distinta como una entidad de negocios? "De ninguna manera" —declaró el director de MIS, Keith Wiliams—. "La única diferencia es que podremos operar nuestro negocio de una manera más inteligente. Los programas de cómputo nos ayudan en ese proceso al apoyarnos para mantener el control sobre lo que creamos como un negocio y sobre lo que habremos de crear en los meses y años venideros. Considero que eso va a hacer que el hecho de trabajar aquí resulte mucho más emocionante para nuestra familia de empleados y para quienes se unan a nuestra familia a futuro con un espíritu de libertad".

Fuente: Tomado de *P&IM Review*, febrero de 1989 y de www.benandjerrys.com (2002).

MRP en el mercado. La mayoría de las empresas utilizan estos paquetes estándar en lugar de elaborar sus propios programas de computación.

Un sistema de MRP requiere de datos exactos, los cuales son muy difíciles de obtener. La mayoría de las compañías están acostumbradas a descuidar el mantenimiento de los registros en la manufactura porque siempre fueron administrados por sistemas informales, pero se demandan datos exactos cuando las decisiones se toman a partir de la información que la computadora ofrece.

Una organización que no posee un sistema de MRP deberá crear como primer paso listas de materiales satisfactorias. En algunos casos, las listas de materiales se encuentran en una condición tan deficiente que la compañía literalmente debe comenzar desde el principio; en otros, las listas de materiales pueden ser relativamente exactas y requieren sólo de algunas actualizaciones.

Una vez que las listas de materiales son exactas, se necesitará un sistema para mantenerlas en esas condiciones, lo que implicará que un coordinador de cambios de ingeniería esté a cargo de todos los cambios en la lista de materiales. El coordinador debe instituir controles del proceso y medidas de prevención con el fin de asegurar la calidad de la información de la lista de materiales.

Los registros de inventarios deben ser exactos para dar apoyo al sistema de MRP. La exactitud inicial de los registros de inventarios puede ser un tanto mejor que las listas de materiales, pero el mantenimiento de los registros del inventario también entrañará mejoras. El modo correcto de mejorar y conservar la exactitud de los registros del inventario estriba en instalar un sistema de conteo del ciclo que debe aplicarse no solamente para corregir los errores, sino para mejorar el sistema fundamental de mantenimiento de registros.

Todos los demás datos del sistema de MRP —como las rutas del taller, el estatus del área de taller y los costos— deben ser inicialmente examinados en busca de errores y, luego, deben mantenerse en un estado aceptable de exactitud. El mantenimiento de la exactitud en los datos de la MRP en aras de la integridad del sistema es una de las tareas fundamentales en la operación de un sistema de MRP.

La trascendencia del **apoyo de la administración** para el logro de un sistema exitoso de MRP no puede soslayarse. Muchos estudios demuestran que el apoyo de la alta administración es la clave para una implantación exitosa de los sistemas, pero este apoyo involucra algo más que un servicio verbal y un apoyo pasivo sobre la parte de los administradores. La *participación de la administración* o el *liderazgo* serían mejores frases. Los altos administradores deben comprometerse activamente en la instalación y en la operación del sistema de MRP. Deben dar su tiempo y modificar la forma en la que operan la compañía; si ellos cambian, se establece el clima para que los demás administradores también hagan las variaciones que el sistema de MRP. El cambio final que requiere la administración a todos los niveles es el uso del sistema y que no se pase por alto a través de edictos administrativos y decisiones arbitrarias.

El requisito final para el logro de un sistema exitoso de MRP es el conocimiento del usuario a todos los niveles de la empresa. Un sistema de MRP exige un enfoque totalmente nuevo para la manufactura. Todos los empleados de la compañía deben entender cómo serán afectados y deben comprender sus nuevos papeles y responsabilidades. Cuando la MRP se instala por primera vez, sólo unos cuantos administradores necesitan estar capacitados, pero, a medida que el sistema empiece a usarse, todos los supervisores, los administradores de niveles medios y los altos administradores deberán entender la MRP, incluyendo a aquellos que están dentro y fuera de la manufactura. A medida que el sistema de MRP amplíe su alcance, el nivel de educación dentro de la compañía también debe extenderse.

Existe un enorme campo para la aplicación de los conceptos de la MRP en la industria de los servicios. Si la lista de materiales se reemplaza por una de mano de obra o una de actividades, es posible hacer explotar el programa maestro de la producción final en todas las actividades y en el personal que se requerirán para ofrecer una mezcla particular de servicios. Algunas operaciones de servicios demandarán, además, una lista de materiales si éstos constituyen una parte importante del conjunto de bienes y servicios.

Como ejemplo: una compañía de servicios eléctricos públicos manejó durante varios años el concepto de MRP en la parte de las redes de circuitos eléctricos de su negocio. Cuando un cliente nuevo demanda un servicio eléctrico, un planificador ingresa la solicitud dentro del sistema de cómputo solicitando el tipo de servicio requerido. A continuación, la computadora hace explotar esta solicitud de servicios en actividades detalla-

Liderazgo operativo Beaumont Hospitals usa la ERP

Beaumont Hospital ha crecido desde un hospital de 238 camas que se inauguró en 1955 para atender a una pequeña comunidad en Royal Oak, Michigan, hasta convertirse en un centro médico regional con dos hospitales con clínicas de cuidados primarios y especializados y varios centros de casas de enfermería.

Beaumont®
William Beaumont Hospital

El empleo de la ERP por parte de Beaumont inició hace varios años con la implantación de un sistema Oracle. Se pusieron en contacto con Oracle para proporcionar un acceso extensivo a toda la organización a la estructura de la base de datos de Oracle. Con la creación de ese fundamento y sin importar qué plataforma utilizaran, Beaumont instaló un sistema que siempre tendría el mismo estándar de base de datos en común.

Uno de los beneficios primordiales de la implantación de la ERP es la reducción en los procesos internos; por ejemplo: los más de 300 procesos distintos que Beaumont usaba para las funciones de recursos humanos se redujeron a menos de 90. También, todos son consistentes con la forma en la que utilizan las aplicaciones en todas las divisiones del negocio. Ciertas tareas básicas de recursos humanos que solían demandar algunos días para completarse con el sistema anterior, en cambio, ahora pueden realizarse en menos de 24 horas. Paul Peabody, vicepresidente y director de información, estima que, conservadoramente hablando, el sistema produciría un ahorro de entre 4 y 5 millones de dólares por año.

Fuente: Tomado de "William Beaumont Hospital Saves Millions Using Oracle". Sitio web de Oracle: www.oracle.com (2002).

La MRP en los servicios. Los sistemas de MRP también pueden emplearse para los servicios. Al renovar las habitaciones de los hoteles, Marriott desarrolla una lista de materiales y una lista de mano de obra para cada tipo de habitación y, posteriormente, *explota* la lista en todas las instalaciones para resumir sus necesidades de mobiliario y de decoración.

das de mano de obra, materiales y trabajos. Cada uno de dichos requisitos está sujeto a fases de tiempo y se acumula sobre todos los trabajos para determinar si se dispone de una capacidad suficiente. Cuando llega el momento, las cuadrillas de circuitos eléctricos de la organización reciben órdenes de trabajo del sistema de cómputo y los logros en cuanto al trabajo pueden reportarse a la computadora. Posteriormente, el sistema de MRP da curso a la facturación, a los reportes de mano de obra y a otros sistemas contables.

El concepto de la MRP apenas empieza a aplicarse a las industrias de servicios. Existe un potencial en cada fase de las operaciones de servicios, incluyendo los restaurantes, los hoteles, las oficinas legales, los cuidados de la salud y muchos otros. Para un ejemplo de la implantación de la ERP en una industria de servicios, consulte el cuadro "Liderazgo operativo" acerca del Beaumont Hospital.

16.7 SISTEMAS DE ERP

Hasta aquí fueron expuestos el uso de los sistemas de MRP en las operaciones de manufactura y de servicios. Aunque la MRP es la base para la planeación y el control de las operaciones, también puede extenderse hacia todas las demás funciones de la empresa a través del empleo de un sistema de ERP (ERP, *enterprise resource planning*); por ejemplo: las transacciones computarizadas de MRP pueden alimentarse directamente al sistema de contabilidad y finanzas. Las transacciones contables pueden interpretarse como el hecho de expresar las transacciones de la ERP en términos de dólares y centavos. El control contable en dólares se relaciona estrechamente con el de las unidades físicas y con el flujo físico de las operaciones en el número de unidades producidas.

Del mismo modo, el sistema de MRP en las operaciones puede ampliarse hacia el marketing. Las transacciones del marketing y de ventas deberían integrarse más como insumos para la MRP a través del ingreso de las órdenes. El número de unidades vendidas no es únicamente el insumo, sino que las unidades pronosticadas para las ventas futuras, asimismo, son un insumo para formar la base de la MRP. Con frecuencia, los sistemas de marketing y de ventas se desarrollan y se diseñan como sistemas separados que no están integrados por completo con las operaciones; en consecuencia, desde el punto de vista de los sistemas de información, las funciones del marketing y de operaciones están aisladas.

Por último, las transacciones de MRP en los sistemas de manufactura o de servicios deben integrarse con los sistemas de recursos humanos de la organización; ello ocurre no sólo por medio de las transacciones de la nómina, sino de las funciones de reclutamiento y de selección. Por dar un ejemplo, cuando el área de operaciones toma la decisión de ampliar la capacidad mediante la contratación de más personas, esta decisión debe alimentarse directamente al sistema de recursos humanos y el proceso de la contratación debe sujetarse a un seguimiento hasta la terminación. El sistema de nóminas debe incluir al nuevo personal que el área de operaciones contrató y estos trabajadores deben someterse a un seguimiento a lo largo de su vida de empleo.

Cuando las áreas de operaciones, finanzas/contabilidad, marketing/ventas y sistemas de recursos humanos se integran en una base de datos común, se completa el sistema de ERP el cual dará un seguimiento a las transacciones desde su origen por parte del cliente, hasta el ingreso de la orden, y su seguimiento a través de las operaciones y contabilidad hasta que la transacción finaliza. Asimismo, todas las decisiones que se tomen en una función podrán evidenciarse para las demás y se reflejarán en sus sistemas de información.

Los diversos sistemas de información funcional ya no estarán aislados; en lugar de ello, se integrarán a través de la base de datos común de la organización.

Por ejemplo: SAP, una empresa alemana, desarrolló el tipo de sistema de ERP antes expuesto. SAP tiene un sistema de ERP que fue adoptado por 75 000 compañías en 120 países.[4] Una ventaja del sistema de SAP es que puede confeccionarse para corporaciones e industrias diferentes. Una serie de procesos estándar, incluyendo el ingreso de la orden, la nómina, la MRP, la administración del inventario, las cuentas por pagar y las cuentas por cobrar, ya se incluyen dentro del sistema de SAP. Una compañía puede seleccionar aquellos procesos que se ajusten a sus necesidades y personalizarlos con base en su negocio en particular (vea tabla 16.5).

Changan Automobile toma decisiones administrativas más rápidas con la ERP. Changan es uno de los productores de automóviles más grandes de China, con una participación de mercado de 30% y una producción anual de vehículos de más de un millón. La compañía implantó el sistema Oracle de ERP utilizando los siguientes módulos: finanzas, manufactura, administración de las órdenes, mayor general, cuentas por pagar y activos. La base de datos Oracle fue la clave para la integración de estos módulos y para el uso de datos comunes. Antes de que la ERP se implantara, muchas de las diversas funciones desarrollaron islas y datos de información dentro de aplicaciones aisladas.

Los sistemas de ERP son populares en los negocios y son la base para una integración interfuncional. Cuando todas las funciones comparten información a través de una base de datos común para toda la empresa, los silos funcionales se minimizan y las funciones pueden comunicarse con eficacia entre sí. Una vez que los sistemas de ERP operan plenamente dentro de una organización, pueden integrarse con los proveedores y con los clientes. Puede intercambiarse una variedad de información para ayudar a coordinar las decisiones a lo largo de la cadena de suministro. La coordinación de la cadena de suministro puede tomar la forma de CPFR y también la planeación para las introducciones de nuevos productos con los proveedores y los clientes.

Aunque la integración es un concepto interesante y que vale la pena, los sistemas de ERP son costosos y su implantación requiere de mucho tiempo; sin embargo, muchas compañías han determinado que sus sistemas actuales de información, los cuales crecieron en forma separada, ya no pueden satisfacer las necesidades de la empresa y deben integrarse por medio de un enfoque de ERP.

TABLA 16.5
ERP: integración interfuncional al compartir datos

Un sistema de ERP integra los datos a través de las funciones de una empresa. Esta lista muestra algunas de las principales funciones que se apoyan en el paquete de ERP de SAP.

Sistemas financieros	**Operaciones y logística**
Cuentas por cobrar y por pagar	Administración del inventario
Contabilidad de los activos	MRP
Administración del efectivo y preparación de pronósticos	Administración de materiales
Contabilidad por elementos del costo y concentrada en el costo	Administración de la planta
Sistema de información ejecutiva	Planeación de la producción
Consolidación financiera	Administración de proyectos
Mayor general	Compras
Contabilidad de costos de productos	Administración de la calidad
Análisis de rentabilidad	Administración de las rutas
Contabilidad por centros de utilidades	Embarques
Costeo estándar y costeo relacionado con los periodos	Evaluación de proveedores
Recursos humanos	**Ventas y marketing**
Contabilidad de recursos humanos	Administración de las órdenes
Nómina	Fijación de precios
Planeación del personal	Administración de ventas
Viáticos	Planeación de ventas

[4] Para mayor información, visite el sitio de internet de SAP en www.sap.com

16.8 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

La MRP se basa en el concepto de una demanda dependiente. Al hacer explotar el programa maestro con la lista de materiales, es posible derivar la demanda de las partes componentes y de las materias primas. El sistema de MRP puede, entonces, usarse para planear y controlar la capacidad, y puede ampliarse a la ERP dentro de cualquier empresa de manufactura.

Los principales aspectos de este capítulo incluyen lo siguiente:

- La MRP es un sistema de información que se emplea para proyectar y controlar la manufactura. Existen tres tipos de sistemas de MRP: tipo I, un sistema de control de inventarios (emisión de órdenes); tipo II, un sistema de control de la producción y del inventario (bucle cerrado), y el tercer tipo, un sistema de ERP. Cada uno de ellos amplía el alcance y la utilización de la MRP.
- El proceso de explosión de partes engloba tres insumos principales: el programa maestro, la lista de materiales y los registros de inventarios. Hay dos principales productos finales: órdenes de compra y órdenes de trabajo. La explosión de partes es el punto central de un sistema de MRP.
- La MRP maneja una filosofía de necesidades: las partes se ordenan sólo a medida que las requiere el programa maestro. La demanda histórica de las partes es irrelevante y los inventarios de componentes *no* se reabastecen cuando alcanzan un nivel bajo.
- Los programas maestros deben basarse en consideraciones tanto de marketing como de producción. Deben representar un plan realista de formación dentro de la capacidad de la fábrica. La alta administración debe usar la planeación de las ventas y de las operaciones y el programa maestro para planear y controlar la empresa por medio de un equipo de planeación interfuncional.
- La lista de materiales contiene una descripción de las partes que se utilizan para elaborar el producto. Para mantener la exactitud de la lista de materiales se necesita un sistema de órdenes de cambios de ingeniería.
- La exactitud del sistema de registro de inventarios debe mantenerse mediante el conteo del ciclo. Puede aplicarse el conteo diario del ciclo en lugar de los inventarios físicos anuales.
- Se utiliza el control del área de taller para controlar el flujo de materiales dentro de la fábrica; ello se hace administrando dinámicamente los tiempos de espera a medida que se manufactura el producto. Si éstos se administran en forma adecuada, puede eliminarse gran parte del inventario de seguridad.
- Un sistema exitoso de MRP requiere: 1) planeación de la implantación, 2) un apoyo de cómputo adecuado, 3) datos exactos, 4) apoyo de la administración y 5) conocimiento del usuario. Para usar exitosamente la MRP deben resolverse tanto los problemas de sistemas como los de las personas. Cuando se hace eso, los beneficios incluyen una reducción del inventario, un incremento en el servicio al cliente y un mejoramiento en la eficiencia.
- Todas las compañías de manufactura y de servicios pueden beneficiarse con la MRP si se instala y se opera de modo apropiado, lo que incluye a las grandes y pequeñas compañías y a todas las industrias.

- Los sistemas de ERP integran la MRP con la información proveniente de marketing, de ventas, de finanzas/contabilidad y de recursos humanos a través de una base de datos común. Los sistemas de ERP pueden ser la base para una integración interfuncional y una integración de la cadena de suministro.

Términos clave

MRP
Demanda independiente
Demanda dependiente
Sistemas impulsados por la demanda
Sistemas jalados por la demanda
Programa maestro
Explosión de partes
Sistema de bucle cerrado
Sistema de planeación de los recursos de manufactura
Sistema de ERP
Sistema de punto de reorden
Filosofía de las necesidades

Filosofía de reabastecimiento
Lista de materiales
Tiempos de espera planeados
Plan de materiales
Necesidades brutas
Necesidades netas
Liberaciones de órdenes planeadas
Plan de materiales organizado por fases o etapas de tiempo
Órdenes de compra
Órdenes de trabajo
Órdenes de cambios de ingeniería
Conteo del ciclo
Sistema de MRP enfocado a la emisión de órdenes
Cargas del taller
Sistema de ejecución de manufactura
Prioridades del trabajo
Inventario de seguridad
Tiempos de espera preventivos (de seguridad)
Capacidad preventiva (de seguridad)
Sistema informal
Apoyo de la administración

Usted **decida**

¿Los sistemas de MRP a gran escala vinculados con los proveedores y los clientes pueden ser lo suficientemente exactos para controlar operaciones de gran tamaño?

EJERCICIOS POR INTERNET

1. **INMASS ERP**
   http://www.inmass.com

Lea el panorama general del programa de cómputo y describa en un reporte breve los diversos módulos de ERP disponibles para este programa de cómputo.

2. User Solutions, Inc.
   http://www.usersol.com

Examine las características disponibles a partir del sistema. Describa el uso del sistema para la programación y la MRP.

3. **S.F.T. Inc.**
   http://www.MRP3.com

Establezca las diferencias entre el MRP, MRPII y el MRPIII.

4. **SAP Inc.**
   http://www.sap.com/solutions/

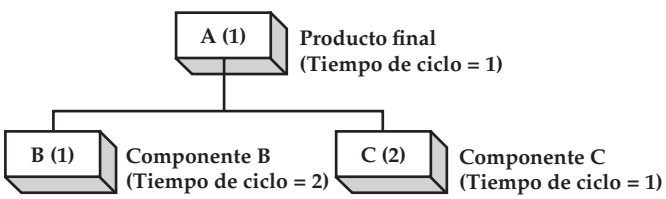
Asista a clase preparado para discutir el enfoque del SAP para programas empresariales.

PROBLEMA RESUELTO

Problema

1. **MRP**

a) Usando la información que se presenta más adelante, desarrolle un plan completo de MRP.



Se necesita una unidad de B y dos unidades de C para elaborar una unidad de A. Al inicio del periodo 1 se dispone de la siguiente información:

Identificación del artículo	Cantidad disponible	Tiempo de ciclo
A	100	1
B	150	2
C	80	1

Las necesidades brutas del artículo A son de 200 unidades para el periodo cuatro y de 250 unidades para el cinco.

b) Si el tiempo de ciclo para el artículo A aumenta en una semana y el del artículo C también lo hace en una semana, ¿cómo se apreciará el plan de materiales revisado? ¿Existen algunos problemas que necesiten de una atención inmediata?

Solución

a) El plan resultante de la MRP es como sigue:

	Periodo				
Artículo A	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Necesidades brutas				200	250
Recepciones disponibles/programadas	100				
Necesidades netas				100	250
Liberaciones planeadas de órdenes			100	250	

	Periodo				
Artículo B	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Necesidades brutas			100	250	
Recepciones disponibles/programadas	150				
Necesidades netas				200	
Liberaciones planeadas de órdenes		200			

	Periodo				
Artículo C	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Necesidades brutas			200	500	
Recepciones disponibles/programadas	80				
Necesidades netas			120	500	
Liberaciones planeadas de órdenes		120	500		

b) El plan revisado de MRP será como sigue:

	Periodo				
Artículo A	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Necesidades brutas				200	250
Recepciones disponibles/programadas	100				
Necesidades netas				100	250
Liberaciones planeadas de órdenes		100	250		

	Periodo				
Artículo B	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Necesidades brutas		100	250		
Recepciones disponibles/programadas	150				
Necesidades netas			200		
Liberaciones planeadas de órdenes	200				

	Periodo				
Artículo C	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Necesidades brutas		200	500		
Recepciones disponibles/programadas	80				
Necesidades netas		120	500		
Liberaciones planeadas de órdenes	500				

Sí, existe un problema que exige atención inmediata. El artículo C está atrasado respecto del programa y deberá agilizarse de inmediato para asegurar que se dispongan de 120 unidades de C en la semana 2. Alternativamente, el programa maestro podría agilizarse para adecuar la disponibilidad del artículo C. Las combinaciones de estas dos opciones también podrían considerarse.

Preguntas de análisis

1. ¿En qué manera difieren los inventarios con una demanda independiente de los inventarios con una demanda dependiente?
2. ¿Por qué la historia de la demanda es irrelevante para la administración de los inventarios de materias primas y de producción en proceso?
3. Un proveedor calculó un tiempo de ciclo de 10 semanas para la entrega de una parte. El gerente de compras afirma que esa parte puede entregarse en 3 semanas si ello es necesario. Desde luego, el proveedor no está de acuerdo. ¿Quién tiene la razón? Explique su respuesta.
4. Se dijo que la MRP es un sistema de información que no se basa en modelos matemáticos sofisticados. Discuta el significado histórico de tal afirmación.
5. Respecto de la administración de los inventarios, exponga la diferencia entre una filosofía del reabastecimiento y una basada en las necesidades.
6. ¿El principio ABC puede aplicarse a los inventarios de componentes para la manufactura? Justifique su respuesta.
7. ¿Qué cantidad de inventario de seguridad debe llevarse en un sistema de MRP? ¿Cuál es el papel de los inventarios de seguridad en los sistemas de MRP? ¿Por qué debe llevarse un inventario de seguridad?
8. Describa las ventajas del conteo del ciclo sobre un inventario físico anual.
9. ¿En qué circunstancias es necesario un control del área de taller?
10. ¿Es posible controlar los totales financieros sin un control físico de los materiales en la manufactura?
11. El presidente de una compañía afirmó que su empresa era demasiado pequeña para poder adoptar el sistema de MRP. Discuta.
12. Un administrador de materiales señaló que su organización necesitaba únicamente un sistema de emisión de órdenes. ¿Debería cerrarse el ciclo?
13. Describa la manera en la que podrían emplearse los conceptos de la MRP para las siguientes operaciones de servicios:
    a) Hotel
    b) Oficina legal

Indicaciones de utilidad para las hojas electrónicas de Excel

Para este capítulo, en el sitio web del estudiante se proporcionan tres hojas electrónicas de Excel con el fin de ayudar a los alumnos en la resolución de los problemas del capítulo. La hoja electrónica para el problema 2, que se muestra más adelante con datos distintos para ilustrar su aplicación, desarrolla un plan de materiales para la Old Hickory Furniture Company mediante la alimentación del programa maestro, los inventarios disponibles y los tiempos de ciclo.

NOMBRE: Old Hickory Furniture
FECHA: 14 de octubre de 2002

SECCIÓN: **********
CAPÍTULO 16, PROBLEMA 2

PLAN DE MATERIALES
OLD HICKORY FURNITURE COMPANY

******PARTE*****		ÓRDENES ATRASADAS	SEMANA 1	2	3	4	5	6
SILLA	NECESIDADES BRUTAS		0	0	600	0	600	400
	RECEPCIONES DISPONIBLES/PROGRAMADAS		100	0	0	0	0	0
	NECESIDADES NETAS		0	0	500	0	600	400
	LIBERACIONES PLANEADAS DE ÓRDENES	0	0	500	0	600	400	0
ENSAMBLE DE LA PATA	NECESIDADES BRUTAS		0	500	0	600	400	0
	RECEPCIONES DISPONIBLES/PROGRAMADAS		50	0	0	0	0	0
	NECESIDADES NETAS		0	450	0	600	400	0
	LIBERACIONES PLANEADAS DE ÓRDENES	450	0	600	400	0	0	0
ENSAMBLE DEL RESPALDO	NECESIDADES BRUTAS		0	500	0	600	400	0
	RECEPCIONES DISPONIBLES/PROGRAMADAS		60	0	0	0	0	0
	NECESIDADES NETAS		0	440	0	600	400	0
	LIBERACIONES PLANEADAS DE ÓRDENES	0	440	0	600	400	0	0

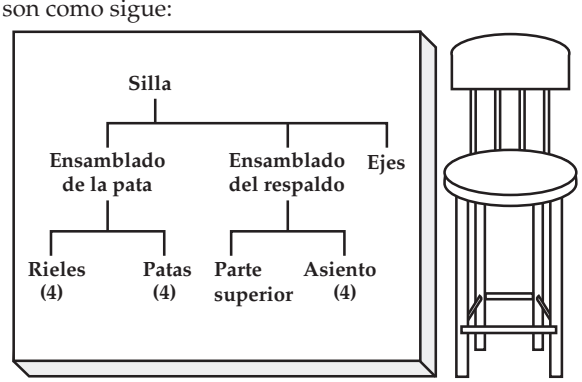
ASIENTO	NECESIDADES BRUTAS		0	500	0	600	400	0
	RECEPCIONES DISPONIBLES/PROGRAMADAS		200	0	0	0	0	0
	NECESIDADES NETAS		0	300	0	600	400	0
	LIBERACIONES PLANEADAS DE ÓRDENES	300	600	400	0	0	0	0
RIELES	NECESIDADES BRUTAS		0	2 400	1 600	0	0	0
	RECEPCIONES DISPONIBLES/PROGRAMADAS		300	0	0	0	0	0
	NECESIDADES NETAS		0	2 100	1 600	0	0	0
	LIBERACIONES PLANEADAS DE ÓRDENES	0	2 100	1 600	0	0	0	0
PATAS	NECESIDADES BRUTAS		0	2 400	1 600	0	0	0
	RECEPCIONES DISPONIBLES/PROGRAMADAS		500	0	0	0	0	0
	NECESIDADES NETAS		0	1 900	1 600	0	0	0
	LIBERACIONES PLANEADAS DE ÓRDENES	0	1 900	1 600	0	0	0	0
PARTE SUPERIOR	NECESIDADES BRUTAS		440	0	600	400	0	0
	RECEPCIONES DISPONIBLES/PROGRAMADAS		50	0	0	0	0	0
	NECESIDADES NETAS		390	0	600	400	0	0
	LIBERACIONES PLANEADAS DE ÓRDENES	390	600	400	0	0	0	0
EJE	NECESIDADES BRUTAS		1 760	0	2 400	1 600	0	0
	RECEPCIONES DISPONIBLES/PROGRAMADAS		100	0	0	0	0	0
	NECESIDADES NETAS		1 660	0	2 400	1 600	0	0
	LIBERACIONES PLANEADAS DE ÓRDENES	1 660	2 400	1 600	0	0	0	0
PLAN DE CAPACIDAD PARA EL ENSAMBLE			1	2	3	4	5	6
HORAS PARA EL ENSAMBLE DE LA SILLA			0	1 000	0	1200	800	0
HORAS PARA EL ENSAMBLE DE LA PATA			0	600	400	0	0	0
HORAS PARA EL ENSAMBLE DEL RESPALDO			440	0	600	400	0	0
	TOTAL HORAS DE ENSAMBLADO		440	1 600	1 000	1 600	800	0

Problemas

1. Se dio la siguiente información para una parte en particular. Con un tiempo de ciclo de dos semanas, complete la tabla.

	Semana				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Necesidades brutas			100	400	300
Recepciones disponibles/programadas	80	50			
Necesidades netas					
Liberaciones planeadas de órdenes					

eXcel 2. The Old Hickory Furniture Company manufactura sillas con base en la lista de materiales que se muestra más adelante. En el momento actual, los inventarios de las partes y los tiempos de ciclo son como sigue:



	Disponible	Semanas de tiempo de ciclo
Sillas	100	1
Ensamblado de la pata	50	2
Ensamblado del respaldo	25	1
Asiento	40	3
Rieles	100	1
Patas	150	1
Parte superior	30	2
Ejes	80	2

A la corporación le gustaría producir 600 sillas en la semana cinco y 300 en la seis.

a) Desarrolle un plan de materiales para todas las partes.
b) ¿Qué acciones deberían tomarse ahora?
c) Suponga que se necesita una hora para ensamblar los respaldos, una más para ensamblar las patas y dos horas para terminar las sillas. El tiempo total de ensamblado para los tres tipos de ensambles se limita a 1 000 horas por semana. ¿Ocasionará esta restricción de la capacidad un cuello de botella en el ensamblado? En caso afirmativo, ¿qué puede hacerse?
d) ¿Cuál es el efecto de cambiar el programa maestro a 300 sillas en la semana cinco y 400 en la seis?

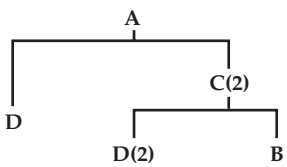
3. El producto A consta de subensambles de B y C. El subensamble D requiere dos partes de D y una de E.

El subensamble C necesita una parte de D y una de F.

a) Dibuje un árbol de la estructura del producto (lista de materiales) para este artículo.
b) ¿Cuántas partes se necesitan para elaborar 300 unidades del producto terminado?

eXcel 4. La lista de materiales para el producto A se presenta en seguida:

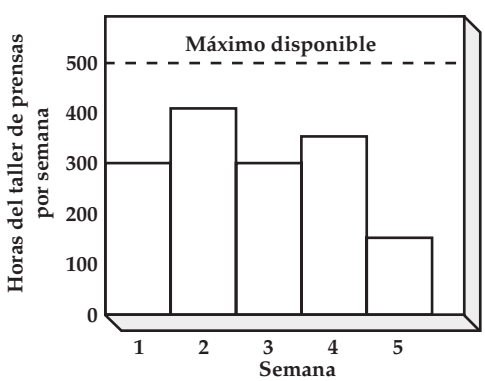
Parte	Disponible	Semanas de tiempo de ciclo
A	75	1
B	150	2
C	50	1
D	100	2



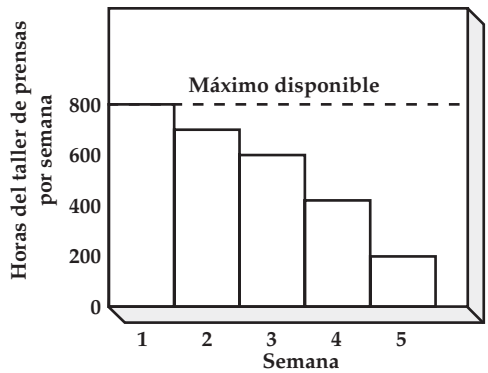
Asuma que el programa maestro requiere 200 unidades del producto A en la semana 5 y 250 en la 6.

a) Desarrolle un plan de materiales para este producto.
b) ¿Qué acciones deben tomarse de inmediato?
c) Proyecte el inventario a futuro para cada parte.
d) Si a usted se le notificara repentinamente que la parte D necesitará tres semanas para llegar en lugar de dos, ¿qué acciones tomaría?

5. El programador maestro de la empresa ABC Widget Company se encuentra en el proceso de revisar el programa maestro. En el momento actual, programó 400 artículos para la semana cinco y considera cambiar esto a 500.

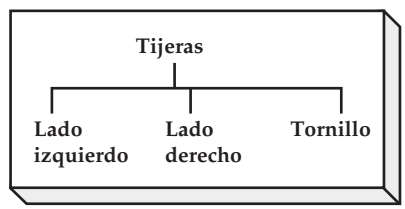


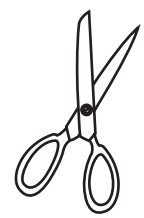
a) ¿Qué información requeriría usted para decidir si debería impulsar este cambio?
b) Suponga que cada artículo involucra una hora de tiempo de prensa y tres horas de línea de ensamble tres semanas antes de la entrega. ¿Pueden elaborarse los 100 artículos adicionales en vista de las siguientes cargas del taller?



c) Si los artículos adicionales no pueden elaborarse en el inciso *b*) antes descrito, ¿qué acciones podrían emprenderse para hacer posible la producción de los artículos requeridos?

6. Una compañía elabora tijeras básicas las cuales constan de tres partes: el lado izquierdo, el lado derecho y el tornillo que mantienen unidos a los lados. En este momento, la empresa cuenta con los siguientes números de partes disponibles y ordenados. Los tiempos de espera para el reordenamiento de cada parte también se ilustran junto con una lista de materiales y un esquema de las tijeras.

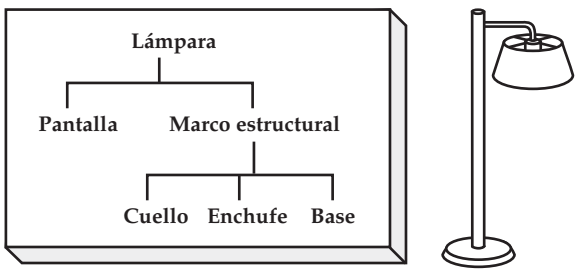




	Disponible	Semanas de tiempo de ciclo	Recepciones programadas
Tijeras	100	1	
Lado izquierdo	50	2	100 en la semana 2
Lado derecho	75	2	200 en la semana 2
Tornillo	300	1	200 en la semana 1

a) Estime que el programa maestro requiere que se embarquen 200 tijeras en la semana cuatro y 500 en la cinco; prepare un plan de materiales completo.
b) Suponga que el proveedor de los lados derechos llama para indicar que las entregas de las 200 partes ordenadas llegarán con una semana de retraso. ¿Qué efecto tendrá eso en el plan de materiales?
c) Si la demanda de las tijeras es incierta y tiene una desviación estándar de 50 unidades, ¿qué le recomendaría usted a la organización que hiciera para mantener un nivel de servicio de 95% para las tijeras?
d) Si la entrega de las partes de las tijeras es poco confiable y la desviación estándar del tiempo de ciclo de la entrega es de una semana para cada una de las partes, ¿qué le sugeriría usted a la compañía que hiciera para mantener su programa de producción?

eXcel 7. Una lámpara consta de un ensamble estructural y una pantalla, como se muestra más adelante en el dibujo y en la lista de materiales. La estructura se realiza a partir de un cuello, un enchufe y una base, los cuales se ensamblan juntos a partir de las partes compradas. Se añade una pantalla al ensamblado del marco para elaborar la lámpara terminada. El número de partes disponibles, las partes programadas que llegarán y los tiempos de espera para obtener más partes se presentan posteriormente.



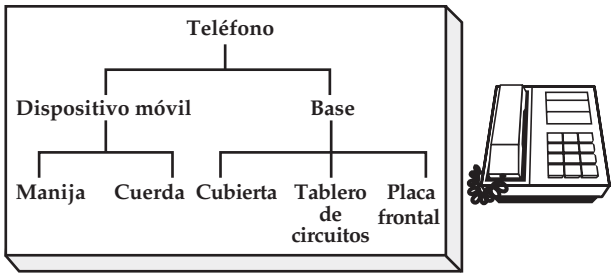
	Disponible	Semanas de tiempo de ciclo	Recepciones programadas
Lámpara	200	1	—
Marco estructural	100	2	—
Cuello	0	3	—
Enchufe	300	2	—
Base	200	3	—
Pantalla	400	3	—

a) Suponiendo que se requieren 1 000 lámparas terminadas en la semana siete y 1 500 en la ocho, construya un plan completo de materiales para la lámpara. ¿Qué acciones deberían tomarse de inmediato para implantar el plan?

b) Si se necesitan 15 minutos de tiempo de ensamblado para armar las partes dentro del marco y cinco minutos para ensamblar la pantalla y la estructura en una lámpara terminada, ¿qué cantidad de tiempo de ensamblado se necesita cada semana? ¿Qué puede hacerse si se dispone de un tiempo insuficiente en cualquier semana determinada?

c) Si el tiempo de ciclo para el ensamble de la lámpara se extiende de una a dos semanas, ¿qué cambios deben efectuarse en el plan de materiales para ajustarse a esa modificación?

8. Cierto tipo de teléfono se ensambla a partir de un dispositivo móvil y una base. El dispositivo móvil, a la vez, se ensambla a partir de una manija y una cuerda, y la base se ensambla a partir de una cubierta, un tablero de circuitos y una placa frontal. A continuación se presenta una lista de materiales para el teléfono, junto con las cantidades de partes disponibles y los tiempos de espera.



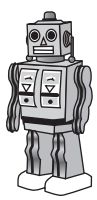
	Disponible	Semanas de tiempo de ciclo
Teléfono	200	1
Dispositivo móvil	300	1
Manija	250	2
Cuerda	75	2
Base	250	1
Cubierta	225	2
Tablero de circuitos	150	1
Placa frontal	300	2

a) A la administración le gustaría iniciar el ensamblado de los teléfonos tan pronto como fuera posible. ¿Cuántos teléfonos pueden fabricarse a partir de las partes disponibles y cuándo pueden entregarse? Construya un plan de materiales para demostrar su respuesta.

b) Para el plan de materiales que se construyó en el inciso *a*), desarrolle una proyección de inventarios de las partes y de los productos terminados sobre una base semanal.

c) Suponga que pueden obtenerse otros 100 tableros de circuitos dentro de una semana. ¿Qué consecuencias tendrá eso sobre su respuesta para el inciso *a*)?

9. Un pequeño robot de juguete se ensambla a partir de seis partes: un cuerpo, una cabeza, dos brazos y dos patas. La compañía emplea una lista de materiales de un nivel para ensamblar este producto. El número de partes disponibles y los tiempos de espera (semanas) para obtener más partes se muestran en seguida. No hay partes ordenadas.



Robot de juguete

	Disponible	Tiempo de ciclo
Cuerpo	25	2
Cabeza	50	1
Brazo	60	2
Pierna	80	1

a) Estime que se recibe una orden para 200 robots para el inicio de la semana cuatro y que se necesita una semana para ensamblar las partes una vez que todas ellas están disponibles. Construya un plan completo de materiales para los robots. ¿Qué acciones deberían tomarse de inmediato para implantar el plan?

b) El cliente llamó y preguntó si podría recibir una porción de los 200 robots tan pronto como fuera posible. ¿Cuántos robots pueden ensamblarse y entregarse tan pronto como sea posible, y cuándo llegarían? ¿Cuáles son las implicaciones de esta acción?

c) El proveedor de las cabezas acaba de mandar un correo electrónico donde afirma que se necesitarán dos semanas para entregar las partes en lugar de una. ¿Qué repercusiones tendrá eso sobre su plan de materiales del inciso *a*)?

Bibliografía

Anderson, John C., Roger G. Schroeder, Sharon E. Tupy y Edna M. White. *Material Requirements Planning Systems: A Study of Implementation and Practice*. Falls Church, VA: APICS, 1981.

Bartholomew, Doug. "The ABC's of ERP". *CFO-IT*, otoño de 2004, pp. 19-21.

"ERP Conversion Triggers AP Improvements at Sony Pictures". *Managing Accounts Payable* 7, núm. 5 (mayo de 2007), pp. 2-4.

Fuβ, Carolin', Ralf Gmeiner, Dirk Schiereck y Susanne Strahringer. "ERP Usage in Banking: An Exploratory Survey of the World's Largest Banks". *Information Systems Management* 24, núm. 2 (primavera de 2007), pp. 155-171.

Goodwin B., J. Cardillo y E. Bergmann. "Implementing ERP in a Big Way". *APICS-The Performance Advantage*, junio de 1996, pp. 60-64.

Gray, Chris. "Coca Cola: Always Class A MRP II". www.partnersforexcellence.com/v2art3~htm, 2005.

Jacobs, Robert F. y F. C. "Ted" Weston. "Enterprise Resource Planning (ERP)-A Brief History". *Journal of Operations Management* 25, núm. 2 (marzo de 2007), pp. 357-363.

Jutras, Cindy. "What's So Hard about Calculating the ROI of ERP?" *Manufacturing Business Technology* 25, núm. 2 (febrero de 2007), p. 41.

Landvater, Darryl V. y Christopher D. Gray. *MRP II Standard System: A Handbook for Manufacturing Software Survival*. Nueva York: Wiley, 1995.

Nagendra, P. B. y S. K. Das. "Finite Capacity Scheduling Method for MRP with Lot Size Restrictions". *International Journal of Production Research* 39, núm. 8 (mayo de 2001), pp. 1603-1623.

Orlicky, Joseph. *Material Requirements Planning*. Nueva York: McGraw-Hill, 1975.

Plossl, George. *Orlicky's Material Requirement Planning*. 2a. ed., Falls Church, VA: APICS, 1994.

Rondeau, Patrick J. y Lewis A. Litteral. "Manufacturing Planning and Control Systems: From Reorder Point to Enterprise Resource Planning". *Production & Inventory Management Journal* 42, núm. 2 (2001), pp. 1-7.

Rudberg, Martin y Jan Olhager. "Linking Manufacturing Strategy Decisions on Process Choice with Manufacturing Planning and Control Systems". *International Journal of Production Research* 40, núm. 10 (julio de 2002), pp. 2335-2351.

Schroeder, Roger G., John C. Anderson, Sharon E. Tupy y Edna M. White. "A Study of MRP Benefits and Costs". *Journal of Operations Management* 2, núm. 1 (octubre de 1981), pp. 1-9.

Segerstedt, Anders. "Production and Inventory Control at ABB Motors and Volvo Wheel Loaders, Two Examples of MRP in Practical Use". *Production Planning & Control* 13, núm. 3 (abril de 2002), pp. 317-325.

Taylor, Sam G. "Finite Capacity Scheduling Alternatives". *Production & Inventory Management Journal* 42, núm. 3/4 (2001), pp. 70-74.

Vollmann, Thomas E., F. Robert Jacobs, William L. Berry, O. Clay Whybark y David Clay Whybark. *Manufacturing Planning and Control for Supply Management*. 5a. ed., Nueva York: McGraw-Hill, 2004.

Zhao, Y. y Y. S. Fan. "Implementation Approach of ERP with Mass Customization". *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 20, núm. 2/3 (marzo de 2007), pp. 160-168.

Parte **seis**

Casos de estudio

Introducción

Shipper Manufacturing Company
FHE, Inc.
Integración anticipada de los proveedores en el diseño del *Skid-Steer Loader*

Diseño del proceso

Eastern Gear, Inc.
Southwest Airlines: cantar el blues del Jet
División de servicios de campo de DMI
Mejoramiento de los servicios farmacéuticos en CVS (A)
U.S. Stroller

Calidad

Aprendizaje impulsado por el cliente en Radisson Hotels Worldwide
La calidad en Gillette Argentina
Bayfield Mud Company
Seis Sigmas en 3M, Inc.

Capacidad y programación

Crocs: revolucionar el modelo de la cadena de suministro de una industria para lograr una ventaja competitiva
Unifine Richardson
eBags: administración del crecimiento
Merriwell Bag Company
Lawn King, Inc.
World Industrial Abrasives

Inventario

Consolidated Electric
Southern Toro Distributor, Inc.
ToysPlus, Inc.

Esta parte contiene casos de estudio diseñados para proporcionar práctica a los estudiantes tanto en la formulación como en la solución de problemas. Dichos casos ofrecen problemas no estructurados, más desafiantes que los desarrollados en el texto. Requieren de la integración del material de varios capítulos y de soluciones imaginativas y tienen como finalidad usarse en un ambiente interactivo de clase con una discusión animada en torno de ellos.

Caso de estudio Shipper Manufacturing Company

En abril de 2007, James Wallace, gerente general de la división de productos avanzados de Shipper, consideró un cambio en la estrategia de manufactura. Recientemente, Wallace y su personal revisaron la estrategia de negocios de la división; en consecuencia, se hizo evidente que las estrategias de marketing, ingeniería y manufactura deberían, asimismo, examinarse.

The Shipper Company empezó sus operaciones en la industria aeroespacial en la década 1960. En los primeros años, la empresa desarrolló y produjo los satélites meteorológicos Echo, los cuales fueron lanzados al espacio. En una fecha más reciente, Shipper Company se diversificó en tres divisiones localizadas en Faribault, Minnesota: la de productos eléctricos, la de materiales y la de productos avanzados. La división de productos eléctricos elaboraba una variedad de tarjetas de circuitos y otros productos eléctricos para mercados en masa. La de materiales producía artículos de plástico laminados que se vendían a la división de productos eléctricos, a la de productos avanzados y a clientes externos. La división de productos avanzados manufacturaba productos de especialidad basados en las órdenes de los clientes. Durante los últimos cinco años, el crecimiento en ventas y la rentabilidad de la organización fueron positivos, como se muestra en el cuadro 1; sin embargo, las ventas y las utilidades de la división de productos avanzados fueron un tanto erráticas.

El principal artículo de la división de productos avanzados es el globo aerostático, un dirigible más ligero que el aire y que se parece al famoso dirigible de Goodyear. Estos globos aerostáticos se venden a compañías de comunicaciones, al gobierno de Estados Unidos y a países extranjeros para comunicaciones. En la actualidad, la división de productos avanzados elabora 12 globos aerostáticos por año y el globo aerostático proporciona 50% de las ventas de la división de productos avanzados.

Por otro lado, la división de productos avanzados elabora una variedad de artículos especializados que se fabrican de acuerdo con las órdenes de los clientes e incluyen los tapones para minas que sirven para sellar los pasajes en las minas para el control de la ventilación (vea cuadro 2) y revestimientos de aspas que se usan como agregados en las aspas de los helicópteros para detectar rupturas. Una característica unificadora de este tipo de objetos es que se generan a partir de materiales laminados de plástico que provee la división de materiales de Shipper.

Al formular su estrategia de negocios, Wallace proyectó un cambio gradual hacia productos que se venderían a clientes múltiples y que se elaborarían sobre la base de volumen. La estrategia de negocios que Wallace y su personal plantearon se resume como sigue:

> La división de productos avanzados continuará haciendo lo que ha hecho históricamente mejor: responder a las solicitudes de diseño de *los clientes individuales* y confeccionar los nuevos productos para aplicaciones únicas de los consumidores. Este negocio se caracteriza por un bajo volumen con productos de una sola fuente, por clientes que financian el desarrollo de los productos y por fuertes variaciones anuales en las ventas y en las utilidades.

De manera concurrente y creciente, la división de productos avanzados se *enfocará más al mercado* en su negocio y aplicará los recursos hacia los programas de desarrollo del mercado y del producto. Su objetivo será reducir, pero no eliminar, la dependencia de la división de productos avanzados en el caso de artículos o proyectos especificados por los clientes a corto plazo y comenzará a dar curso a nuevos productos con una producción continua sujeta a un volumen más alto. La división de productos avanzados restringirá los recursos para el desarrollo del mercado a ciertos segmentos o nichos de crecimiento del mismo y a industrias maduras donde existe una oportunidad y una expectativa realistas de ocupar una posición competitiva dominante o fuerte.

Este énfasis en las estrategias de marketing exigirá una profundización de la investigación y del desarrollo de mercado así como de los sistemas de distribución de ventas. Tecnológicamente, los materiales y las capacida-

CUADRO 1 Datos financieros

	$ Miles de dólares				
	2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
Shipper Corp.					
Ventas	34 884	41 029	46 824	41 914	47 857
Utilidades (después de impuestos)	1 256	1 324	1 363	1 035	1 579
División de productos avanzados					
Ventas	5 977	6 508	4 080	7 600	5 179
Utilidades (después de impuestos)	703	597	223	1 139	150

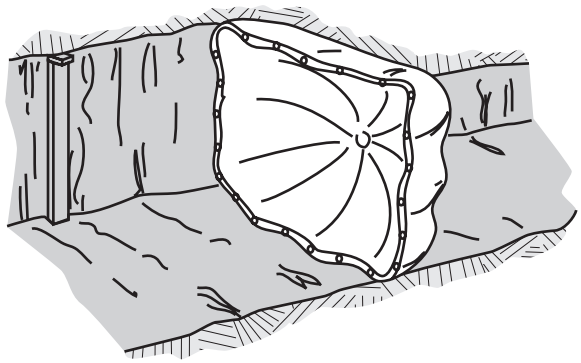
Este caso fue preparado como un punto de partida para discusión en clase y no para ilustrar el manejo efectivo o no de una situación administrativa.

CUADRO 2 Descripción del producto

Shipper

División de productos avanzados
Faribault, Minnesota 55021

Tapones reutilizables para el control de la ventilación en minas subterráneas
Parte núm. 10687



DESCRIPCIÓN

- **UN DISPOSITIVO DIFERENTE PARA EL CONTROL DE LA VENTILACIÓN EN CASOS DE EMERGENCIA Y DE PRODUCCIÓN**
- **SE INSTALA EN MINUTOS**
- **AUTOSELLABLE**
- **REUTILIZABLE**
- **RESISTENTE A ESTALLIDOS Y DETONACIONES**
- **RESISTENTE A LAS FLAMAS (A la especificación NFPA 701-75 y al ASTM E162 con un índice de esparcimiento de flamas de menos de 25).**
- **SE DISPONE DE UN ACCESORIO PARA CONVERTIR ESTA UNIDAD EN UN TAPÓN ACCESORIO CON UN *PARACAÍDAS* DE UN SOLO PUNTO**

TAMAÑOS

Para respiraderos más pequeños de 7' × 8' ordene el tapón 10687-012.
Para respiraderos entre 7' × 8' y 11' × 12' ordene el tapón 10687-016.

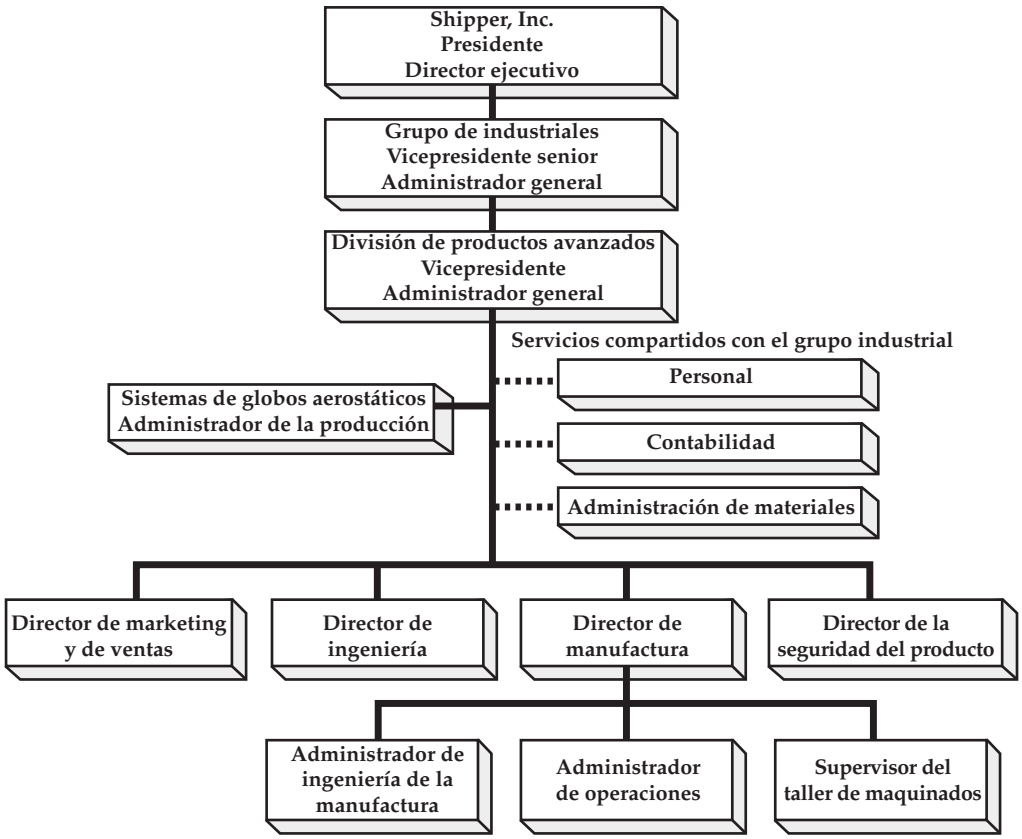
des de ingeniería de los sistemas deberán reforzarse, lo mismo que la ingeniería de la producción y las disciplinas para el control de esta última. La compañía deberá concentrarse en la planeación y tener paciencia para apegarse a sus estrategias hasta verlas progresar.

La unidad de negocio se orienta hacia el crecimiento y una cantidad sustancial de recursos se dirige hacia estrategias de nuevos productos y mercados, lo cual la convierte en una operación con un riesgo de mediano a alto. Aunque se requerirá de una inversión en el desarrollo del producto y en equipo de capitales, la empresa debe sostener su carácter de uso bajo de capital y empleo intenso de la mano de obra. A lo largo del periodo de planeación de cinco años, las ventas, las utilidades y los niveles de los activos deben producir un rendimiento sobre los activos netos (RONA, *return on net assets*) de entre 30 y 40%; además, la organización será un usuario neto de efectivo.

De acuerdo con Wallace, el cambio en la estrategia de negocios implicará una modificación equivalente en la estrategia de manufactura. El área de manufactura deberá desarrollar instalaciones, personas y sistemas de control de la producción para apoyar la transformación gradual de una producción de bajo volumen y única en su género a líneas de producción estandarizadas y con un volumen más alto. Entre los resultados de dicho cambio en la estrategia, podría haber variaciones en la compañía. En el cuadro 3, se presenta la estructura organizacional actual de la división de productos avanzados.

Asimismo, Wallace estimó que el cambio en la estrategia de negocios podría afectar al área de control de la producción y de los inventarios. En la actualidad, el control de la producción y del inventario lo manejan dos individuos que fueron transferidos del almacén y del área de producción y que, además, fueron capacitados en el puesto y evolucionaron hacia un sistema manual de

CUADRO 3 Organigrama (sólo se muestran detalles en el área de manufactura)



mantenimiento de registros y de planeación de la producción. El sistema parece funcionar de manera eficaz para la situación actual, pero se necesita una activación constante y un seguimiento del inventario para mantener la producción en movimiento.

El estatus del inventario lo computariza el departamento de procesamiento de datos. Los ingresos y los desembolsos se envían a procesamiento de datos y, luego, se registran en la computadora. Debido a retrasos de tiempo y problemas en la exactitud de los registros, las personas de producción y de control de inventarios también inspeccionan las partes más importantes de forma manual.

Recientemente, Shipper Company firmó un contrato con Hewlett-Packard para adquirir una nueva computadora, la cual llegará en el otoño y reemplazará al equipo actual de IBM. Como parte de dicha conversión, la empresa investigó paquetes de cómputo disponibles Hewlett-Packard. El paquete para el control de la producción y del inventario parece ser muy eficaz, pero la conversión del actual programa de cómputo tendrá prioridad sobre los sistemas nuevos. El primer objetivo, después de que se instale la nueva computadora, será la conversión de los actuales sistemas de contabilidad y de finanzas.

Al ver esa situación, Wallace se preguntaba cuál debería ser la estrategia de manufactura para los cinco años siguientes y cómo debería implantarse. Él sabía que el área de manufactura debería apoyar la nueva estrategia divisional del negocio, pero se sentía inseguro en relación con la dirección que el área de manufactura debería tomar.

Preguntas de análisis

1. ¿Qué objetivos deberían adoptarse en el área de manufactura respecto del costo, las entregas, la calidad y la flexibilidad?
2. ¿Cómo deberían lograrse los objetivos en el área de manufactura a través de procesos, organización, equipos, fuerza de trabajo, capacidad, programación, administración de la calidad y sistemas de control de la producción y de los inventarios?

Caso de estudio FHE, Inc.

En marzo de 2009, Lum Donaldson, gerente de ingeniería de desarrollo del producto en FHE, Inc., revisó el proceso que usaba su compañía para introducir nuevos productos. Donaldson era responsable de la dirección técnica del desarrollo de nuevos productos y de las revisiones de los productos actuales. Se preguntaba si los procedimientos, la organización y los sistemas de control de proyectos empleados en FHE podrían mejorarse para lograr que las introducciones de nuevos artículos fluyeran más uniformes.

FHE es una compañía productora de bombas y equipos relacionados con el manejo de fluidos. La organización proporciona productos que se utilizan para transferir líquidos de todos los tipos, incluyendo pinturas, adhesivos y alimentos. Las bombas que la empresa ofrece las emplean las industrias de automóviles y de aparatos para el servicio de los vehículos, para la construcción de casas y en otras formas. En 2008, las ventas fueron de 105 200 000 dólares y las utilidades después de impuestos de 5 470 000 dólares. Durante los últimos cinco años, la organización mejoró tanto las ventas como las utilidades a través de introducciones agresivas de nuevos productos.

ORGANIZACIÓN

Los departamentos de ingeniería, de marketing y de manufactura en FHE tienen la organización que se presenta en el cuadro 1. Phil Thomas, vicepresidente de desarrollo corporativo y marketing, es el responsable tanto de las funciones de marketing, así como de la ingeniería del diseño en la compañía. Este arreglo tiene como finalidad facilitar la cooperación entre marketing e ingeniería, en particular en las introducciones de nuevos productos. Manufactura es responsable de la elaboración del artículo una vez que se ha liberado al área de producción.

En el lado de la ingeniería de la organización, tres administradores de programas técnicos le reportan a Donaldson y, de ordinario, son responsables de la dirección técnica de los proyectos que se les asignan. Las responsabilidades detalladas de los tres administradores se muestran en el cuadro 2.

En el lado de la marketing de la empresa, tres administradores de productos le reportan a Vince Kramer, el gerente de marketing de Estados Unidos. Tales administradores son responsables del desarrollo de las ideas de nuevos productos y de la administración del impacto de éstos. En el cuadro 3, se presentan las responsabilidades detalladas del administrador del producto.

Los administradores de manufactura se encargan del diseño del proceso de producción, por el ordenamiento de materiales, por la programación de la producción y por el procesamiento de los materiales y los componentes hasta convertirlos en productos terminados. Ingeniería le aporta las especificaciones del producto a manufactura y espera que se adhiera a ellas al fabricarlo.

Se requiere una gran cantidad de coordinación entre los administradores del producto del área de marketing, los tres administradores técnicos en ingeniería y la manufactura para introducir un nuevo producto de forma exitosa. Cuando se presentan problemas, no siempre está claro quién tiene la responsabilidad primaria de su resolución; en consecuencia, los administradores de productos, de manufactura y los grupos de tres administradores técnicos trabajan estrechamente durante el proceso de desarrollo.

PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

El proceso de desarrollo de nuevos productos inicia con una petición formal de marketing, la cual especifica en términos generales el tipo de producto que se requiere y el mercado al cual atenderá. Como resultado, se realiza una discusión de conceptos entre marketing e ingeniería para determinar si deberá procederse, y en caso afirmativo, cómo. Si se toma la decisión de continuar, ingeniería prepara un reporte técnico de acciones de especificación. El reporte técnico contiene una gran cantidad de costos de desarrollo, costos del producto, programas y especificaciones técnicas del artículo. Si el reporte se aprueba, el proyecto queda formalmente autorizado y, entonces, empieza el desarrollo de ingeniería. Posteriormente, el proyecto procede a través de una serie de pasos, como se resume en el cuadro 4 para un proyecto común. Éstos incluyen el diseño real del producto físico, las revisiones mayores del diseño, la ejecución de pruebas y, por último, la liberación a producción si el artículo se desarrolla exitosamente.

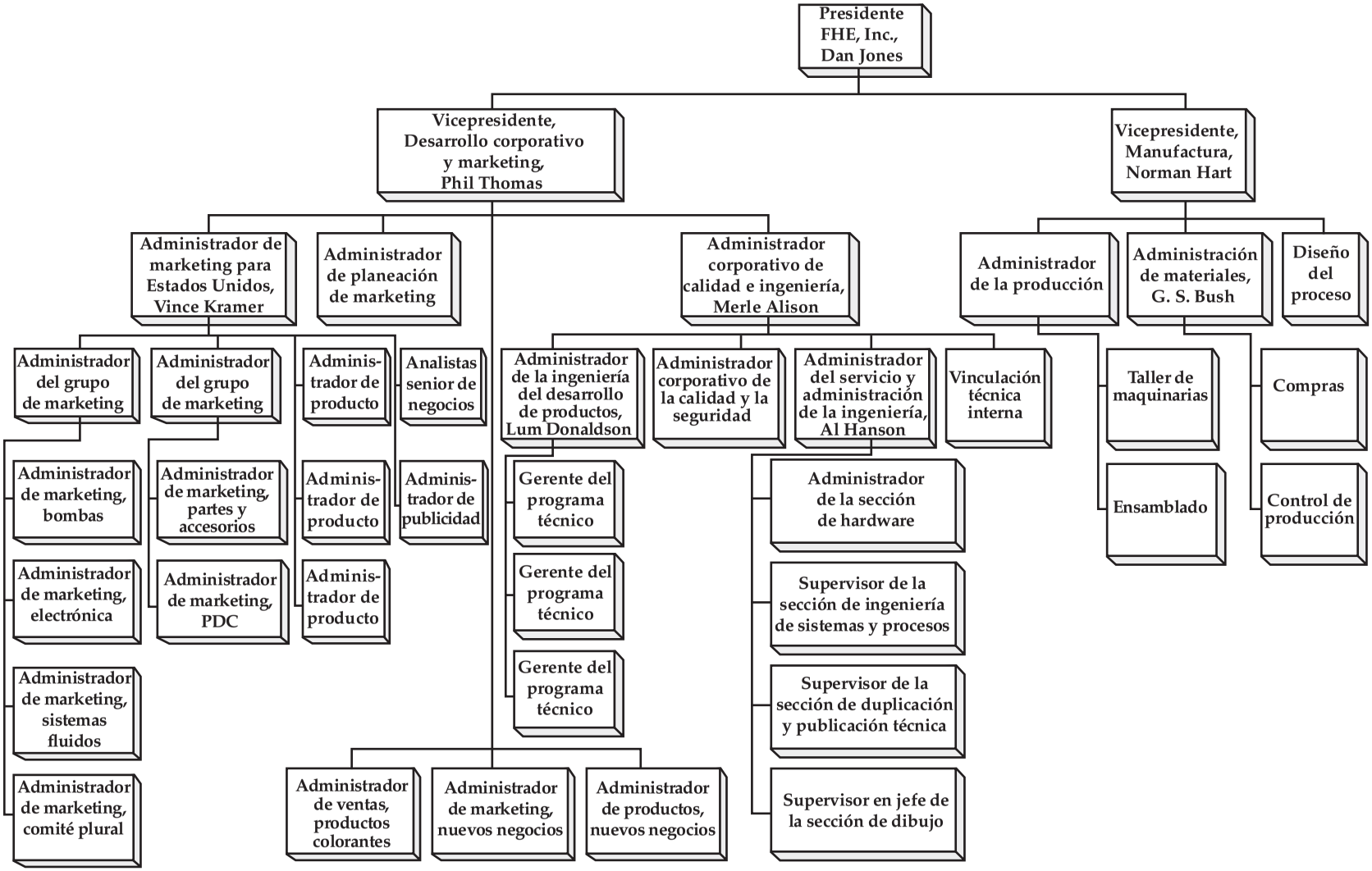
Aunque en FHE el proceso de desarrollo de nuevos productos está bien definido, Donaldson tiene varias reservas acerca de su operación. Primero, él detecta problemas continuos en la coordinación de los administradores del programa técnico y los del producto; tal vez la división de responsabilidad no es tan clara cómo debería serlo. Segundo, le preocupa la carga de trabajo fluctuante en el departamento de servicios de ingeniería.

SERVICIOS DE INGENIERÍA

El departamento de servicios de ingeniería, que Al Hanson dirige, incluye los servicios de elaboración de borradores, el taller de modelos, las instalaciones de prueba y los servicios de documentación técnica. Ya que todos los proyectos utilizan dichos servicios, la carga de trabajo de los servicios de ingeniería es impredecible y, con frecuencia, ocurren cuellos de botella en este departamento. En un momento dado, puede haber hasta 20 proyectos de desarrollo de nuevos productos en proceso y todos ellos parecen demandar los mismos servicios de ingeniería al mismo tiempo. Hanson le solicita continuamente a los administradores de los programas técnicos que le envíen una notificación más anticipada, pero, debido a incertidumbres en los programas del proyecto, las necesidades con frecuencia se desconocen hasta el último minuto.

Este caso se preparó para debate en clase y no para ilustrar un manejo eficiente o ineficiente de una situación administrativa.

CUADRO 1 Organigrama



CUADRO 2 Descripción de puestos

ADMINISTRADOR DE PROGRAMAS TÉCNICOS-DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

Estado general

El administrador de programas técnicos de desarrollo de nuevos productos le reporta al administrador de ingeniería del producto y es responsable por la planeación, la coordinación y la dirección de las actividades de los proyectos en las áreas de programas asignados. (El *área de un programa* se integra con uno o más proyectos relacionados a un área de aplicación de un producto en particular, como una bomba sanitaria, componentes plurales y dispositivos hidráulicos). El administrador de los programas técnicos del departamento de nuevos productos es responsable de las asignaciones de personal, así como de la administración y el control de todo el personal de diseño que le reporta a él.

Deberes y responsabilidades generales

1. Asigna el personal técnico para mantener los programas de desarrollo de todos los proyectos dentro de sus áreas de responsabilidad de programas. Mantiene la comunicación entre las secciones de desarrollo para garantizar el uso de habilidades fundamentales y para mantener una conciencia actual de la tecnología de punta en todo el personal asignado.
2. Dirige las actividades de diseño de un área o áreas específicas de un programa para desarrollar el diseño, seleccionar materiales, preparar descripciones técnicas, realizar pruebas, satisfacer los objetivos de desempeño, de programas y de costos; es responsable por los costos y el estatus del programa y presenta reportes oportunos y conclusiones técnicas cuando se le especifica; se comunica con los administradores del producto, los ingenieros de desarrollo y otro personal de diseño y mantiene archivos de los proyectos técnicos.
3. Se coordina con la administración de productos al definir las especificaciones técnicas de los clientes de productos actualmente planeados y de los productos cuyo esfuerzo futuro se considera.
4. Revisa y dirige los análisis detallados preparados por los ingenieros de desarrollo y es responsable de la prueba de programas para asegurar una conformidad general del diseño del producto con las especificaciones. Revisa todos los insumos de costos y dirige la terminación de las estimaciones de costos.
5. Interactúa con todos los departamentos de la compañía para coordinar la terminación del diseño del producto; negocia programas de trabajo con grupos de equipos y programas de cómputo, compras, etcétera.
6. Identifica las áreas de problemas técnicos que darán como resultado programas modificados de tiempo, costos o desempeño; define los cursos alternativos de acción para el logro de los mismos objetivos o hace visible a la administración tales problemas de modo que la administración pueda tomar una acción correctiva.
7. Sostiene un contacto continuo con la administración del producto, la manufactura, el área de sistemas fluidos, etcétera, cuando ello es apropiado a efecto de obtener las mejores soluciones técnicas de los problemas que se asocian con su área de programas y para garantizar que el producto que resulte de los esfuerzos de su equipo pueda producirse económicamente.

COORDINACIÓN DE MANUFACTURA

Donaldson admitió que, una vez que se desarrollaba un nuevo producto, con frecuencia *lo pasaban por arriba de la pared* a manufactura. Aunque se consultaba al área de manufactura en relación con la factibilidad técnica y las posibles restricciones de producción, se recibía un pequeño insumo de manufactura durante el diseño del producto. Donaldson hizo el siguiente comentario: "Manufactura tiene ya suficientes problemas con los artículos actuales sin tener que considerar los nuevos productos en el panorama. Procuramos anticipar para ellos los problemas de manufactura antes de que se remitan a producción. Desde luego, nunca existe una cantidad suficiente de tiempo e, inevitablemente, se presentan algunos problemas luego de que el producto se libera".

FHE evalúa un nuevo sistema CAD-CAM como una forma de coordinar el marketing , la ingeniería y la manufactura. De acuerdo con el proveedor de programas de cómputo, la configuración de los nuevos productos se ingresaría directamente a la computadora y, después, se transmitiría en forma automática a manufactura. Tal enfoque promete eliminar muchos de los errores que se encontraron en la conversión de ingeniería a manufactura. Una vez instalado el sistema CAD, se diseñará el sistema CAM para interactuar con él. FHE consideraba que la computadora aceleraría el ciclo de introducción de nuevos productos y eliminaría muchos de los problemas de producción que enfrentaba.

Preguntas de análisis

1. ¿Qué pasos debe tomar Donaldson para mejorar el proceso de desarrollo de nuevos productos en FHE?
2. ¿Qué podría hacerse para delimitar la relación organizacional entre los administradores del producto, los de programas técnicos y los de manufactura?
3. ¿Qué acciones pueden emprenderse para administrar mejor la carga de trabajo del departamento de servicios de ingeniería?
4. Evalúe los planes y los resultados esperados del nuevo sistema CAD-CAM.

CUADRO 3 Descripción del puesto

PERFIL DE RESPONSABILIDAD DEL ADMINISTRADOR DE PRODUCTO

La responsabilidad básica de un administrador de un producto es el desarrollo de nuevos artículos y asegurar que la totalidad de la línea de productos atienda de modo adecuado las necesidades del ámbito de mercado; por lo común, el administrador del producto cuenta con antecedentes técnicos y conocimientos funcionales de los conceptos de marketing. Debe poseer cualidades de liderazgo, pues las tareas que habrán de lograrse se realizan a través de otros sobre quienes el administrador de producto no tiene un control directo.

PRINCIPALES DEBERES

I. Nuevos productos
   A. Desarrollo de estrategias de productos en apoyo de los objetivos corporativos.
   B. Coordinación de la definición de proyectos.
      1. Evaluación del contenido de las propuestas de nuevos productos (la especificación del producto) y de los programas, respondiendo a las oportunidades de mercado identificadas en Estados Unidos, Euráfrica y los grupos de marketing regionales e internacionales.
      2. Evaluar el contenido de las especificaciones técnicas y el programa del proyecto, garantizando la conformidad con las especificaciones del producto y los requisitos de oportunidad de mercado.
      3. Evaluar los costos anticipados de los proyectos.
      4. Analizar la rentabilidad anticipada de los programas propuestos (ROI).
      5. Generar la autorización del proyecto.
   C. Controlar la actividad del proyecto y emprender las acciones necesarias para asegurar la integración del mismo.
   D. Garantizar la calidad del proveedor.
   E. Afianzar la coordinación de todos los recursos técnicos que se relacionan con el desarrollo y la introducción de nuevos productos; incluir a las áreas de ingeniería, manufactura, marketing y servicios.

II. Producto existente
   A. Controlar las actividades de la línea de productos y tomar las acciones conducentes.
      1. Volumen de ventas.
      2. Posturas competitivas.
      3. Relación con la tecnología cambiante.
      4. Calidad del producto.
   B. Control de la oferta de líneas de productos (evitar la proliferación de productos).
   C. Controlar las actividades de los órdenes de cambios de ingeniería y tomar las acciones que se requieran.
   D. Eliminar el producto de la oferta cuando sea apropiado.
   E. Proporcionar evaluaciones técnicas sobre los aspectos publicitarios y de promoción de la línea del producto (catálogos, despachadores automáticos de correos, folletos, hojas de datos de nuevos productos, etcétera).
   F. Cerciorarse de que los productos cumplan con una variedad de normas (corporativas, gubernamentales, industriales, de seguridad, entre otras).

III. Competencia
   A. Mantenerse al corriente de los cambios en las líneas de productos.
   B. Mantener un conocimiento profundo de las capacidades competitivas del producto.

IV. Preparación de pronósticos.
   A. Pronóstico unitario de productos específicos (categoría I).
   B. Pronosticar las cantidades de nuevos productos para la terminación del lote I.
   C. Pronósticos de productos para satisfacer las actividades de promoción.
   D. Controlar todas las desviaciones significativas.

CUADRO 4 Gráfica de Gantt

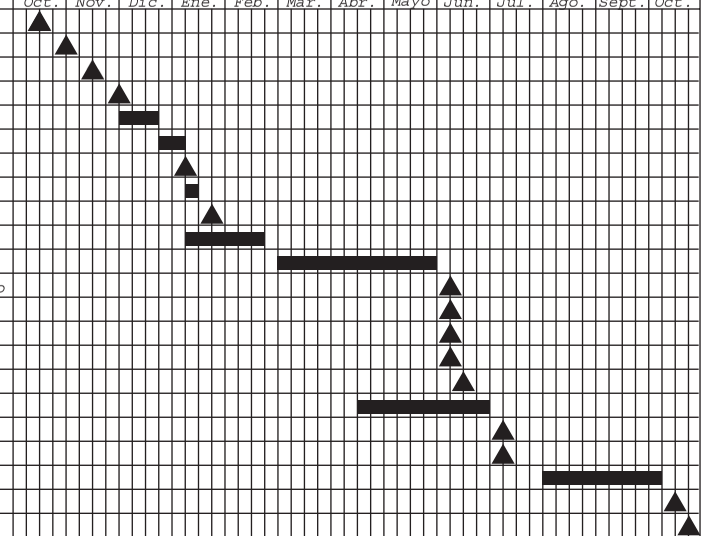
FHE Desarrollo de nuevos productos
Programa de planeación

Ingeniería del proyecto: JIM POWERS
Administrador del programa: MIKE ABELE
Administrador del producto: GARY SINCLAIR

Hoja 1 de 1

Nombre del proyecto: Regulador de fluidos
Número de proyecto: 7720
Fecha de inicio: 10-6-08

Evento número	Definición de actividades
105	Establecimiento del equipo del proyecto
120	Definición de las necesidades de marketing
160	Estimación conceptual de costos
165	Terminación de las especificaciones técnicas
170	Terminación del primer modelo
180	Prueba del primer modelo
190	Reunión para la revisión del diseño
203	Análisis de riesgos
205	Plan de aprobación de la agencia
210	Construcción de modelos de pruebas de campo
215	Ejecución de pruebas de campo
240	Revisión de los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo
254	Estimación preliminar del costo de manufactura
265	Reunión para la revisión del diseño
270	Actualización del rendimiento sobre la inversión
282	Presentación del paquete de decisiones de forjado
291	Remisión del diseño a ingeniería de la manufactura
305	Ejecución de la reunión del compromiso de manufactura
316	Órdenes de partes compradas
330	Producción del lote 1
348	Pruebas de laboratorio de las unidades del lote 1
360	Liberación del lote 1 para su venta



Fecha	Aprobación/Fecha	Horas hombre estimadas	Total	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.
	JBP	Administrador del programa	150	20	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		Ingeniería	320	60	60	40	40	20	20	20	20	20	10	10		
482	WEB 11-2-08	Diseño industrial														
		Modelos de prueba	100		40	40				20						
		Publicaciones tecnológicas	40										30	10		
483	JCW 11-2-08	Taller de modelos	120				120									
		Prueba de laboratorio	200					100	80						20	
Gastos en efectivo		materiales, mano de obra externa, viajes, etcétera.	$ 500							250	250					
		CAPITAL DEL EQUIPO	$ —													

Revisiones programadas				
	Revisado por			
	Fecha			

Felicidades, Scott. Tú eres el nuevo gerente de administración de los proveedores de nuestra nueva instalación de manufactura denominada Deere & Company Commercial Worksite Products en Knoxville, TN. Como sabes, realmente necesitamos tu ayuda para hacer operacional esta nueva instalación en 24 meses. Estoy seguro de que comprendes que una responsabilidad fundamental de tu nuevo trabajo es integrar a los proveedores dentro del proceso de desarrollo del producto de nuestro nuevo Skid-Steer Loader Deere tan pronto como se requiera. Me reportarás directamente y necesito que me presentes una propuesta cuando nos reunamos la semana siguiente el 15 de junio de 1996.

Cuando Scott colgó el teléfono tras hablar con James Field, gerente de planta y su jefe inmediato, comprendió que ésa no era una petición sencilla. En su propuesta, él sabía que tendría que *a*) identificar y justificar qué proveedores habrían de integrarse en la fase de desarrollo del producto y *b*) especificar cómo estructurar las interacciones con los proveedores elegidos. Las recomendaciones de su propuesta debían garantizar que esta planta se edificara y operara de modo uniforme en la fecha fijada como meta de julio de 1998.

DEERE & COMPANY

Deere & Company, con oficinas centrales en Moline, Illinois, tenía más de 150 años de historia, lo cual la hacía una de las empresas más antiguas del mundo. Siendo una compañía muy respetada, en 1996, Deere & Company contaba con una cartera básica de negocios que abarcaba la manufactura, la distribución, el financiamiento y el servicio de equipos agrícolas; por ejemplo: cosechadoras y tractores; equipos de construcción y de silvicultura, por ejemplo: deslizadores de leños y carretillas elevadoras, y equipos comerciales y para el cuidado del césped: tractores y podadoras de césped y de jardín; así como otros productos y servicios tecnológicos. Con más de 38 000 empleados en todo el mundo, Deere & Company opera en más de 160 países.

EL *SKID-STEER LOADER*

El producto

El *Skid-Steer Loader*, un pequeño cargador con una capacidad de carga entre 1 000 y 3 000 libras, se destinaría a la construcción y a sitios de cuidados de terrenos que requerían de un equipo ligero, versátil y de fácil manejo para remover tierra.

Deere & Company ingresó al mercado de cargadores con timón deslizante hace más de 25 años, pero, de manera posterior, la organización encargó la ingeniería y la manufactura a New Holland, un contratista independiente. Aunque New Holland producía su propia línea de cargadores que competía directamente con la marca Deere, estuvo de acuerdo en vender su exceso de capacidad para manufacturar esencialmente el mismo producto para Deere & Company, permitiendo cambios estéticos sólo para diferenciar la marca.

CUADRO 1 Ejemplo del *Skid-Steer Loader* de Deere

Mercado

De 1995 a 1996, la participación promedio de mercado de Deere para el *Skid-Steer Loader* oscilaba entre 1 y 3%. Los datos del mercado indicaron que este nicho de mercado estaba creciendo de 15 a 20% por año y que se proyectaba que alcanzaría ventas globales de 1 200 millones de dólares, o aproximadamente 60 000 unidades del año 2000 al 2001. Dadas estas cantidades, las oficinas centrales corporativas se interesaron crecientemente en el establecimiento del *Skid-Steer Loader*, Deere como uno de los principales competidores mundiales en este nicho de mercado con una meta superior a la triplicación de su participación de mercado.

Para alcanzar una meta tan agresiva, Deere comprendió que su estrategia de penetración de mercado debía concentrarse en criterios fundamentales para la obtención de órdenes en áreas como:

- *Características del producto:* ya que el *Skid-Steer Loader* es un activo con una inversión fija, las características del producto que mejoran la facilidad de uso, por ejemplo: la versatilidad de la colocación de la carga, que reducen los costos operacionales (por ejemplo, eficiencia en el consumo de combustible), y que disminuyen los requisitos de mantenimiento (autolubri-

Copyright © 2001 National Association of Purchasing Managers (NAPM). Este caso de estudio fue escrito por el Dr. Manus Rungtusanatham y el Dr. Fabrizio Salvador, de Arizona State University, en el 2001 Case Writing Workshop, copatrocinado por Deere & Company, con la supervisión de los profesores Michiel R. Leenders y el Dr. Robert A. Kemp. Se preparó únicamente como material para debate en clase. Los autores no pretenden ilustrar un manejo efectivo o inefectivo de una situación administrativa y han disfrazado ciertos nombres y otra información de identificación con el fin de proteger la confidencialidad. Reimpreso con permiso del Institute for Supply Management™.

cación de partes) establecerían la diferencia entre la marca Deere y los productos de la competencia.
- *Variedad del producto:* para atender mejor a los clientes, Deere sabía que debía ofrecer alguna variedad de productos, como se requiere de ordinario en los equipos industriales, dadas las distintas demandas de uso; por lo tanto, se necesitaba una variedad de modelos, tal vez diferenciados en cuanto a su capacidad de carga y las opciones disponibles (por ejemplo, controles manuales o controles con el pie).
- *Entrega del producto*: Deere sabía que la demostración de la versátil funcionalidad de su cargador con timón deslizante y la capacidad de demostrar y entregar el producto en el sitio de trabajo era un incentivo importante para las ventas.
- *Precio:* finalmente, aunque no por ello menos significativo, la demanda de los *Skid-Steer Loader* era altamente sensible al precio. En consecuencia, la minimización del costo de los bienes vendidos sin sacrificar una entrega oportuna de un cargador con timón deslizante Deere de alta calidad era un imperativo.

Por lo tanto, la situación antes de 1996 era bastante clara. En tanto la ingeniería y la producción de los *Skid-Steer Loader* de la marca Deere estuvieran en las manos de un tercero que, de hecho, competía en el mismo nicho de mercado, habría poca oportunidad para ganar beneficios considerables sobre los productos de la competencia y las características del producto. El mismo argumento se mantenía para las consideraciones de costos, haciendo de una entrega y un servicio mejores las únicas ventajas competitivas. Además, esperando que la demanda de mercado para los cargadores con timón deslizante aumentara, New Holland se rehusó a vender una capacidad adicional de producción a Deere & Company. Como resultado, Deere & Company decidió que necesitaba retomar el control directo del diseño y de la manufactura de este producto potencialmente lucrativo.

LA DECISIÓN DE *GREENFIELD* KNOXVILLE

En abril de 1996, las oficinas centrales corporativas aprobaron un proyecto de inversión de capital de 35 millones de dólares dedicado a recuperar el control del diseño y de la manufactura del *Skid-Steer Loader*. Dicha decisión de inversión de capital también aprobó la colocación del diseño, la manufactura y las funciones de marketing en otras instalaciones nuevas que se construirían cerca de Knoxville, TN. La orden fue clara: construir y manufacturar un *Skid-Steer Loader* de alta calidad que tuviera un costo 20% más bajo en comparación del mejor de la competencia en agosto de 1998, en forma consistente con otros criterios identificados para la obtención de pedidos.

SCOTT NOLAN, INGENIERO EN CALIDAD CERTIFICADO, INGENIERO PROFESIONAL Y NUEVO GERENTE DE LA ADMINISTRACIÓN DEL SUMINISTRO

Nolan se unió a Deere & Company como ingeniero de manufactura, luego de graduarse en Iowa State University con el grado de ingeniería mecánica en 1979. A lo largo de su trayectoria, recibió la maestría en administración de empresas (en 1989) de la Universidad de Iowa, así como una certificación profesional como ingeniero en calidad certificado y como ingeniero profesional. En 1989, Nolan empezó a trabajar en la administración del suministro para Horicon, WI, una planta de manufactura de equipos de césped y de jardín. La oportunidad para unirse a una nueva planta de manufactura de Deere en el papel de gerente de administración del suministro fue una promoción y un desafío muy bien acogido.

INTEGRACIÓN DE LOS PROVEEDORES EN EL DISEÑO DEL *SKID-STEER LOADER*

Tras trabajar en la administración del suministro durante los siete años anteriores, Nolan estaba muy enterado del principio general de involucrar a los proveedores en las decisiones de desarrollo y manufactura de productos y los frecuentemente aclamados beneficios de estructuras de costos más bajos, un ciclo más rápido de desarrollo del producto, y una reducción en las ineficiencias operativas; sin embargo, consideraba que no todos los proveedores debían involucrarse, en especial en las primeras etapas del proceso de desarrollo de nuevos productos. Además, implicar a los proveedores no debería ser un compromiso verbal; los proveedores seleccionados deberían estar bien integrados con las diversas actividades de desarrollo del producto.

CONCLUSIÓN

Reflexionando sobre estos conocimientos, Nolan comprendió que debía responder a dos importantes preguntas en su propuesta:

a) Cómo elegir a los proveedores que deberían integrarse anticipadamente en el desarrollo del nuevo *Skid-Steer Loader* de Deere.
b) Y, lo que es igualmente trascendente, qué principios/prácticas/técnicas deberían adoptarse para estructurar las interacciones durante la fase de desarrollo anticipado del producto con los proveedores seleccionados de modo que la producción a escala total de las unidades *Skid-Steer Loader* iniciaran en la fecha fijada como meta en julio de 1998.

A menos de una semana de su reunión con James Field, Nolan se sentó frente a la computadora de su casa y principió a redactar la propuesta.

ASIGNACIÓN PARA EL ESTUDIANTE

Suponga que usted está en la posición de Scott Nolan. Redacte un memorándum de dos páginas que *a*) identifique, defina y justifique los criterios (cuatro como límite) para investigar a los proveedores a efecto de integrarlos en las primeras fases del proceso de desarrollo del cargador con timón deslizante Deere y *b*) recomiende los principios orientadores, las prácticas o las técnicas específicas para unificar de forma eficaz la integración anticipada de los proveedores en el proceso de desarrollo del cargador de *Skid-Steer Loader* Deere.

Caso de estudio Eastern Gear, Inc.

Eastern Gear, Inc., con sede en Filadelfia, Pensilvania, es un productor de engranes hechos a la medida cuyo peso oscila de unas cuantas onzas hasta más de 50 libras. Los engranes se fabrican a partir de distintos metales, dependiendo de las necesidades del cliente. Durante el año pasado, se emplearon 40 tipos diferentes de aleaciones de acero y de latón como materia prima. Para más detalles, consulte el cuadro 1.

Eastern Gear vende sus artículos principalmente a laboratorios de investigación y desarrollo o a productores muy pequeños. En consecuencia, el número de engranes de la mayoría de las órdenes es pequeño; rara vez se ordena el mismo engrane más de una vez. En el cuadro 2 se muestra la distribución de los tamaños de la orden para marzo de 2009.

Recientemente, el presidente de Eastern Gear decidió aceptar algunas órdenes más grandes incluyendo 100 engranes o más. Aunque en dichas órdenes se aceptaban precios más bajos, ayudaban a pagar los gastos indirectos. Se encontró que los pedidos grandes ocasionaban que muchas de las órdenes pequeñas esperarán mucho tiempo antes de procesarse. En consecuencia, algunas entregas pequeñas estaban atrasadas.

INGRESO DE LA ORDEN

Cuando un cliente desea ordenar un engrane, James Lord, administrador de ventas y vicepresidente de marketing, toma la orden. El consumidor especifica el tipo de engrane que desea mediante la presentación de un borrador o un esquema. La cantidad de engranes que se requerirán y el tipo de materiales también los determina el cliente. En ocasiones, el ingeniero del cliente llama luego de que la orden se colocó y requiere un cambio en el diseño. En esos casos, puede ser necesario detener la producción y esperar la llegada de nuevas materias primas o esperar a que se defina el diseño. Las formas impresas del consumidor presentadas junto con la orden no siempre contienen las tolerancias o los acabados que se requieren durante los trabajos a máquina. Como consecuencia, cuando se necesita la información, se establece contacto directo con el consumidor.

Después de que la orden se recibe, se envía una copia al supervisor de producción, Joe Irvine, y la segunda copia se envía a Sam Smith, el contralor. Al recibir la orden del cliente, Smith coloca una orden de compra para la materia prima que se requerirá. A menudo, estos materiales demandan una o dos semanas para llegar, dependiendo del proveedor y del tipo de material ordenado.

Luego de recibir la orden del cliente, el supervisor la revisa y la coloca en el archivo hasta que llega la materia prima. Entonces, la orden del cliente se encauza a través del taller junto con los materiales. En el pasado, el proceso de producción para la mayoría de los engranes implicaba cerca de dos semanas después de la recepción de la materia prima; recientemente, este tiempo de producción aumentó a cuatro semanas.

Irvine expresó su preocupación en relación con los cuellos de botella que aparecen en el proceso de producción. Una semana el cuello de botella puede estar en un centro de maquinaria y, la siguiente, en otro. Los cuellos de botella complican que las órdenes puedan terminarse a tiempo.

CUADRO 1 Materia prima

Tipo de material	Consumo en 2008 dólares (000)
A	$ 36
B	10
C	15
D	43
E	110
F	18
G	32
H	75
I	40
J	60
K	30
Todo lo demás	53
Total	$522

CUADRO 2 Ventas, marzo 2009

Tamaños de la orden	Número de órdenes	Total valor en dólares de las órdenes
1	80	$ 3 200
2	53	4 250
3	69	8 163
4	32	4 800
5	82	16 392
8	47	15 987
10	64	26 871
15	22	13 172
20	42	31 555
25	27	23 682
30	18	21 600
40	22	32 000
50	10	18 693
100	4	12 500
200	2	14 068
400	1	9 652
700	2	35 600
1 000	1	20 000
	578	$312 185

Este caso se preparó como punto de partida para debates en clase y no para ilustrar el manejo eficaz o no de una situación administrativa.

DISTRIBUCIÓN FÍSICA Y FLUJO DE MATERIALES

Eastern Gear utiliza una distribución física estándar de taller de trabajos, como se muestra en el cuadro 3. Cada centro de trabajo posee un conjunto común de máquinas o procesos. Los materiales fluyen de un centro de trabajo a otro, dependiendo de las operaciones necesarias para una orden en particular.

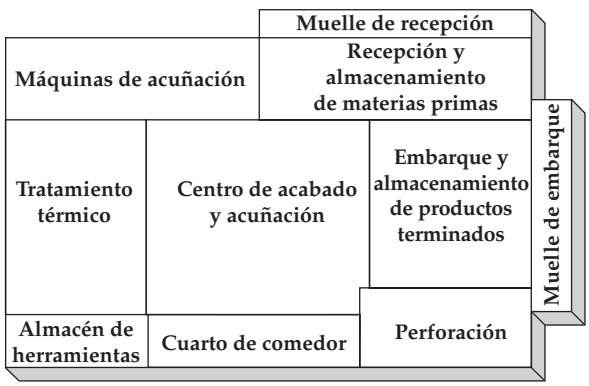
Una orden común seguirá la siguiente ruta: primero, la materia prima es decir, un engrane virgen, se envía al centro de trabajo de acuñación; aquí, los dientes se cortan en los bordes del engrane de acuerdo con las especificaciones del cliente. A continuación, los engranes vírgenes se envían al centro de trabajo de perforaciones donde se puede abrir uno o más orificios en el engrane. Éste se envía, entonces, a un centro de acuñación, donde se pone un acabado en los dientes del engrane y en la superficie del mismo. Luego, el engrane puede transferirse al área de tratamiento térmico si el cliente requiere tal operación. Después de que se completa el lote de engranes, el siguiente trabajador disponible lo inspecciona y los embarca al consumidor.

En el cuadro 3, puede observarse la manera en la que las máquinas se agrupan por tipos similares en el área del taller; por ejemplo, todos los taladros se localizan conjuntamente en un centro de trabajo y todas las máquinas de acuñación se encuentran en otro. Aunque esta distribución física facilita el desarrollo de las habilidades y la capacitación de los trabajadores, da como resultado un flujo irregular de productos a lo largo del taller.

Existe una constante interferencia en las órdenes que se procesan en el taller. Una orden común pasa 90% de su tiempo esperando en cola para que una máquina esté disponible. En realidad, sólo se utiliza 10% del tiempo procesando una orden en una máquina; por lo tanto, se requiere un tiempo relativamente largo (cuatro semanas) para que una orden recorra su camino dentro del taller.

Las órdenes grandes y las pequeñas se procesan en forma conjunta; no se emplea un flujo de trabajo especial para distintos tamaños de órdenes. Como regla, las órdenes grandes contribuyen a mantener al taller operando a toda su capacidad.

CUADRO 3 Distribución física



ANTECEDENTES DE LA COMPAÑÍA

En Eastern Gear, las operaciones de negocios han experimentando un auge. Durante los dos primeros años, la compañía perdió dinero, pero, a lo largo de los últimos meses, se obtuvo una pequeña utilidad. Las ventas aumentaron 100% en el último trimestre. Vea el cuadro 4 donde se presentan más detalles.

Aunque las ventas se incrementan con rapidez, una reciente encuesta de mercado indica que pueden expandirse incluso más en los siguientes años; de acuerdo con ella, las ventas serían de 5 millones de dólares en el año de 2009 si se mantenía el tiempo actual de espera para la entrega de cinco a seis semanas. Si el tiempo total de espera para la entrega pudiera reducirse a las anteriores tres a cuatro semanas, las ventas podrían incrementarse a 5.5 millones de dólares en lugar de sólo 5 millones de dólares.

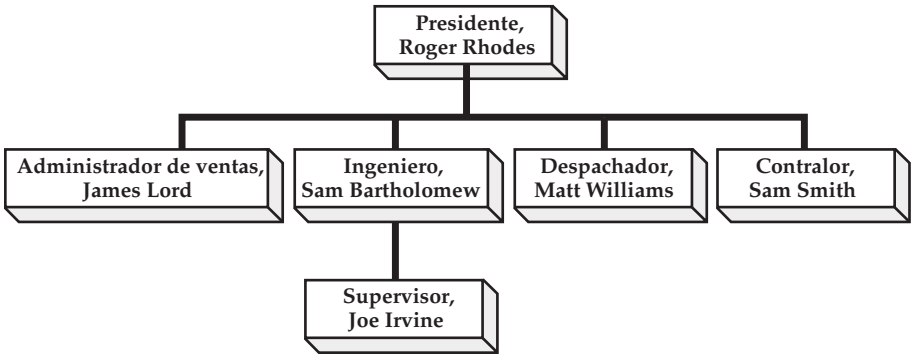
Debido al incremento en los tiempos de espera para la entrega, la organización añadió un despachador, Matt Williams. Cada mañana, Williams revisa la producción en proceso dentro del taller y selecciona las órdenes atrasadas respecto del programa. Cada orden atrasada recibe una tarjeta roja, indicando que debe tratarse con bases apresuradas. Ahora, aproximadamente 20% de las órdenes tienen tarjetas de apresuramiento. Asimismo,

CUADRO 4 Datos financieros

	2006	2007	2008	Primer trimestre, 2009
Ventas	560*	1 500	3 100	1 063
Costos de manufactura				
Materiales	63	273	522	214
Mano de obra	136	587	1 063	327
Gastos indirectos	70	216	412	140
Depreciación	172	398	422	150
Total costos de manufactura	441	1 474	2 419	831
Gastos de venta	70	130	263	80
Gastos generales y de administración	75	110	297	93
Costos totales	586	1 714	2 979	1 004
Utilidad antes de impuestos	(26)	(214)	(121)	(59)

*Todas las cifras están en millares de dólares.

CUADRO 5 Organigrama



Williams dedica su tiempo a buscar materias primas demoradas y órdenes perdidas así como a explicar a los clientes la razón por la cual sus órdenes están retrasadas.

El organigrama de la compañía se muestra en el cuadro 5. Roger Rhodes es el presidente y el fundador de Eastern Gear. Él maneja el contacto con algunos de los clientes principales, arregla los financiamientos que la empresa necesita y participa en las reuniones semanales de producción. Durante esas reuniones, se discuten los problemas de programación, los de los empleados y otros problemas de producción.

El ingeniero de la corporación es Sam Bartholomew. Sus responsabilidades incluyen el diseño de los productos, la adquisición y el mantenimiento de los equipos y la vigilancia del supervisor, Joe Irvine. Bartholomew también asiste a las reuniones semanales de producción y destina cerca de diez horas por semana en el piso de la fábrica hablando con cada trabajador.

Actualmente, la compañía experimenta una tasa de rendimiento de 6% sobre las órdenes completadas debido a una calidad deficiente. En 75% de los casos, las órdenes devueltas dejaron de sujetarse a una o más operaciones, o bien, las operaciones se realizaron en forma inadecuada; por ejemplo, en una orden que se devolvió, a todos los engranes les faltaba un orificio.

Ocasionalmente, la organización recibe órdenes urgentes de sus clientes; en este caso, la orden se envía directamente a Rhodes para su aprobación. Si se acepta, la materia prima se ordena con urgencia y se recibe al día siguiente. Después de eso, la orden se tramita con urgencia a través de producción en cuatro días. Ello lo logra Fred Dirkson, un empleado de confianza, quien maneja manualmente las órdenes urgentes a través de todas las operaciones. Aproximadamente 10% de las órdenes se manejan sobre una base de urgencia.

La fuerza de trabajo se integra de 50 empleados, quienes están altamente capacitados o semicapacitados. Los operadores de las máquinas de acuñación, por ejemplo, están altamente capacitados y requieren por lo menos de dos años de capacitación vocacional y técnica más varios meses de capacitación en el puesto. Dentro del último trimestre, se incorporaron 10 nuevos trabajadores a la fuerza de trabajo. Los empleados no están sindicalizados y existen relaciones laborales satisfactorias. La fuerza de trabajo se administra con un enfoque de tipo familiar.

Preguntas de análisis

1. ¿Cuáles son los principales problemas a los que Eastern Gear se enfrenta?
2. ¿Qué acción debe tomar Rhodes para resolver sus problemas?
3. ¿Cómo puede relacionarse este caso con los conceptos de diseño del proceso y de la estrategia de operaciones?

Southwest Airlines, la cual empezó como una pequeña aerolínea de Texas en 1971, creció hasta convertirse en una de las aerolíneas más grandes de Estados Unidos.[1] En 2004, Southwest transportaba a más de 65 millones de pasajeros al año a 59 ciudades en 30 estados, más de 2 800 veces al día.[2] Aunque la industria de las aerolíneas reportó pérdidas mayores a 5 mil millones de dólares durante 2003, ese año fue el número 31 consecutivo en el que Southwest Airlines obtuvo ganancias.[3]

Durante más de tres décadas, la ventaja competitiva de Southwest provino de su modelo único de negocios, junto con su estilo administrativo poco ortodoxo, especialmente el del director ejecutivo anterior Herb Kelleher; por ejemplo: en marzo de 1992, Kelleher mantuvo una discusión con Stevens Aviation sobre el derecho a usar el eslogan publicitario *Just Plane Smart*, el cual sostuvo Stevens haberlo desarrollado primero. Kelleher y Kurt Herwald, el presidente de Stevens Aviation, decidieron que resolverían las cosas a la antigua: en un juego de vencidas a dos de tres para elegir al mejor, en el Dallas Sportatorium.

Dicho método inusual de negociaciones coincidía por completo con el estilo cautivador de Herb Kelleher, lo cual, para algunos observadores, era el principal motivo para el récord de 31 años consecutivos rentables de Southwest. Sin embargo, muchas personas de la industria señalaban otros factores que aseguraban que esta aerolínea con sede en Dallas continuaría manteniendo su récord superior de logros; otras se preguntaban cómo Southwest podía dar continuidad a su récord de rentabilidad y de crecimiento a la luz de un cambiante medio competitivo en la industria de las aerolíneas.

HISTORIA

Rollin King, quien se desempeñaba como consejero de inversiones y que operaba un pequeño servicio de taxis aéreos en Texas, fundó Southwest Airlines en 1967. El ímpetu detrás de la organización de King para Southwest Airlines era su percepción de una necesidad creciente e insatisfecha de un mejor servicio aéreo dentro de Texas.

A finales de la década de 1960, las ciudades Houston, Dallas, San Antonio y Fort Worth se encontraban entre las metrópolis con un crecimiento más rápido en Estados Unidos. Aunque cada una de estas ciudades contaba con su propio aeropuerto, el aeropuerto regional de Dallas-Fort Worth que debería atender tanto a Dallas como a Fort Worth, estaba entonces en construcción. Dos transportistas de Texas, Braniff International Airways y Texas International Airlines (TI), atendían principalmente a estas cuatro ciudades. En su mayor parte, el servicio de Braniff International Airways y de Texas International Airlines constaba de ramificaciones de vuelos interestatales; en otras palabras, un vuelo de Braniff podía hacer escala en Dallas a lo largo de su trayectoria desde Nueva York hasta San Antonio.

En sus pláticas con los consumidores antes de emprender el negocio de Southwest, King se impresionó por la cantidad de insatisfacción con el servicio y descubrió que el mercado era más grande de lo que muchos imaginaban. Junto con su abogado, Herb Kelleher, pudo obtener capital suficiente para iniciar la aerolínea y contrató a Lamar Muse como presidente y director ejecutivo. El 20 de febrero de 1968, Kelleher obtuvo el Certificate of Public Convenience and Necessity de la Texas Aeronautics Commission, la cual le concedió a Southwest Airlines el derecho a proporcionar servicios aéreos interestatales entre Dallas-Fort Worth, Houston y San Antonio. Los competidores de Southwest reaccionaron de inmediato solicitando a las cortes de Texas que se opusieran a la emisión del certificado, argumentando que el servicio ya se ofrecía en las rutas propuestas y que el mercado no era lo suficientemente grande para dar apoyo a otros transportistas. Los litigios resultantes mantuvieron a los abogados de la compañía ocupados durante varios años. En sus primeros once meses de operación, Southwest perdió 3.7 millones de dólares.

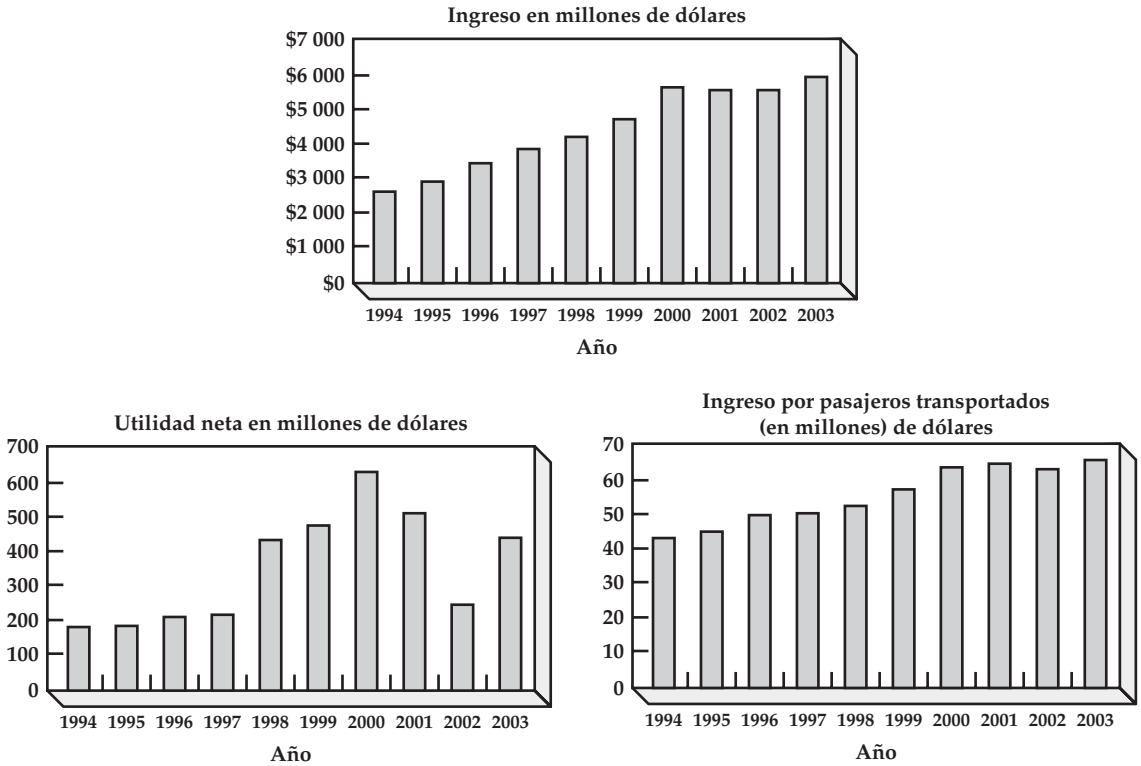
El 18 de junio de 1971, en medio de una fuerte campaña publicitaria para promover a la nueva aerolínea —y en vista de las restricciones emitidas después de las quejas por parte de sus competidores— Southwest lanzó seis vuelos redondos entre Dallas's Love Field y San Antonio, así como 12 vuelos redondos entre Dallas y Houston. El despegue resultó ser menos que auspicioso. En algunos días, se observó que la aerolínea transportaba sólo 150 pasajeros en sus 18 vuelos de viajes redondos; sin embargo, Muse siguió adelante con sus ideas mediante la oferta de precios increíbles, artificios ingeniosos y una publicidad creativa.

En Texas, 1972 se convirtió en el año de la guerra de las tarifas. Para competir con Southwest, los rivales redujeron enormemente los precios y empezaron a ofrecer más en términos del servicio (por ejemplo: cerveza gratuita, toallas calientes y frías, bebidas de un dólar sobre las rutas de Southwest y un servicio más frecuente). Cuando Braniff decidió vender boletos a mitad de precio,

[1] Southwest Airlines, *Reporte anual* (2003), p. 9.
[2] Southwest Airlines, http://www.southwest.com (consultado el 9 de junio de 2004).
[3] Southwest Airlines, Reporte anual (2003), p. 5.

Este caso lo preparó Marlene Friesen, con la supervisión del profesor Elliott N. Weiss. Algunos fragmentos se tomaron del caso Darden "Southwest Airlines" (UVA-OM-0743), preparado por Charlotte Thompson, con la supervisión del profesor Elliott N. Weiss, y del caso Darden "Southwest Airlines: Keeping That Lovin' Feeling after Herb Kelleher" (UVA-OM-1015), preparado por Anwar Harahsheh, con la supervisión del profesor Elliott N. Weiss. Se incluye como una base para realizar debates en clase y no para ilustrar el manejo eficaz o no de una situación administrativa. Copyright © 2005 University of Virginia Darden School Foundation, Charlottesville, VA. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación, usarse como una hoja de cálculo o transmitirse en cualquier forma y por cualquier medio —electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o de algún otro tipo— sin el permiso de la Darden School Foundation. Publicado con permiso.

CUADRO 1 Ingresos, utilidad neta e ingresos por pasajeros transportados



Fuente: Southwest Airlines, *Reporte anual* (2003), p. 14-15.

Muse contraatacó con un obsequio publicitario: botellas gratuitas de licor de primera calidad para los pasajeros que pagaran la totalidad de la tarifa; los pasajeros que no quisieran el licor pagarían la mitad. Ya que las corporaciones estaban acostumbradas a pagar la totalidad de la tarifa, los viajeros de negocios fueron quienes acogieron más felizmente el licor de primera calidad. Durante la promoción, Southwest se convirtió no sólo en el distribuidor más grande de Chivas Regal, Crown Royal y Smirnoff de Texas, sino en el ganador de la guerra de tarifas. Después de 1972, Southwest obtuvo de manera consistente una utilidad (observe el cuadro 1 donde se presentan las cifras de 1994 hasta 2003).

HERB KELLEHER

En marzo de 1979, Lamar Muse renunció como presidente y director ejecutivo de Southwest Airlines, y Herb Kelleher fue nombrado como su sucesor. Kelleher, quien fue estudiante de filosofía y literatura en la universidad y posteriormente se graduó como el mejor de su clase en la escuela de leyes de la Universidad de Nueva York, estuvo unido con la causa de Southwest desde el principio.

Desde antes, Kelleher había establecido la reputación de hacer cosas inusuales. En las funciones de la compañía, él se presentaba como Elvis Presley o Roy Orbison y cantaba *Jailhouse Rock* o *Pretty Woman*. Una noche de Halloween se presentó disfrazado en el hangar de Southwest como el cabo Klinger, personaje del show de televisión *M*A*S*H* para agradecer a los mecánicos por trabajar tiempo extra. Aunque el comportamiento de Kelleher era poco convencional para un director ejecutivo, sus esfuerzos produjeron buenos resultados; sus colegas le atribuyeron a él gran parte de la magia de Southwest.

Conocido por su gran tenacidad y por su ilimitada energía, Kelleher dormía únicamente cuatro horas por noche, leía dos o tres libros por semana y fumaba un cigarro tras otro. Gary Barren, director de operaciones de Southwest, consideraba a Kelleher como "el abogado más inteligente y más rápido —para no mencionar el mejor juez de la gente—, que había conocido alguna vez".[4] Kelleher recibió amplios créditos por gran parte del éxito de la aerolínea mediante la promoción y el mantenimiento tanto de una cultura que favorecía a las personas como de una estrategia coherente de negocios que era consistentemente exitosa aunque engañosamente sencilla. "Las personas siempre quieren un servicio de alta calidad a un precio más bajo, otorgado por personas que disfrutan lo que hacen", sostenía él.[5] Los resultados de los esfuerzos de Kelleher: los costos globales de Southwest eran los más bajos comparados con cualquier transportista mayor.

[4] Charlotte Thompson y Elliott N. Weiss, "Southwest Airlines" (caso de estudio, UVA-OM-0743), University of Virginia Darden Graduate School of Business Administration, Charlottesville, 1993.
[5] *Idem*.

OPERACIONES

Inicio

La primera decisión clave de la aerolínea se relacionó con el número y el tipo de aviones que se usarían. Después de varias semanas de negociaciones con los representantes de diversos productores de aviones, Southwest decidió adquirir tres Boeing 737-200. Esta decisión resultó ser fundamental, ya que Southwest quería emplear el mismo tipo de avión en todas sus operaciones y también prever la expansión futura. Este avión requería de una menor cantidad de miembros en la cuadrilla en comparación con aquellos que utilizaban los competidores de Southwest. Los costos de mantenimiento también eran más bajos porque la aerolínea debía mantener sólo un tipo de avión.

Programación

Las decisiones iniciales acerca de los horarios se restringían por el hecho de que Southwest sólo tenía tres aviones. Tras estudiar los tiempos de vuelo y los terrestres (aterrizaje y despegue), Muse y King concluyeron que podrían ofrecer vuelos a intervalos de 75 minutos usando dos aviones entre Dallas y Houston (la ruta más importante) y a intervalos de 150 minutos (2 horas y media) entre Dallas y San Antonio con sólo un avión. Este programa equivalía a 12 viajes redondos diarios entre Dallas y Houston y seis viajes redondos diarios entre Dallas y San Antonio. Debido a una baja demanda durante el fin de semana, Muse y King decidieron que Southwest volaría con menos frecuencia los sábados y los domingos.

Sin embargo, aun a pesar de todos sus bien estructurados planes, la programación pronto resultó ser un problema. En las dos primeras semanas, la aerolínea reportó un promedio de 13.1 pasajeros por vuelo en la ruta de Dallas-Houston y 12.9 pasajeros en el trayecto de Dallas-San Antonio. Debido a la falta de aviones, la administración concluyó que Southwest era incapaz de competir de una manera efectiva y se puso a mejorar las frecuencias de sus programas. La entrega del cuarto avión a finales de septiembre ayudó mucho, pero tal vez algo más importante que la llegada del cuarto vehículo fue la capacidad de la compañía para producir un tiempo de aterrizaje y despegue de 10 minutos. Al demostrar su capacidad para convertir una restricción en una ventaja competitiva, Southwest logró iniciar un servicio por hora entre Dallas y Houston y comenzar vuelos cada dos horas entre Dallas y San Antonio. La empresa hizo esto organizando el mantenimiento y el servicio hasta el punto en el que ningún avión permanecía en tierra más de 10 minutos. Este desarrollo resultó ser una innovación real en la industria; Southwest llegó a ser conocida por sus rápidos tiempos de aterrizaje y despegue.

ESTRATEGIA Y SERVICIO

Desde el principio, el modelo de negocio de Southwest consistía en brindar vuelos sin lujos y de bajo costo hacia y desde aeropuertos secundarios. El enfoque de la administración radicaba en una estrategia de *recorridos cortos, de punto a punto*, la cual se dirigía a vuelos cortos en aeropuertos poco concurridos a efecto de conseguir rápidos tiempos de aterrizaje y despegue. Esta adhesión a una estrategia de recorridos breves capacitó a Southwest para que se distinguiera a sí misma de sus competidores, muchos de los cuales fracasaron: varias aerolíneas iniciaron el negocio de los vuelos de corto alcance sólo para sentirse tentadas después por las rutas más seductoras.

La mayoría de los competidores de Southwest utilizaban un sistema en el cual los aviones grandes volaban a los aeropuertos mayores (centros) y posteriormente hacían conexiones con aeropuertos más pequeños. Southwest desarrolló un centro no reconocible, prefiriendo, más bien, mantener un sistema de telaraña en el cual se giraba una rama a la vez. La razón que tuvo Kelleher para implantar esta estrategia fue que una red de centros grandes y pequeños congelaba demasiados activos valiosos en un número muy pequeño de punto de presión, mientras que un sistema de telaraña permitía una flexibilidad máxima para dispersar los activos y reducir el estrés en el sistema.

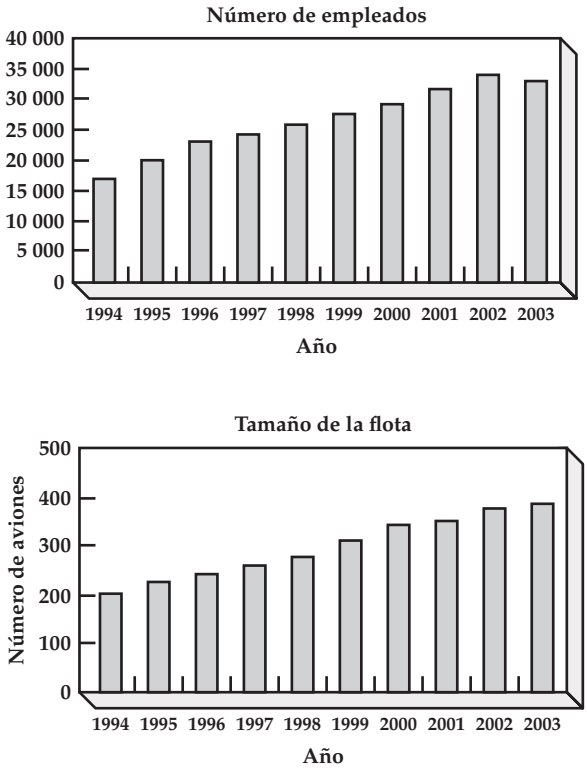
La política de servicios sin lujos de Southwest incluía la ausencia de transferencias de equipaje, la ausencia de comidas, la ausencia de asientos asignados y tarjetas de abordaje reutilizables. Cuando un pasajero tomaba la decisión de volar por Southwest, se presentaba en el aeropuerto a la hora designada, obtenía un boleto en el mostrador el cual se imprimía en una máquina (en aquel momento, la competencia estaba emitiendo boletos escritos a mano), tomaba una tarjeta de abordaje reutilizable y abordaba el avión para sentarse donde lo prefiriera. Una vez a bordo, el pasajero podía disfrutar de una bebida o dos y algunos cacahuates, pero nada más. La razón que daba fundamento a la política de ausencia de lujos era que había otras cosas que se podrían ofrecer a los clientes y que aportaban un mejor valor: vuelos frecuentes, confiables y puntuales y precios muy bajos. Para Southwest, la calidad no era una gran cena o un filete miñón y un buen vino; sino la oferta de vuelos puntuales y la ausencia de pérdidas de equipaje.

Un modo en el cual la aerolínea pudo conservar sus costos a un nivel bajo fue por medio de la contratación de aspectos como los mantenimientos mayores, el procesamiento de datos y los servicios legales. Southwest también contrataba cerca de las dos terceras partes de su suministro mensual de combustible para jets y compraba el resto en el mercado al contado.

La política de Southwest respecto de los costos y servicios era rentable: su número promedio de vuelos por avión por día era el doble del promedio en la industria; sus aviones estaban en el aire 12 horas al día[6] (el promedio de la industria era de ocho horas al día), lo cual era un dato estadístico especialmente significativo porque sus vuelos eran los más breves de cualquier aerolínea. Asimismo, los vuelos de Southwest eran más rentables, aun cuando los vuelos cortos significaban costos de combustible más altos y un mayor número de cuotas por aterrizaje. El secreto de Southwest era que hacía un

[6] Southwest Airlines, http://www.southwest.com/about/swa/press/factsheet.html (consultado el 9 de marzo de 2001).

CUADRO 2 Número de empleados y aviones



uso extremadamente eficaz de su activo más costoso: los aviones (consulte el cuadro 2).

MARKETING

Posicionamiento

Desde el principio, Southwest decidió que se diferenciaría de sus competidores mediante la creación de una imagen divertida. En contraste con Texas International, la cual se percibía como algo sin gracia, y Braniff, la cual era vista como conservadora, la personalidad y el motivo de Southwest se concentraba en el concepto de *LUV*: los asistentes de vuelos llevaban pantalones con colores muy brillantes y las bebidas y los cacahuates durante el vuelo eran conocidos como pociones LUV y bocados LUV.

La alegre personalidad de Herb Kelleher sirvió para reforzar la vívida imagen de Southwest entre sus empleados y los había motivado para transmitirla a los pasajeros. Los trabajadores estaban acostumbrados a llevar disfraces en días festivos (como un atuendo de conejo para la Pascua) y todos esos días se convertían en una excusa para fiestas durante el vuelo con pelotas y pasteles. Palabras como *joven y vital*, *emocionante* y *dinámico* se distribuían a lo largo de toda la declaración del modelo de personalidad.

En 1988, en virtud de un acuerdo con Sea World of Texas, Southwest lanzó su *Shamu One*, un avión 737-300 en forma de ballena. Este avión pintado se volvió tan popular en todo Texas, que Southwest pintó otros dos para asemejarse a la atracción más popular del Sea World.

Precio

Las decisiones de fijación de precios eran una parte especialmente importante en la estrategia general de Southwest que observó cuidadosamente los gastos preoperativos, los costos de operación y el potencial de mercado antes de decidir sobre una tarifa inicial para las rutas. Para su primera ruta, la capacidad para punto de equilibrio era de 39 pasajeros por viaje, lo cual parecía razonable ya que la aerolínea tendría una ventaja inicial de precios sobre su competencia; sin embargo, antes de que pudiera alcanzarse la cifra, la aerolínea experimentó un periodo inicial de operaciones con déficit, un desarrollo que estaba dispuesta a aceptar para despegar. Como es claro, la campaña de marketing sería trascendental para las decisiones futuras de precios de la organización.

Southwest sólo tenía cinco meses de antigüedad cuando Muse decidió intentar algo revolucionario para la industria de las aerolíneas; puesto que la cuadrilla de vuelo había volado un avión vacío desde Houston hasta Dallas al final de cada semana para los servicios de fin de semana,

Muse tuvo la idea de ofrecer una tarifa de 10 dólares para este último vuelo de la semana. Dos semanas después, el avión iba de Houston a Dallas con una carga total de pasajeros.

El éxito del sistema de fijación de precios doble no se le escapó a Muse, quien pronto tomó la decisión de reducir las tarifas sobre el último vuelo de cada día en todas las direcciones, lo cual implicaba que cualquier pasajero que volara en Southwest después de las 7:00 P.M. durante cualquier día de la semana necesitaría sólo 10 dólares para subir a bordo. Unos meses más tarde, Muse había logrado aumentar ambas tarifas (regulares y nocturnas), pero continuó con el sistema doble de fijación de precios debido a su capacidad para atraer a los pasajeros. La fijación del precio era una parte fundamental de la estrategia de Southwest y la compañía fue muy cuidadosa con los incrementos en los precios. Desde 1972 hasta 1978, Southwest no tuvo un solo aumento de tarifas. "Basamos nuestros precios en las utilidades en lugar de basarlos en la participación de mercado", advirtió Gary C. Kelly, vicepresidente de finanzas de Southwest.[7] En 2001, la tarifa aérea promedio de un viaje de Southwest fue de 85 dólares, y la duración promedio de un viaje de un pasajero de 652 millas.[8]

Los impresionantes precios bajos de Southwest se ganaron tanto la admiración como el desprecio de los competidores, muchos de los cuales disminuyeron de inmediato sus precios cuando Southwest ingresó a sus mercados. Algunos de ellos también estaban resentidos: un ejecutivo de American Airlines comentó lo siguiente: "el valor no es calidad; simplemente proporciona lo que uno paga".[9] Algunos competidores acusaron a Southwest de un *dumping en los asientos de las aerolíneas*, aunque la aerolínea ganó dinero de sus rutas desde el primer día.

[7] *AW* (5 de marzo de 1990),p. 36.
[8] Página web de Southwest: Southwest Airlines, http://www.southwest.com (consultado el 14 de julio de 2001).
[9] *Time* (2 de marzo de 1992), p. 15.

Promoción

Southwest definía su mercado meta no como los pasajeros que volaban en otras aerolíneas, sino como las personas que usaban otros métodos de transporte. Como lo dijo el director de ventas y marketing de Southwest: "no estamos compitiendo con otros transportistas. Queremos sacar las personas de los patios traseros y de los automóviles y hacerlos bajar del camión".[10]

Las promociones de Southwest se dirigían principalmente a los pasajeros regulares de los negocios, quienes constituían la mayor parte del tráfico de Southwest. En consecuencia, la aerolínea utilizaba una fuerte campaña de publicidad y una pequeña fuerza de ventas dirigidas específicamente al viajero de negocios. En principio, la corporación se esforzó por el reconocimiento del nombre, pero sus esfuerzos de marketing se extendieron rápidamente para crear una imagen a través de las comunicaciones masivas. Además, Southwest empleó anuncios muy llamativos que promovían tarifas increíblemente bajas y líneas telefónicas de seguimiento, así como un Club de Novios, en los cuales las secretarias recibían una *estampilla de novia* por cada reservación que hacían en Southwest para sus jefes. Por cada 15 estampillas, la secretaria ganaba un viaje gratuito en Southwest.

La expansión de Southwest hacia nuevos mercados

Una parte de la estrategia de Southwest era investigar los mercados potenciales con todo cuidado. Tan extravagante como algunas veces era Kelleher, también admitía que era un hombre de negocios muy cuidadoso. Muchas ciudades de Estados Unidos requerían que Southwest operara desde sus aeropuertos, pero la aerolínea eligió sólo aquellos que se ajustaban a su modelo de negocios. Como lo dijo Gary Barron: "buscamos mercados sobrevaluados y mal atendidos".[11] Las ciudades pequeñas y los aeropuertos pequeños implicaban ingresos y salidas de los aviones veloces.

No obstante, una vez que Southwest decidió ingresar al mercado, lo hizo con una fuerza total. La aerolínea ofrecía tantos vuelos que los clientes nada más debían presentarse en el aeropuerto y tomar el siguiente vuelo económico. Esta parte de la estrategia no sólo permitió a la aerolínea distribuir sus costos fijos sobre muchos asientos, sino que atendió a una función de marketing en el sentido de que Southwest en realidad podría establecer una diferencia en un aeropuerto nuevo. Tras algunos años de una observancia paciente y una cuidadosa consideración, Southwest decidió ingresar al mercado de California. En 1983, empezó a brindar vuelos en la ruta de San Diego-San Francisco, pero no amplió el servicio hasta 1989. El mercado interestatal de California era ideal para Southwest: combinaba rutas con recorridos cortos y de alta frecuencia con un buen clima y una clientela muy abierta al comportamiento poco convencional de Southwest. La aerolínea utilizaba la estrategia relativamente sencilla de ofrecer servicios en las principales áreas suburbanas fuera de Los Ángeles y San Francisco a precios tan bajos como de 19 dólares por un vuelo en una sola dirección. De manera no sorprendente, la expansión de Southwest hacia California condujo a una serie de guerras de tarifas a medida que las principales aerolíneas trataban de evitar que Southwest captara sus clientes. El intensamente competitivo mercado de California vio algunos perdedores: USAir y American se vieron forzadas a salir casi por completo del mercado interestatal de California. Como lo hizo notar el analista de aeronaves Harold Shenton: "la mayoría de las aerolíneas grandes tratan de proteger los ingresos por recorridos largos, para que no dependan del tráfico local, y están debilitando los mercados fuera de Los Ángeles y San Francisco".[12]

Southwest hizo menoscabo de sus competidores de California y surgió victoriosa de las batallas de las tarifas. La aerolínea continuó usando tácticas como la oferta de boletos gratuitos en una campaña de *Vuele en una sola dirección y obtenga un viaje gratuito en una dirección* y una tarifa no restringida en vuelos sencillos por 59 dólares para todos sus vuelos interestatales de California como parte de la promoción de tarifas estatales de California de la aerolínea. La campaña de Southwest para California fue tan exitosa que Southwest le ahorró a los viajeros de esa área más de 40 millones de dólares en 1991.

Luego de varios años de desdeñar cualquier interés en las congestionadas aerovías de la costa oriental, Southwest principió a servir al Aeropuerto Internacional Baltimore-Washington el 1 de septiembre de 1993. Este aeropuerto continuó siendo el puesto de avanzada oriental de Southwest hasta principios de 1996, cuando la aerolínea incorporó servicios a Tampa, Fort Lauderdale y Orlando. En julio de 1996, Southwest anunció su muy esperado ingreso al mercado del noreste, con servicios a Providence, Rhode Island, que iniciarían el 27 de octubre de 1996.[13]

En abril de 1997, la estrategia de Southwest tomó, incluso, un giro mayor con la introducción de vuelos de cuatro horas sin escalas desde Nashville hasta Los Angeles y Oakland. Este movimiento representó una desviación fundamental del énfasis tradicional de Southwest sobre las rutas de alcance corto, punto a punto. En septiembre de 2002, Southwest inauguró su primera ruta de costa a costa, desde el aeropuerto internacional de Baltimore-Washington hasta Los Angeles.[14]

En 2003, Southwest continuó añadiendo nuevas rutas de pares de ciudades y aumentando los servicios actuales en muchos mercados, sobre todo en Baltimore-Washington y Chicago Midway.[15] En mayo de 2004, Southwest anunció que proporcionarían servicios a Filadelfia.[16] Consulte el cuadro 3 donde se presenta una lista de las ciudades atendidas por Southwest Airlines en 2004.

[10] Thompson y Weiss, "Southwest Airlines".
[11] *Inc.* (enero de 1992), p. 68.
[12] UPI (2 de junio de 1991), p. 70.
[13] Stephen Sullivan, Richard R. Johnson, Paul W. Farris y Marjorie Adams, "Southwest Airlines Coast-to-Coast (Condensed)" (caso de estudio, UVA-M-0464), University of Virginia Darden Graduate School of Business Administration, Charlottesville, 1995.
[14] *Idem.*
[15] Southwest Airlines, Reporte anual (2003), p. 9.
[16] *Idem.,* p. 8.

CUADRO 3 Ciudades atendidas por Southwest. Southwest transporta por aire ahora más de 65 millones de pasajeros al año a 59 ciudades en 30 estados, más de 2 800 veces al día

Fuente: Southwest Airlines. http//:www.southwest.com. (Fecha de acceso: 9 de agosto de 2004.)

Personal

La filosofía de la compañía respecto del reclutamiento ha permanecido consistente desde el principio: Southwest invertía en su personal gastando más dinero en el reclutamiento y en la capacitación que cualquier otra aerolínea; su política era encontrar a las personas correctas para contratarlas, a todos los niveles dentro de la organización, e invertir tiempo en su capacitación.[17]

Aun cuando la fuerza de trabajo de Southwest estaba sindicalizada en más de 82%, la aerolínea no tenía tantas turbulencias como los otros transportistas. La industria de las aerolíneas se caracterizaba por relaciones contenciosas entre la mano de obra y la administración, pero los empleados de Southwest disfrutaban de relaciones muy cordiales con ésta. Una razón para una navegación tan uniforme era que los trabajadores compartían una participación en el éxito de la empresa.[18] Otra, era que Southwest sabía cómo hacer sentir a los empleados como parte de una familia numerosa, incluso si era una familia de 5 600 millones de dólares.

La administración de Southwest no trató de ocultar el hecho de que la principal razón para el éxito de la aerolínea era el compromiso de sus empleados. El rápido tiempo de ida y de vuelta era un ejemplo perfecto. Como lo afirmó Gary Barron:

> Nuestros empleados trabajan mucho allí. Ciertas cuadrillas terrestres de 6 (de 12 en el promedio de la industria) ejecutan 40 o 50 tareas durante los 15 minutos que el avión está en tierra. Debido al compromiso del empleado, Southwest ha mantenido consistentemente su tiempo en tierra a 15 minutos (los aviones de las aerolíneas mayores pasan, de ordinario, una hora en el portón de entrada) y está siempre a tiempo.

Otro ejemplo de la lealtad del empleado fue el de las máquinas automáticas de boletos en los mostradores de Southwest, las cuales aceptaban tarjetas de crédito y proveían boletos en sólo 20 segundos. El personal de Southwest construyó estas eficientes máquinas en sus horas libres. De acuerdo con Andy Donelson, administrador de la estación en el Dallas's Love Field: "La máquina fue concebida por un grupo de muchachos en un bar durante una noche en Denver".[19]

En 2003, 202 357 personas solicitaron empleo en Southwest. Sólo se contrató a 908.[20]

CONSTRUCCIÓN DE UNA REPUTACIÓN

Al principio, muchos observadores consideraban que la imagen de diversión de Southwest y la adopción de vuelos libres de lujos sería la última elección para los viajeros de negocios y ocasionaría que la aerolínea cayera en picada hacia la quiebra, pero los escépticos pronto dejaron de reír. Aunque inicialmente poco rentable, Southwest concluyó 1973 con cifras negras y celebró su pasajero nú-

[17] Jody Gittell, R. John Hansman y Anne Dunning, "Investing in Relationships-An Interview with the Southwest Airlines Management Team", Harvard Business Review (junio de 2001).
[18] *Idem*.
[19] Thompson y Weiss, "Southwest Airlines".
[20] Southwest Airlines, http://www.southwest.com (fecha de acceso: 9 de junio de 2004).

CUADRO 4 **Ingresos, utilidades y pasajeros de diversas aerolíneas durante 2003**

ATA Member Airline Statistics-2003

	Aviones en operación (fin del año)	**Empleados** (equivalentes de tiempo completo)	**Salidas de aviones**	**Ingreso por pasajeros a bordo del avión**[1] (millares)	**Ingreso por millas de pasajero**[1] (millones)	**Asientos disponibles en millas**[1] (millones)	**Ingresos por cargamento en toneladas millas** (millones)	**Ingresos** ($millones) **Pasajero**[1]	**Cargamento**	**Operativo**	**Utilidad (pérdida) en operación**	**Neto** ($ millones)
Alaska	110	10 087	180 469	15 046	14 557	20 808	73	1 788	86	2 019	(18)	(2)
Aloha	25	2 477	58 482	4 119	1 968	2 690	10	340	40	393	(8)	1
America West	140	11 107	197 484	20 031	21 266	27 843	70	2 108	35	2 223	24	45
American	743	85 555	887 114	88 151	120 004	164 780	2 012	14 236	621	17 403	(1 444)	(1 318)
ATA	66	7 328	78 402	9 386	11 840	16 373	40	1 006	21	1 398	14	13
Continental	358	34 927	371 100	38 474	56 886	74 969	865	6 556	283	7 333	30	38
Delta	523	59 525	704 759	84 076	89 154	119 912	1 349	10 272	508	14 203	(1 157)	(896)
Hawaiian	26	2 966	50 416	5 597	5 560	6 924	79	627	28	706	60	(48)
JetBlue	53	4 515	66 920	8 949	10 442	13 689	5	965	4	998	169	104
Midwest	29	2 055	37 883	2 098	1 969	2 968	7	260	4	319	(19)	(8)
Northwest	431	39 407	553 245	51 865	68 459	88 573	2 184	7 617	780	9 184	(277)	478
Southwest	387	32 972	950 572	74 719	47 940	71 789	141	5 612	97	5 937	482	442
United	528	63 612	601 361	66 018	103 857	135 867	1 888	10 619	668	13 398	(1 554)	(3 086)
US Airways	277	26 809	438 625	41 250	37 727	51 474	361	4 925	144	6 762	(421)	(465)
Subtotal	**3 696**	**383 345**	**5 176 832**	**509 779**	**591 628**	**798 659**	**9 083**	**66 931**	**3 318**	**82 277**	**(4 118)**	**(4 703)**
ABX	115	5 799	70 401	-	-	-	700	-	1 115	1 161	42	19
ASTAR[2]	41	933	20 568	-	-	-	348	-	148	153	32	18
Atlas	27	1 006	14 651	-	-	-	3 006	-	n/a	n/a	n/a	n/a
Evergreen Int'l	14	447	8 140	-	-	-	677	-	256	266	44	19
FedEx	324	114 306	359 840	-	-	-	9 487	-	8 377	16 807	474	250
Polar	15	682	5 884	-	-	-	1 115	-	n/a	n/a	n/a	n/a
UPS	246	6 098	139 958	-	-	-	4 624	-	1 215	3 046	228	40
Subtotal	**782**	**129 271**	**619 442**	**-**	**-**	**-**	**19 958**	**-**	**11 111**	**21 433**	**820**	**347**
GRAN TOTAL	**4 478**	**512 616**	**5 796 274**	**509 779**	**591 628**	**798 659**	**29 041**	**$66 931**	**$14 429**	**$103 710**	**($3 298)**	**($4 356)**

[1]Únicamente servicio programado.
[2]Los resultados financieros reflejan el periodo del 14 de julio al 31 de diciembre de 2003.
n/a: no disponible en el momento de la impresión.
Fuente: Air Transport Association, *Reporte anual* (2004).

CUADRO 5 Desempeño de los principales transportistas aéreos de Estados Unidos: puntaje promedio de la evaluación de la calidad de la aerolínea (AQR, *average airline quality rating*)

	2003*		2002**		2001***		2000	
Aerolínea	Puntaje AQR	Posición	Puntaje AQR	Posición	Puntaje AQR	Posición	Puntaje AQR	Posición
Air Tran	−1.05	8	N/A	—	N/A	—	N/A	—
Alaska	−0.74	2	−0.95	2	−1.19	1	−1.54	2
America West	−0.89	4	−1.08	4	−1.75	7	−3.43	10
American	−1.24	11	−1.21	6	−1.58	6	−2.08	6
American Eagle	−2.10	13	−2.42	10	−2.14	10	N/A	—
ATA	−1.17	10	N/A	—	N/A	—	N/A	—
Atlantic Southeast	−5.76	14	N/A	—	N/A	—	N/A	—
Continental	−1.04	7	−1.10	5	−1.77	8	−2.11	7
Delta	−1.24	12	−1.26	7	−1.48	5	−1.47	1
JetBlue	−0.64	1	N/A	—	N/A	—	N/A	—
Northwest	−1.02	6	−1.39	9	−1.38	3	−1.83	5
Southwest	−0.89	3	−1.00	3	−1.42	4	−1.64	3
United	−1.11	9	−1.27	8	−1.97	9	−3.01	9
US Airways	−0.96	5	−0.85	1	−1.24	2	−1.74	4
Industry	−1.14		−1.19		−1.60		−2.05	

* Los puntajes y las categorías para 2003 reflejan la adición de Air Tran, ATA, Atlantic Southeast y JetBlue al grupo de aerolíneas que se rastreó.
**Las categorías para 2002, 2001 y 2000 reflejan la eliminación de TWA del grupo de aerolíneas que se rastreó.
***Los puntajes y las categorías para 2001 reflejan la adición de American Eagle al grupo de aerolíneas que se rastreó.

Nota: El puntaje AQR es un promedio ponderado de lo siguiente: puntualidad, negación de abordaje, equipaje mal manejado y quejas de los clientes. Los puntajes promedio AQR se basan en los cálculos mensuales del puntaje AQR empleando el método AQR del promedio ponderado. Se usó el año calendario y los puntajes mensuales de AQR se totalizaron y se dividieron entre 12 para llegar al AQR para el año.

Fuente: Average Airline Quality Rating Report (2004).

mero un millón a principios de 1974. (Observe el cuadro 4 donde se presenta una comparación de los ingresos, utilidades y pasajeros del año 2003 para las principales aerolíneas estadounidenses).

Southwest fue la primera aerolínea nacional de Estados Unidos que ganó las tres categorías del reporte de evaluaciones del U.S. Department of Transportation en 1992. Se colocó en primer lugar en el desempeño de la puntualidad y tuvo el número más pequeño de quejas por equipaje perdido y el más reducido de quejas de clientes. Entonces, Southwest procedió a ganar la triple corona para los cuatro años siguientes y se colocó en primer lugar en las Evaluaciones de Calidad de las Aerolíneas en 1993, 1995, 1996, 1997 y 1999.

Aunque 2003 marcó el treceavo año consecutivo de Southwest como el líder de la industria con el menor número de quejas de los consumidores, no había ganado el triple reconocimiento desde 1996.[21] (Observe el cuadro 5 en donde se presentan las evaluaciones de calidad de las aerolíneas desde 2000 hasta 2003).

CULTURA CORPORATIVA

Southwest "ha sido un lugar amigable para las familias; por ejemplo, la administración es muy flexible con la programación. Existe una gran cantidad de libertad para que los empleados intercambien turnos y cosas por el estilo. Las personas se interesan mutuamente por las familias de los demás".[22]

Cada año, la compañía ofrecía un banquete en el cual se reconocía a los empleados sobresalientes, en gran parte a la manera de los premios Emmy. Podía verse a Kelleher durante estas reuniones participando con los trabajadores de todos los niveles de la organización, llamándolos por sus nombres, sonriendo a carcajadas con ellos, y abrazándolos y felicitándolos. Incluso, los clientes participaban en el círculo familiar. Cada mes, Southwest invitaba a los viajeros frecuentes a las oficinas centrales de la compañía para entrevistar a empleados en prospecto, y la lógica de esto era que la empresa quería contratar a personas cuya personalidad se acoplara a la de sus clientes. El papel de Kelleher en la formación de la cultura familiar de Southwest era fundamental. Jim Wimberly afirmaba que Kelleher tenía "el arte natural de realmente estar con una persona, aun si se tratara de una persona en una multitud de 1 000".[23] Kelleher creía firmemente que los empleados que se comprometían con una misión serían más productivos que los no comprometidos, y destinó una gran cantidad de su tiempo fomentando esta actitud: "Southwest tiene sus clientes, los pasajeros; y yo

[21] Southwest Airlines, *Reporte anual* (2003), p. 5.

[22] Thompson y Weiss, "Southwest Airlines".
[23] *Inc.* (enero de 1992), p. 67.

tengo mis clientes: los empleados de la aerolínea. Si los pasajeros no están satisfechos, no volarán con nosotros. Si los empleados no están satisfechos, ellos no proporcionarán el producto que necesitamos".

Una vez cada trimestre, Kelleher se reunía con sus empleados para cargar el equipaje, para servir bebidas a 30 000 pies (9 144 metros) o para entregar pases de abordaje. Todos los viernes, vestía camisas y pantalones cortos de colores, indistintamente de la operación que tuviera que realizarse ese día. Kelleher parecía haber encontrado una fórmula que funcionaba. En 1990, los costos crecientes de los combustibles ocasionaron que Southwest sufriera una pérdida de 4.6 millones de dólares en el cuarto trimestre. Los trabajadores crearon voluntariamente un programa de *Combustibles del corazón* en el cual ellos incurrirían en deducciones a la nómina para comprar combustible para los aviones. Kelleher se sintió tan conmovido que les dedicó su carta de apertura en el *Reporte anual* de 1990: "Ese espíritu de no detenerse en nada y de uno para todos y todos para uno aún permanece en la cultura corporativa de la compañía, en especial entre los trabajadores más antiguos".[24]

DESAFÍOS A LOS QUE SOUTHWEST TUVO QUE ENFRENTARSE

Aunque muchos observadores rápidamente apreciaron el récord de éxito inigualado de Southwest, otros no eran tan entusiastas acerca de su futuro. En sí misma, la industria de las aerolíneas siempre había sido riesgosa. Con la guerra de Iraq, las preocupaciones del SARS, una economía débil, altos costos de energía y amenazas de terrorismo, los primeros años del siglo XXI fueron especialmente difíciles para la industria de las aerolíneas.[25] Desde el 11 de septiembre de 2001, las principales aerolíneas continuaron reportando miles de millones de dólares en pérdidas. US Airways y United Airlines se declararon en quiebra. Otros transportistas mayores redujeron su capacidad, eliminaron puestos de trabajo y redujeron drásticamente los costos en un esfuerzo por sobrevivir.[26]

A pesar de que Southwest consiguió mantener su rentabilidad frente al turbulento periodo posterior al 11 de septiembre, los primeros años del siglo XXI involucraron nuevos desafíos para la aerolínea. La rotación en la alta administración y una serie de negociaciones intensas de la mano de obra crearon tensión entre la administración y los empleados del sindicato. Las relaciones laborales adversas eran muy inusuales en Southwest, una aerolínea que siempre fue conocida por su cultura de compañerismo y por una administración amigable. Las modificaciones en la seguridad posteriores al 11 de septiembre desafiaron la simplicidad del modelo de negocios cuidadosamente afinado por Southwest, y la llegada de nuevos transportistas de bajo costo que copiaron y mejoraron el modelo de Southwest obligaron a la aerolínea a reconsiderar sus ofertas libres de lujos.

La nueva generación de transportistas de tarifas bajas y de costos bajos

En 2004, el mercado de tarifas bajas que alguna vez dominó Southwest se volvió crecientemente concurrido con muchos transportistas de tarifas bajas y costos bajos que trataban de emular, y en algunos casos, mejorar, el modelo de Southwest. Aunque las aerolíneas vendían más boletos que el año anterior, hallaban difícil obtener utilidades debido a la inundación de tarifas bajas, muchas de ellas provenientes de transportistas de costos bajos.[27] En 2004, los transportistas de tarifas y de costos bajos constituían 18% del mercado; en 2010, se esperaba que constituyeran 50% del mismo.[28]

En la década de 1990, los principales transportistas (US Airways, Continental, United y Delta) experimentaron con sus propias versiones del servicio al estilo de Southwest consistente en ausencia de lujos y bajas tarifas.[29] Ninguno de ellos pudo emular con éxito el modelo de Southwest; sin embargo, la nueva generación de transportistas de bajo costo en realidad resultó ser exitosa. JetBlue se convirtió en el competidor más cercano de Southwest. JetBlue fue lanzada por David Neeleman, de 39 años, un veterano de la industria de aerolíneas que se desempeñó brevemente como vicepresidente ejecutivo de Southwest en 1993. Neeleman consideró que la mayoría de las aerolíneas trataban a sus clientes de una manera inhumana y pensó que podía mejorar el modelo de Southwest.

Al igual que Southwest, JetBlue brindaba un servicio de punto a punto a grandes áreas metropolitanas con tarifas de un promedio alto o a mercados altamente concurridos que estaban mal atendidos. Asimismo, ofrecía un servicio a clientes con bajas tarifas, con un desempeño confiable y de alta calidad. A diferencia de Southwest, JetBlue ofrecía lujosos asientos de piel en aviones nuevos y un servicio de televisión en vivo y gratuito en cada asiento. Además, JetBlue utilizaba una tecnología de punta para agilizar las operaciones, asientos preasignados (para reducir un ambiente de amontonamiento) y nunca sobrevendía sus vuelos. El modelo de JetBlue resultó ser altamente exitoso. Desde el inicio de sus operaciones el 11 de febrero de 2000, partiendo del Aeropuerto Kennedy de Nueva York, la aerolínea logró 12 trimestres rentables consecutivos. JetBlue continuó haciendo alarde de los mejores márgenes en operación de la industria, de niveles superiores para llegadas puntuales y de los costos más bajos por asiento-milla. JetBlue operaba 222 vuelos con una flota de 53 Airbus A320s de una sola clase que atendía a 21 ciudades a lo largo de Estados Unidos y Puerto Rico.[30]

[24] Pat Harris, "SJ-Southwest", http://www.simercury.com (consultado el 7 de marzo de 2001).
[25] Southwest Airlines, *Reporte anual* (2003), p. 5.
[26] *Idem.*
[27] Associated Press, "Southwest Airlines' CEO Parker Steps Down", 16 de julio de 2004.
[28] Dan Reed, "Southwest's Challenges Grow", *USA Today*, 16 de octubre de 2002.
[29] Sullivan, Johnson, Farris y Adams, "Southwest Airlines Coast-to-Coast (Condensed)".
[30] Marlene Friesen y Elliott N. Weiss, "The JetBlue Story" (caso de estudio, UVA-OM-1151), University of Virginia Darden Graduate School of Business Administration, Charlottesville, 2005.

En febrero de 2004, United también lanzó un nuevo transportista de costos bajos y de tarifas bajas denominado Ted el cual ofrecía asientos preasignados, videos de música y episodios de NBC *sitcoms* durante el vuelo; además, obsequiaba margaritas de moda en bares de Atkins.[31] En abril de 2003, Delta lanzó su propia división de descuentos denominada Song la cual se dirigía a las mujeres urbanas de clase acomodada, e hizo que los asistentes de vuelo se presentarán en uniformes diseñados por Kate Spade. Song brindaba martinis de manzana, capuchinos con bizcochos y una banda de ejercicio, pelotas para ejercicio y manuales técnicos durante el vuelo (por una cuota de 8 dólares).[32] Song planeaba ponerse al nivel de JetBlue en su lucrativa ruta de Nueva York-Fort Lauderdale.[33] Otros inicios exitosos que emularon el modelo de Southwest incluyeron a AirTran Airways, Midwest Express, Frontier Airlines, American Trans Air (ATA) y, en Europa, EasyJet.[34] El fundador de Virgin Atlantic, Richard Branson, también evaluó el lanzamiento de una aerolínea en Estados Unidos.[35] "Es una guerra de entretenimiento" —afirmó Stan Hula, vicepresidente de planeación de ATA—. "Las aerolíneas solían volar con alimentos, lo cual aburre a los consumidores con el tiempo. Al final, uno debe dar lo que los clientes desean".[36]

The New York Times reportó lo siguiente:

> Todo eso obliga a Southwest a hacer reconsideraciones. Está considerando cambios que podrían haber sido blasfemias para la compañía hace sólo algunos años: la adición de lujos como sistemas de entretenimiento durante el vuelo y la ampliación de su flota más allá de sus confiables jets Boeing 737. Los ejecutivos de Southwest señalan que no se han tomado decisiones firmes y dan la impresión de que la vida será fundamentalmente la misma en la aerolínea conocida por sus antiguos aviones color mostaza y rojo.[37]

LA RESPUESTA DE SOUTHWEST

La existencia de una intensa competencia proveniente de otras aerolíneas con tarifas bajas obligó a Southwest a repensar su modelo. Kelleher afirmó recientemente lo siguiente: "reconozco que debemos cambiar nuestra práctica a menudo a medida que surjan los competidores y que cambien los hechos y las circunstancias".[38] En consecuencia, la aerolínea sin lujos implantó mejoramientos estéticos y tecnológicos, iniciativas que podrían haberse considerado como blasfemias hace sólo algunos años.[39]

En 2001, Southwest empezó a renovar los interiores y los exteriores de su flota de aviones. Actualizó los tradicionales colores oro, rojo y naranja de los exteriores añadiendo un color azuloso. Asimismo, la aerolínea remodeló los interiores de los aviones nuevos y existentes con asientos de piel de color azul e indicó que incluiría asientos con un nuevo diseño para aumentar la comodidad. Southwest también trabajó para que las áreas de sus compuertas fueran más cómodas y más amigables para el viajero. En 2004, Southwest renovó las instalaciones de sus aeropuertos en BWI, Chicago Midway y Houston Hobby. Otros proyectos mayores de expansión estaban en curso en Fort Lauderdale, Las Vegas, Long Island-Islip, Oakland, Orange County, Orlando, Phoenix y Tampa Bay.

En junio de 2003, Southwest anunció que su flota actual y futura de Boeing 737-700s estaría equipada con alillas mezcladas, las cuales aportarían a la flota una apariencia distintiva y tecnológicamente avanzada, y mejorarían el desempeño mediante la extensión del alcance, el ahorro de combustible y la reducción del ruido del despegue y de los costos de mantenimiento de los motores.

Finalmente, Southwest implantó diversas iniciativas tecnológicas para modernizar sus operaciones a través de la automatización; por ejemplo: la aerolínea empezó a utilizar tarjetas de equipaje generadas por computadora en todas sus instalaciones. Estas tarjetas podrían capturar electrónicamente el equipaje verificado por los clientes. En 2004, Southwest planeó usar una tecnología que permitiría a los pasajeros verificar su equipaje y obtener la transferencia de sus pases de abordaje mediante el uso de un kiosco de registro rápido. Además, la compañía planeaba ofrecer a los clientes la capacidad para registrarse y para obtener pases de abordaje en southwest.com.[40]

ASPECTOS LABORALES

Southwest sostenía que su arma secreta seguía siendo la amabilidad de sus empleados. "No ha habido ningún transportista que haya podido igualar a nuestras personas en espíritu y energía y entusiasmo en el largo plazo", advirtió Colleen C. Barrett, presidente y director operativo de Southwest;[41] a pesar de eso, los empleados de Southwest estaban cansados de estar en la mitad inferior de la industria respecto a la remuneración, sobre todo porque trabajaban para una de las aerolíneas más rentables de la nación. Además, cuando la fuerza de trabajo de Southwest creció a más de 35 000 trabajadores, la calidad de la comunicación entre la administración y la fuerza de trabajo se deterioró.[42] Las tensiones entre la administración y los sindicatos de Southwest condujeron a los observadores de la industria a cuestionar si Southwest,

[31] "Low-Cost Airlines-O-Matic; View from the Cheap Seats: D.C.'s Discount Airlines", *Washington Post*, 2004.
[32] Associated Press, "Airlines Hope In-Flight Exercise Will Stretch Market Share", *USA Today*, 9 de julio de 2004.
[33] Arlyn Tobias Gajilan, "The Amazing JetBlue", *Fortune*, http://www.fortune.com/fortune/small business/articles (fecha de acceso tres de junio de 2004).
[34] Sullivan, Johnson, Farris y Adams, "Southwest Airlines Coast-to-Coast (Condensed)".
[35] Gajilan, "The Amazing JetBlue". Para mayores informes sobre el lanzamiento de Virgin Atlantic para una aerolínea estadounidense a finales de 2005, vea http://www.virginamerica.com/Main.aspx.
[36] Ed Sperling, "Cut Costs, Not Services", *Electronic News*, http://www.reedelectronics.com/electronicnews/article/ CA415986 (consultado el 7 de mayo de 2004).
[37] Micheline Maynard, "Are Peanuts No Longer Enough?", *The New York Times*, 7 de marzo de 2004.
[38] David Koenig, "Executive Sparred with Flight Attendants Union", *San Diego Union-Tribune*, 6 de agosto de 2004.
[39] Maynard, "Are Peanuts No Longer Enough?"
[40] Southwest Airlines, *Reporte anual* (2003), p. 2-11.
[41] Maynard, "Are Peanuts No Longer Enough?"
[42] Reed, "Southwest's Challenges Grow".

el transportista estadounidense más fuertemente sindicalizado, continuaría conservando relaciones armoniosas con su personal. Los términos de una negociación reciente con los asistentes de vuelo —y ciertos arreglos anteriores con los pilotos y los mecánicos— generaron preguntas acerca de la habilidad de Southwest para mantener sus costos por debajo de los de la mayoría de los competidores.[43] Los costos totales de mano de obra de Southwest fueron en aumento durante varios años, de sólo una tercera parte de los costos totales en operación a mediados de la década de 1990 hasta 41% de los costos totales en operación en 2003.[44] Por otro lado, en los seis primeros meses de 2004, los costos de mano de obra de Southwest se incrementaron 6% en comparación con las mismas fechas de 2003, lo que favoreció a impulsar sus costos por pasajero a nuevas alturas.[45]

El incremento en los costos de la mano de obra fue el resultado de negociaciones contractuales con los sindicatos de Southwest en los últimos años, los cuales, como lo indicó la misma aerolínea, habían traído como consecuencia una compensación más alta y un mejoramiento de los beneficios para nueve de sus grupos sindicales.[46] El 30 de julio de 2004, los asistentes de vuelo de Southwest ratificaron un nuevo contrato, retroactivo al mes de junio de 2002, el cual les proporcionaba un promedio de un aumento de 31% en su remuneración a lo largo de seis años.[47] Dicho acuerdo resolvió una disputa laboral de dos años con los asistentes de vuelo de Southwest y los convertiría en los asistentes mejor remunerados en la industria en 2007.[48] Además, los pilotos de Southwest estuvieron de acuerdo con una extensión contractual de dos años que los puso más cerca de lo que ganaban sus contrapartes en las principales aerolíneas, y la mecánica de Southwest también ratificó un nuevo contrato, pero sólo tras rechazar un trato anterior.[49] Gary Kelly, el nuevo director ejecutivo de Southwest, indicó que se necesitaban nuevos y costosos contratos de mano de obra para conservar la aerolínea desplazándose hacia adelante, aunque advirtió lo siguiente: "estamos empujando la frontera de lo que podemos afrontar con nuestros sueldos".[50]

ROTACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN

El 16 de julio de 2004, James Parker, director ejecutivo de Southwest Airlines, anunció que dejaría su puesto, citando algunas razones personales para su retiro.[51] Parker, quien fue nombrado en su puesto por Kelleher desde hacía tres años, fue reconocido por guiar a Southwest a través del turbulento periodo posterior al 11 de septiembre de 2001; de hecho, Southwest era la única aerolínea grande que presentó una utilidad en todos los trimestres posteriores a los ataques terroristas del 11 de septiembre.[52] Parker, un abogado en materia laboral, fue la mano derecha de Kelleher desde 1994; condujo al equipo de negociaciones de la aerolínea hasta el mes de abril de 2004, cuando las negociaciones se detuvieron.[53] Cuando el sindicato atacó a Parker en forma personal, Kelleher tomó cartas en el asunto para concluir las negociaciones. Parker anunció su retiro tres meses más tarde.

Southwest afirmó que Gary Kelly, su antiguo director financiero de 49 años de edad, reemplazaría de inmediato a Parker.[54] Kelly se unió a Southwest como su contralor en 1986, y se desempeñó como vicepresidente ejecutivo y director financiero de Southwest desde 2001.[55]

Durante años, los observadores de la industria se preocuparon de que Southwest continuara progresando una vez que se retirara Herb Kelleher. Éste había creado una cultura en Southwest que demostró ser una fuerte ventaja competitiva. Desde la salida de Kelleher en 2001, Parker garantizó que Southwest seguiría siendo rentable; sin embargo, en 2004, aparentemente la cultura colegial de Southwest estaba mostrando signos de cansancio. ¿Podría Kelly mantener la rentabilidad de la aerolínea y asegurar a la vez la continuidad de la cultura única de Southwest?

Preguntas de análisis

1. ¿A qué atribuye usted el éxito de Southwest Airlines?
2. ¿Qué tan significativo es el tiempo de aterrizaje y despegue de 10 a 15 minutos de las aeronaves de Southwest en términos de los ahorros en inversiones y la utilización de sus aviones en comparación de la competencia?
3. ¿A qué desafíos se enfrentará Southwest en el futuro y cómo deberían resolverse?
4. ¿Cuál debería ser su estrategia de negocios y de operaciones para el futuro?
5. ¿Podrá Gary Kelly, el nuevo director ejecutivo, mantener la rentabilidad de Southwest Airlines y asegurar al mismo tiempo la continuidad de su cultura única?

---

[43] David Koenig, "Southwest Flight Attendants OK Contract", Associated Press, 30 de julio de 2004.
[44] Southwest Airlines, *Reporte anual* (2003).
[45] Koenig, "Southwest Flight Attendants OK Contract".
[46] "SWA Takeoff", http://www.southwest.com/swatakeoff/ labor_relations.html (consultado el 9 de junio de 2004).
[47] Koenig, "Southwest Flight Attendants OK Contract".
[48] *Idem*.
[49] Reed, "Southwest's Challenges Grow".
[50] Koenig, "Southwest Flight Attendants OK Contract".
[51] Southwest Airlines, "Southwest Airlines Announces Executive Changes", boletín de noticias, 15 de julio de 2004.
[52] Southwest Airlines, *Reporte anual* (2003).
[53] Reuters, "Southwest Airlines CEO Resigns", *Airwise News*, 15 de julio de 2004.
[54] Southwest Airlines, "Southwest Airlines Announces Executive Changes".
[55] *Idem*.

Caso de estudio División de servicios de campo de DMI

Diversified Manufacturing, Inc. (DMI) era una compañía multimillonaria en dólares con oficinas centrales en Denver, Colorado, la cual manufacturaba y distribuía una amplia variedad de equipos electrónicos, fotográficos y reprográficos que se utilizaban en muchas aplicaciones de ingeniería y de sistemas médicos. La mayoría de las utilidades de la empresa provenían de la venta de productos consumibles (películas y suministros) que se usaban en las máquinas de DMI. Los clientes compraban las máquinas con base en el precio, las características, la calidad y los servicios; sin embargo, los servicios de campo se estaban volviendo más importantes en las decisiones de compras de máquinas nuevas. De acuerdo con muchos administradores de la división de servicios de campo de DMI, el servicio de campo no se consideraba como una parte fundamental de la estrategia corporativa de DMI.

La división de servicios de campo (FSD, *Field Service Division*) de DMI empleaba aproximadamente 550 técnicos de servicios de campo (*techs*) los cuales cubrían el área continental de Estados Unidos. La corporación también proporcionaba servicios en Europa occidental por medio de su subsidiaria europea. Estos técnicos brindaban un servicio importante para casi 240 000 máquinas DMI en Norteamérica. La mayoría de los técnicos se concentraban en grandes áreas metropolitanas.

La división de servicios de campo de DMI se vio afectada por las mismas tendencias que habían alterado a la totalidad de la industria de los servicios de campo:

- Aunque los componentes se volvían más confiables, las máquinas se volvían más sofisticadas y más difíciles de reparar en el campo.
- El cambio tecnológico era rápido y era un desafío que debía enfrentarse y superarse.
- La variedad de productos era crecientemente espectacular.
- Cada día resultaba más difícil encontrar buenos técnicos.

Como resultado de éstos y de otros desafíos, la administración de DMI decidió llevar a cabo la reingeniería de la totalidad del proceso del negocio de los servicios de campo.

GARANTÍAS Y CONTRATOS DE SERVICIOS

Los contratos de servicio contribuían de manera significativa a los ingresos y a las utilidades de la corporación. Las garantías o los contratos de servicios cubrían cerca de 80% de las llamadas de emergencia por servicios de mantenimiento. El otro 20% se facturaba al cliente con base en el tiempo y el costo de los materiales y era muy rentable.[1] Los contratos de servicios especificaban que "en promedio, nuestro tiempo de respuesta estará dentro de *X* horas" donde *X* era el tiempo de respuesta fijado como meta y determinado por una lista desarrollada varios años atrás y que especificaba el tiempo estándar de respuesta por máquinas y por zona geográfica. La zona uno era un área metropolitana mayor; la dos, un área metropolitana menor y la tres, un área rural. Todos los contratos de servicios para un modelo en particular tenían el mismo precio indistintamente del tiempo de respuesta fijado como meta. El tiempo de respuesta característico era de casi cuatro horas.

NATIONAL SERVICE CENTER

El National Service Center (NSC) con sede en un suburbio de Denver, recibía aproximadamente 3 500 llamadas diarias. Casi 2 000 de ellas se relacionaban seguimientos a llamadas de emergencia, los cuales podían ser respecto a llamadas iniciales o por un servicio retrasado y muchas provenían de clientes que querían saber cuándo llegaría el técnico. El NSC se integraba con cerca de 40 personas a cargo de tomar llamadas, quienes eran principalmente empleados de tiempo completo que recibían un sueldo modesto y que trabajaban con base en turnos escalonados para cubrir la totalidad de la jornada de trabajo para ambas costas.

FLUJO DEL PROCESO

Una llamada entrante común de servicio se recibía en el NSC y se encauzaba a una de las personas a cargo de tomar llamadas quienes registraban en la computadora de DMI la información acerca de la máquina, el nombre de quien llamaba, el tipo de problema, etc. En algunos casos, quien tomaba la llamada trataba de ayudar al cliente a resolver su problema. El hecho de evitar una sola llamada de servicio le ahorraba a DMI cerca de 250 dólares; sin embargo, las personas a cargo de las llamadas en realidad sólo podían evitar cerca de 10% de las que ingresan para servicios de mantenimiento de emergencia. Si las llamadas de servicio no podían impedirse, quien tomaba la llamada, por lo común, declaraba el siguiente guión: "dependiendo de la disponibilidad de nuestros técnicos, usted debería esperar para ver un técnico en algún momento entre ahora y (ahora +X)". (X era el tiempo de respuesta fijado como meta con base en el número del modelo y la zona). Se brindaba esta información al consumidor porque muchos de éstos querían saber cuándo llegaría un técnico a su sitio.

Las personas a cargo de tomar llamadas ingresaban la información[2] de la llamada de servicios en el sistema

[1] DMI le cargaba a los clientes tiempo y materiales por un mínimo de 250 dólares por cada visita al sitio, lo cual cubría el costo total de la visita. Los márgenes de utilidad sobre las partes de DMI (muchas de los cuales fueron patentadas por DMI) eran tan altos como de 300 por ciento.

[2] El sistema de cómputo de DMI permitía un campo de 32 caracteres para describir el problema de servicios del cliente.

Este caso fue originalmente preparado por el profesor Arthur V. Hill (Curtis L. Carlson School of Management, University of Minnesota) como base para una discusión en clase en lugar de ilustrar el manejo eficiente o ineficiente de una situación de negocios. El caso se basa en una compañía real. Todos los nombres se modificaron para proteger la identidad de la compañía. Este caso fue revisado por Roger Schroeder, derechos de propiedad literaria © 2009 Carlson School of Management, University of Minnesota. No puede reproducirse sin el permiso escrito de la Carlson School of Management, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota 55455, Estados Unidos. Publicado con permiso.

de cómputo de DMI, el cual enviaba, entonces, la información electrónicamente al centro regional de despacho asignado a esa localidad del cliente. DMI tenía cinco centros regionales de despacho con un total de aproximadamente 24 despachadores. La información de las llamadas de servicios se colocaba en la pantalla de una computadora en el centro de despacho. El despachador asignaba el nombre de un técnico que consideraba que sería el candidato más probable para la llamada de servicio, dada la ubicación de la máquina, la ubicación actual del técnico y el perfil de capacitación del técnico.

Después de completar una llamada de servicio, se suponía que los técnicos deberían llamar al despachador en el centro regional de despacho, atender la llamada,[3] y recibir una nueva asignada por el despachador; no obstante, los técnicos no siempre llamaban en cuanto completaban una llamada de servicio debido a la falta de incentivos. Los técnicos se quejaban de que debían esperar demasiado cuando llamaban al centro del despachador temprano en la mañana, después de la comida y tarde durante el día. Los despachadores asignaban llamadas de servicios a los técnicos con fundamento en una revisión visual de la pantalla de la computadora. Luego de recibir la llamada de servicios de un despachador, el técnico le llamaba al cliente para comunicar un tiempo esperado de llegada, manejaba al sitio del cliente, diagnosticaba el problema, reparaba la máquina si algunas partes estaban disponibles en la camioneta y, a continuación, le llamaba al despachador para hacerse cargo de la siguiente llamada. Aunque se había hecho algún intento de que el mismo técnico atendiera siempre los servicios de un mismo cliente, el problema primordial para la mayoría de los despachadores era tratar de obtener un técnico calificado para atender la llamada dentro del tiempo de respuesta fijado como meta. Los despachadores recibían instrucciones de no llamar nunca a los consumidores.

TECNOLOGÍA

La mayoría de los administradores de DMI eran ingenieros y, por lo tanto, personas muy abiertas a las soluciones tecnológicas para los problemas de la administración. Se daba una seria consideración a tres tecnologías: 1) un sistema experto para que los técnicos realizaran un diagnóstico del problema en el campo, 2) un sistema experto para asignar y programar a los técnicos, y 3) un sistema de posicionamiento geográfico que pudiera usarse para dar seguimiento a las localidades en todo momento. DMI ya había invertido en forma significativa en las tres tecnologías.

SUPERVISIÓN

Los técnicos trabajaban desde sus casas y sólo acudían a las oficinas de DMI para recibir capacitación. Ellos guardaban sus partes de servicio en sus minivans. Cada uno de los administradores de servicios del área procuraba visitar a sus aproximadamente 20 técnicos una vez por mes. Los administradores de DMI administraban con base en los números con un énfasis en el porcentaje de llamadas de servicios que cumplían con los tiempos de respuesta fijados como meta. Además, la alta administración se interesó en el porcentaje de llamadas de servicio que eran llamadas con un intervalo corto (SIC, *short interval calls*), es decir, llamadas de servicio que requerían que un técnico regresara al sitio de un cliente dentro de 24 horas después de una reparación.

PROBLEMAS

Llamadas que no eran cubiertas por partes Algunas veces, los técnicos no tenían las partes correctas para una reparación. Cuando esto sucedía, las partes se enviaban por correo expreso al cliente y la reparación se hacía la mañana siguiente. Los técnicos reportaban el consumo de inventario cuando completaban una llamada de servicio. El National Service Parts Center en Denver manejaba una política de uno por uno para reabastecer el inventario de los técnicos a través de un servicio de entrega de dos días. La administración de DMI estaba orgullosa del hecho de que varias empresas grandes y bien administradas establecieran como punto de comparación el sistema de administración de inventario de las partes de servicios de DMI.

Logística de las devoluciones Los técnicos recibían instrucciones de devolver los circuitos reparables y los materiales valiosos[4] a Denver y de manejar los materiales peligrosos adecuadamente. La administración de DMI se preocupaba porque los técnicos eran indisciplinados respecto a la logística de las devoluciones y porque tiraban una gran cantidad de materiales, algunos de ellos peligrosos.

Tiempos de respuesta prolongados Cerca de 20% de las llamadas de servicios no cumplían con el tiempo de respuesta fijado como meta. De manera ocasional, todos los técnicos de un área estaban ocupados en una llamada de servicio, en capacitación o estaban enfermos y fuera de servicio y posiblemente no podrían atender la llamada de servicio durante varios días. Algunos clientes se quejaban de que "nadie se molestaba en llamarnos para hacernos saber que iban a llegar tarde".

Tiempos de viaje El número de técnicos de DMI había declinado durante los últimos años debido a ciertas reorganizaciones, retiros y recortes de costos. En consecuencia, la compañía experimentaba tiempos de viaje más prolongados.[5] La posibilidad de contratar servicios por terceros (atender las máquinas de otra empresa) recibía una seria evaluación.

Medición del desempeño La administración de los servicios de campo de DMI usaba el porcentaje de llamadas de servicios que cumplían con el tiempo de

[3] La atención de una llamada de servicio implicaba reportar el número de la llamada de servicio, la cantidad de tiempo invertida en el viaje, en el diagnóstico y en la reparación y, posteriormente, reportar los números de partes para cada parte usada en la reparación.

[4] Algunas tarjetas de circuitos tenían un valor en libros tan alto como de 6 000 dólares. Muchas tarjetas contenían partes o metales valiosos.

[5] El tiempo de viaje es una función del número de técnicos. Si DMI tuviera más técnicos, contaría con una mayor cobertura de Norteamérica y el tiempo promedio de viaje por llamada disminuiría.

respuesta meta como la principal medida del desempeño; sin embargo, algunos administradores consideraban que otras medidas podrían ser de utilidad. Por ejemplo, un administrador de área quería evaluar a los técnicos en relación con el número de llamadas de servicio atendidas por día.

Utilización Las tasas de llegada de las llamadas de servicio habían disminuido en los meses recientes y los técnicos recibían aproximadamente 2.1 llamadas de servicio por día en promedio. Los técnicos de DMI podrían atender cuatro llamadas de servicio por día si las llamadas estaban disponibles. Algunos administradores, sobre todo aquellos con una orientación más financiera, querían ver una tasa más alta de utilización de los técnicos.

Competencia Históricamente, DMI no tenía competencia y, por lo tanto, tenía márgenes altos. Los competidores japoneses habían ingresado al mercado con tecnologías de productos superiores; de hecho, algunas de las máquinas más recientes de DMI se compraron a Hitachi. El proceso de manufactura de DMI para esos productos consistía en colocar la etiqueta de DMI en la máquinas y embarcarla al cliente.

DESAFÍOS

La administración integró un equipo de reingeniería que constaba de un vicepresidente divisional, un administrador regional, un técnico, una persona a cargo de tomar llamadas, un despachador, una persona capacitada en sistemas de información, una persona para contabilidad y un consultor externo; todos ellos eran personas que vivían y trabajaban en el área de Denver. El equipo de reingeniería estuvo de acuerdo en que el esfuerzo debería empezar con un mapeo del proceso para una llamada de servicio; a pesar de ello, la visión del nuevo proceso era confusa. El equipo solicitaba optimizaciones acerca de nuevas tecnologías, mejores sistemas de información, un solo centro de despacho, una garantía de servicio más fuerte,[6] un nivel de utilización más alto y un mejor sistema de medición del desempeño. ¿Cuál visión era la correcta para este negocio?

Preguntas de análisis

1. Dibuje el diagrama de flujo del proceso para una llamada de servicio. ¿Cuáles son las colas y los retrasos en el sistema y qué puede hacerse para eliminarlas?
2. ¿Cómo podría llevarse a cabo la reingeniería del proceso? Considere algunas tecnologías que pudieran estar disponibles como ayuda.
3. ¿Debería la división de servicios de campo de DMI consolidar los centros regionales de despacho en una sola localidad?
4. Evalúe la garantía de servicio de DMI. ¿Cómo podría mejorarse?
5. ¿Por qué la división de servicios de campo de DMI necesita medir el desempeño del servicio de campo? ¿Cómo debería medirse el desempeño?
6. ¿Cuáles son los problemas estratégicos para la división y la compañía?
7. ¿Cómo podría esta empresa volverse una que aprende?
8. Sugiera un plan de acción para la administración de la división de servicios de campo de DMI. Prepárese para presentarlo al resto de la clase.

[6] El administrador general de la división se preocupó porque una garantía de servicio más fuerte abaratara la imagen de la compañía y descartara la idea con el comentario de que: *no estamos en el negocio de las pizzas*.

En una tarde de un jueves de julio de 2002, Jon Roberts, Josh Flum, Tom Grossi y Mitch Betses entraron a una sala de conferencias atestada de asuntos en las oficinas centrales de CVS en Woonsocket, Rhode Island. Durante varios meses, la sala de conferencias fungió como depositaria de datos, espacio para reuniones y centro neurológico para las iniciativas de servicios farmacéuticos (PSI, Pharmacy Service Initiative) de la compañía. La mayoría de las superficies horizontales estaban sobrecargadas con expedientes, carpetas y libros, y la mayor parte de las superficies verticales estaban cubiertas con pizarrones blancos, notas adheribles, hojas de papel y diagramas de flujo dibujados a mano. Los cuatro hombres despejaron un espacio suficiente para sentarse alrededor de una mesa.

Sus ojos se concentraron en dos piezas de papel recientemente añadidas a la pared más cercana. Una de ellas era una lista de los problemas que el equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos descubrió durante una serie reciente de observaciones en las farmacias de CVS alrededor del país (cuadro 1); la otra era una descripción de los problemas detectados a lo largo del curso de un solo turno por parte de la persona que atendía el mostrador de recepción de recetas médicas en una farmacia (cuadro 2).

Flum miró a Betses:

—Tú nos dijiste que era malo, pero no que fuera tan malo como esto.

—Te dije que había problemas de servicios en nuestras farmacias. Pero, debo admitir que no sabía toda la historia.

—Entonces, ¿qué haremos al respecto?

—Bueno, no podemos tener 67 soluciones para cada uno de los problemas identificados; comentó Roberts.

—Definitivamente no —afirmó Grossi—. Pero, ¿tiene alguna idea de lo que deberíamos hacer? Si usted borrara ese pizarrón y tomara una pluma, ¿podría dibujar el diagrama de flujo correcto para las operaciones de la farmacia?

—En realidad, pienso que podría aproximarme mucho y considero que mi diagrama de flujo se parecería mucho al de ustedes. Simplemente no estoy seguro de qué partes sería fácil implantar y cuáles resultarían muy complicadas. Mitch, usted conoce estos lugares mejor que nadie. ¿Qué tipo de cambios les causarían descontento?

—Cualquier cosa que afecte a la seguridad. Todo mundo —y no sólo los farmacéuticos— están ansiosos de asegurarse de que surtamos las recetas con exactitud y nos preocupemos por la salud de nuestros clientes. Así, por ejemplo, si dijéramos: "en el interés de la eficiencia queremos que el sistema permita un menor número de alertas acerca de las interacciones entre unas drogas y otras", nos matarían. Los farmacéuticos nos echarían por la puerta del frente de sus tiendas y nos dirían que no volviéramos nunca. Y yo no los culparía.

—Entiendo, ¿qué más?

—Cualquier cosa que aumentara los tiempos de espera de los consumidores. Las personas de las farmacias consideran que los clientes, de por sí, ya esperan demasiado al recoger su recetas, en especial durante las horas congestionadas. No están realmente de muy buen humor cuando llegan al frente mostrador y las cosas pueden ponerse muy mal si, después de que han esperado todo ese tiempo, se les dice que su medicina no está lista.

Roberts asintió con la cabeza: "ok. Pásame ese pizarrón blanco y la pluma; éste es el nuevo proceso: no degrada la seguridad en forma alguna; más bien, disminuye el tiempo de espera y mejora la satisfacción del cliente. Desde luego, el hecho de convencer a las farmacias de que es cierto podría no ser muy fácil".

OPERACIONES FARMACÉUTICAS EN CVS

La primera *tienda con valor para el cliente* (CVS) se abrió en Lowell, Massachusetts en 1963. Después de eso, la compañía creció con rapidez tanto de manera orgánica como a través de adquisiciones y, en 2002, CVS era una de las farmacias minoristas más grandes de Estados Unidos, con más de 4 000 tiendas y un ingreso de 24 200 millones de dólares, de los cuales más de las dos terceras partes las generaban las farmacias (vea cuadro 3 donde se presenta información financiera corporativa selecta).[1]

La iniciativa de servicios de las farmacias

A medida que la organización creció, los administradores empezaron a preocuparse de que las operaciones de la farmacia no tuvieran un buen desempeño. Las experiencias tanto de los consumidores como de los empleados indicaban que muchas localidades tenían serios problemas con el servicio al cliente; sin embargo, las operaciones farmacéuticas de la empresa crecieron con la misma rapidez que el promedio de la industria. Algunos interpretaban que, de hecho, eso significaba que CVS no tenía problemas serios de servicio.

Para entender el verdadero estado del servicio farmacéutico al cliente y para hacer cualesquiera arreglos necesarios, CVS lanzó el equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos y lo integró con ejecutivos y administradores de operaciones, incluyendo a Roberts, vicepresidente senior de operaciones de la tienda; Flum, director de tecnología de las tiendas; y Betses, director de operaciones

[1] Las farmacias eran responsables de una parte aproximadamente equivalente a las utilidades de CVS.

El profesor Andrew F. McAfee preparó este caso. Los casos de HBS se desarrollaron sólo como una base para realizar debates en clases, no tienen la finalidad de servir como apoyos, fuentes de datos primarios o ilustraciones de una administración eficaz o ineficaz.

Copyright © 2005 President and Fellows of Harvard College. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación, usarse en una hoja de cálculo o transmitirse en cualquier forma o por cualquier medio —electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o de cualquier otro tipo— sin el permiso por escrito de Harvard Business School. Reimpreso con permiso.

CUADRO 1 **Problemas del cumplimiento farmacéuticos de CVS observados por el equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos**

Ventanilla de depósito de recetas	Ingreso de datos	Producción	Aseguramiento de la calidad	Gavetas de espera	Recepciones
• Nadie atiende en la ventana de depósito de recetas de la tienda • Espera prolongada antes del saludo inicial en la tienda • Nadie responde a la llegada de un cliente en automóvil • Los técnicos deben elegir entre atender a un cliente en la tienda o en automóvil • La ventanilla de atenciones a clientes en automóviles está cerrada • Una larga espera para alguien que está en la ventanilla de atención a clientes en automóviles • Clientes que esperan un reabastecimiento abandonan la tienda a causa de la espera • El proveedor abandonado en espera • El correo de voz del proveedor no se verifica con regularidad • La máquina de fax no se verifica con regularidad • El cliente no puede localizar la ventanilla de depósito de recetas • La entrevista inicial fracasa en la obtención de datos fundamentales • Fracaso para dar una prioridad adecuada a las recetas • Los tiempos de espera exceden a lo prometido • El listado de faltantes (OOS, *out of stock*) no se verifica • El cliente no puede verificar la demografía	• Con frecuencia, surgen dudas que requieren la utilización de guías farmacológicas DUR (Drug Utilization Review) y los RPh deben intervenir • No hay un protocolo claro para resolver problemas de terceras partes • Problemas de terceras partes susceptibles de ser resueltos con solicitud de efectivo • Los pasos que se toman para resolver problemas de terceras partes no se registran en la receta • Un tiempo de espera de 90 minutos en el (IVR) no proporciona un tiempo adecuado para resolver problemas de terceras partes • Clientes no notificados de problemas de terceras partes • Falta de optimización de los procesos de la tienda para el manejo de autorizaciones de reabastecimientos • Falta de una forma estándar para los proveedores por fax • Los faxes y las llamadas a los proveedores no se hacen de una manera oportuna —Se coloca en el buzón de llamadas del médico • El buzón de llamadas del médico no se revisa con regularidad • Al paciente no se le notifica acerca de la necesidad de una autorización de reabastecimiento	• El grupo de recetas llega en forma separada • El técnico no puede determinar si las recetas del IVR son parte del grupo • Incapacidad para dar una prioridad adecuada a la impresión de etiquetas • Primeramente se determina el problema del OOS • El cliente no fue llamado en relación con el OOS/parcial • OOS no fue ordenado a partir del OV • Las canastas entregadas para aseguramiento de la calidad están fuera de prioridad	• Rx fue llenada incorrectamente. • La imagen de la píldora no aparece en el sistema • La imagen de la copia impresa no aparece en el sistema/es ilegible • RPh ocupado en otras estaciones, se queda por detrás del aseguramiento de la calidad • RPh deja de anunciar las recetas P4 y P3	• La orden completada se archiva incorrectamente • No se mantienen grupos de recetas • Las "zonas verdes" no se limpian con regularidad	• El técnico/PSA no puede encontrar la receta • El técnico/PSA encuentra una parte del grupo de recetas • El técnico/PSA no sigue ningún proceso para encontrar la receta • El técnico no puede explicar adecuadamente el problema de la seguridad • El técnico no está seguro si el médico llamó en relación con un reabastecimiento • Personal desatento • RPh no hace ningún esfuerzo para ayudar a resolver problemas • Filas largas en los puestos de recepciones • No se abren registradoras adicionales para facilitar el tráfico • Nadie responde a un cliente en automóvil • No hay ninguna registradora de efectivo en los puestos de atención a clientes en automóviles • El técnico/PSA se ve obligado a elegir entre la cola en el área de recepciones y un cliente en automóviles • El área de servicio a clientes en automóvil está cerrada • Una larga espera detrás de alguien que se encuentra en el área de servicio en automóviles

- La receta ha sido mal archivada en las ranuras del organizador
- Los clientes que no solicitan reabastecimientos pueden esperar hasta tres días
- Información incompleta tomada a partir del proveedor
  –En un momento posterior, el cliente no puede localizarse en el sistema
- Las llamadas y los faxes del proveedor no pueden recibir una prioridad como P2

- El IVR mantiene las recetas que necesitan una autorización de reabastecimiento en una cola D.
- La cola IVR D no se verifica rutinariamente
- IVR le informa al paciente que el escrito sin una autorización de reabastecimiento puede estar listo después de cinco horas
- Una persona en el DE no puede leer la escritura del proveedor
- Una persona en el DE no puede leer la escritura del técnico
- El medicamento prescrito ya no se produce/dosis incorrecta

OOS:	Agotado
DUR:	Revisión de utilización de drogas
RPh:	Farmacéuticos
IVR:	Respuesta de voz integrada (sistema automatizado que le permite a los consumidores llamar por teléfono para solicitar un reabastecimiento)
MD:	Médico
DE:	Ingreso de datos
Rx:	Receta
PSA:	Asociado de servicios de farmacia

Fuente: CVS.

CUADRO 2 Problemas a los que se enfrentan los técnicos que integran la ventanilla de recepciones de recetas CVS, como lo observaron los miembros del equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos

Algunas de las cosas que se escuchan en un día común	En un turno de ocho horas en la caja registradora
"¿Para qué son estos 400 dólares? Siempre pago 15 dólares por cualquier medicamento".	80 Número total de clientes atendidos
"No me quitaré de este sitio hasta que aclaremos esto. No estoy pagando tanto dinero. Esto debe ser una broma".	32 Total de clientes con problemas • 21 Clientes que esperaron más tiempo del que creían • 16 Clientes con órdenes no listas/completas[a] • 9 Los clientes pagan más de lo esperado[b] • 4 Los clientes se quejan acerca de los problemas relacionados con las tiendas (por ejemplo, cupones, ventas, almacenes)
"Usted perdió mi recetas. Estoy cansado de esto todo el tiempo. ¿Por qué nunca puede usted hacer nada correctamente?"	10 Número de veces que se formuló al técnico una pregunta que no estaba calificado para responder
"¿Dónde están mis otras recetas?"	4 Número de veces en las que el cliente abusó verbalmente del técnico
"No estoy seguro de cuántas recetas tengo".	0 Número de problemas en los que el técnico considera que fue responsable
"¿Qué significa que usted no pueda encontrar mi orden?, llamé el día de ayer".	
"¡Hablé con alguien hace cuatro días para asegurar que mi orden estuviera lista, y usted me dice que todavía no lo está!"	

Fuente: CVS.

[a] Incluyó situaciones de mercancía agotada, reabastecimientos parciales en los que el cliente no es previamente contactado, requisición de autorizaciones de reabastecimiento, terceras partes.

[b] Incluye rechazos de terceras partes subsanados en efectivo y malos entendidos del cliente sobre la cobertura de la póliza.

CUADRO 3 Datos financieros históricos de CVS (millones de dólares)

Año	2002	2001	2000	1999	1998
Ingreso neto en operaciones	24181.5	22241.4	20087.5	18098.3	15273.6
Costo de los bienes vendidos	18112.7	16544.7	14725.8	13236.9	11134.4
Margen bruto	6068.8	5696.7	5361.7	4861.4	4139.2
Gastos operativos & D. D. & A	4862.6	4577.1	4058.2	3725.9	3198.7
Utilidad en operación	1206.2	1119.6	1303.5	1135.5	940.5
Gastos no operativos	50.4	−288.0	98.5	59.1	−127.7
Ingreso antes de impuestos	1155.8	1407.6	1205.0	1076.4	1068.2
Impuestos sobre ingresos	439.2	296.4	497.4	441.3	306.5
Intereses minoritarios	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Utilidad neta	716.6	413.2	746.0	635.1	384.5
Margen neto	**2.96%**	**1.86%**	**3.71%**	**3.51%**	**2.52%**
Inventarios	4013.9	3918.6	3557.6	3445.5	3190.2
Cuentas por cobrar	1019.3	966.2	824.5	699.3	650.3
Efectivo y equivalentes de efectivo	700.4	236.3	337.3	230	180.8
Otros activos circulantes	248.5	333	217.2	233.2	327.9
Total activos circulantes	5982.1	5454.1	4936.6	4608.0	4349.2
Propiedad, plan y equipo	2215.8	1847.3	1742.1	1601	1351.2
Otros activos no circulantes	1447.4	1326.8	1270.8	1066.4	985.8
Total activos	9645.3	8628.2	7949.5	7275.4	6686.2
Rotación de los activos	**2.51**	**2.58**	**2.53**	**2.49**	**2.28**
ROA	**7.43%**	**4.79%**	**9.38%**	**8.73%**	**5.75%**
Cuentas por pagar	1707.9	1535.8	1351.5	1454.2	1286.3
Otros pasivos circulantes	1398.0	1530.1	1612.6	1435.7	1847.0
Total activos circulantes	3105.9	3065.9	2964.1	2889.9	3133.3
Pasivos no circulantes	1342.4	995.4	680.8	705.8	442.3
Total pasivos	4448.3	4061.3	3644.9	3595.7	3575.6
Capital contable	5197.0	4566.9	4304.6	3679.7	3110.6
Total pasivos y capital contable	9645.3	8628.2	7949.5	7275.4	6686.2
Apalancamiento (Capital contable/Total activos)	**0.54**	**0.53**	**0.54**	**0.51**	**0.47**
ROE	**13.79%**	**9.05%**	**17.33%**	**17.26%**	**12.36%**

Fuente: Standard & Poor's Research Insight.
Nota: El año fiscal termina el 31 de diciembre.

de farmacias. También, en el equipo, se encontraba un supervisor en jefe de la farmacia, un jefe farmacéutico y consultores provenientes de Boston Consulting Group, incluyendo a Grossi.

Entrevistas y análisis

El equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos empezó a recopilar información analizando datos históricos y entrevistando a los clientes actuales y anteriores, así como a los de otras farmacias. Este trabajo confirmó rápidamente que existían problemas en CVS. Como lo explicó Flum:

> Era verdad que estábamos creciendo a las tasas del mercado, pero ello se debía solamente a que los clientes consideraban que nadie más proporcionaba un servicio grandioso. Si ellos venían a visitarnos o permanecían con nosotros era porque pensaban que nadie más podría atenderlos mejor y no por que fuéramos fantásticos. Una de las personas que entrevistamos dijo: "he tenido problemas en CVS, pero ¿por qué habría de cambiar de farmacia? Es probable que todas las farmacias tengan algunos problemas".
>
> Por fortuna para nosotros, ellos también pensaban que era difícil cambiar de una farmacia a otra. Otra persona entrevistada opinó lo siguiente: "ni siquiera sé lo que implica la transferencia de una receta. ¿Tengo que llamarle a mi médico para obtener una nueva receta? Simplemente parece que sería un fastidio".
>
> En realidad, no es un fastidio para el cliente en absoluto. La ley nos obliga a que transfiramos inmediatamente los registros de un cliente a otra farmacia cuando así se nos solicite. Es algo bueno para nosotros que no se nos pida de una manera más frecuente.

Aun cuando los clientes consideraban que cambiar de una farmacia a otra era difícil, un análisis más profundo demostró que muchos de ellos realizaban sus operaciones de negocios en cualquier otra parte año con año. CVS tenía 29.5 millones de miembros de las farmacias al inicio del 2000, un año en el cual el ingreso total para la corporación fue de 20 000 millones de dólares. Los análisis del equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos indicaron que aproximadamente 7.2 millones de clientes regulares de la farmacia abandonaban CVS durante el año.[2] El volumen total de recetas surtidas aumentó durante 2000 porque la compañía también atrajo a 8.5 millones de miembros nuevos regulares a lo largo del año, pero el trabajo del equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos claramente destacó que las deserciones de los consumidores obstaculizaban el crecimiento. Los clientes regulares que desertaron en 2000 se llevaron consigo una cantidad estimada de 55 millones de recetas anuales que, en el caso de haberse surtido por CVS, hubieran aportado 2 500 millones de dólares a los ingresos.

Las primeras entrevistas y análisis también revelaron que diferentes tipos de clientes se retiraban por razones distintas. El equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos dividió a los miembros regulares de la farmacia de CVS en dos categorías: los usuarios poco frecuentes, los cuales surtían un promedio de cinco recetas por año, tenían la mayor probabilidad de desertar debido a la ubicación de la farmacia (vea figura A). Los usuarios frecuentes surtían un promedio de 40 recetas por año y tenían más probabilidades de desertar debido a un servicio deficiente. De acuerdo con Grossi: "consideramos que un mejor proceso de atención y servicio en las farmacias podría evitar entre 60 y 90% de las deserciones de clientes que se debía al servicio. El equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos tenía una gran oportunidad".

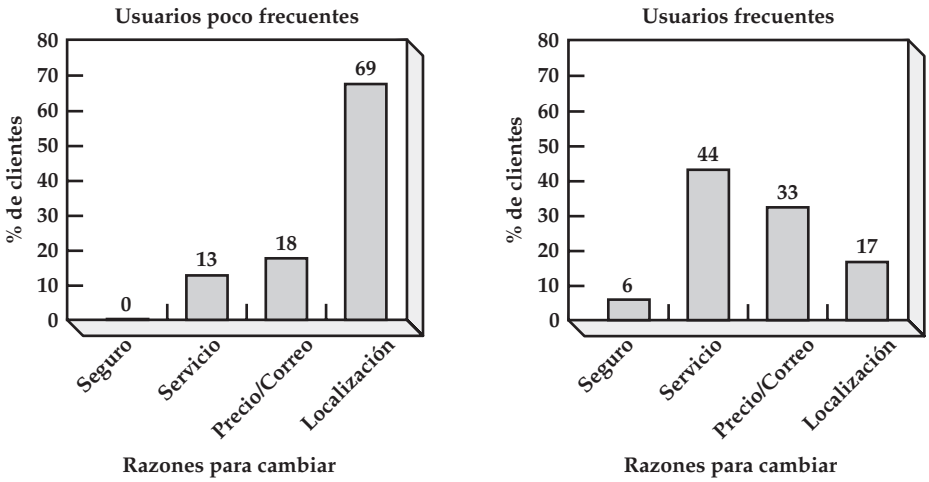
Trabajo de campo

Los miembros del equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos pasaban cierto tiempo en muchas de las farmacias de CVS observando de manera sistemática cómo se surtían o cómo no se surtían las recetas. Además de la amplia lista de problemas (cuadro 1), ellos recopilaban otras evidencias que indicaban que las cosas no estaban funcionando. Aproximadamente una de cuatro recetas experimentaba un problema en algún punto durante el proceso de atención, y 16% de ellas tenían problemas aún no resueltos cuando el cliente recogía su medicina. Esto no sólo hacía más lento el proceso de recepción para otros consumidores, sino que hacía que el hecho de trabajar en la estación de recepciones fuera un trabajo estresante y poco placentero. Durante un solo turno de ocho horas observado por un miembro del equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos, 40% de los clientes presentó una queja. El técnico recibió diez preguntas que no estaba calificado para responder y se abusó verbalmente de él en cuatro ocasiones. Cuando se le preguntó, dijo que consideraba que no era responsable por ninguno de los problemas que los clientes encontraron y que no podría haber hecho nada para evitarlos (cuadro 2). Como lo explicó Betses:

> Las personas que trabajan en el área de recepción tienen la remuneración más baja, son las menos capacitadas, pero nosotros les estábamos pidiendo que hicieran algo que no es ni divertido y es extraordinariamente difícil: lidiar con clientes enojados todo el día. No es de extrañar que muchos de ellos dejaran la empresa después de permanecer en ella menos de un año. Todos nosotros, en el grupo de iniciativas de servicios farmacéuticos, obtuvimos una apreciación real de lo difícil que era trabajar con eficacia en nuestras farmacias. Observamos que las pocas personas que estaban trabajando bien desarrollaban rotaciones de puestos muy elaboradas o estaban haciendo esfuerzos heroicos o ambas cosas.

[2] Además de estos clientes regulares, una cantidad estimada de 10.9 poco frecuentes desertaron en 2000. Ya que los consumidores poco frecuentes contribuían tan poco al volumen total de recetas surtidas por CVS, el equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos no concentró su atención en ellos ni los incluyó en el análisis.

FIGURA A Razones que proporcionaron los clientes anteriores de la farmacia CVS para cambiar a otra farmacia



Fuente: CVS.

EL PROCESO DE ATENCIÓN Y SERVICIO DE LA FARMACIA

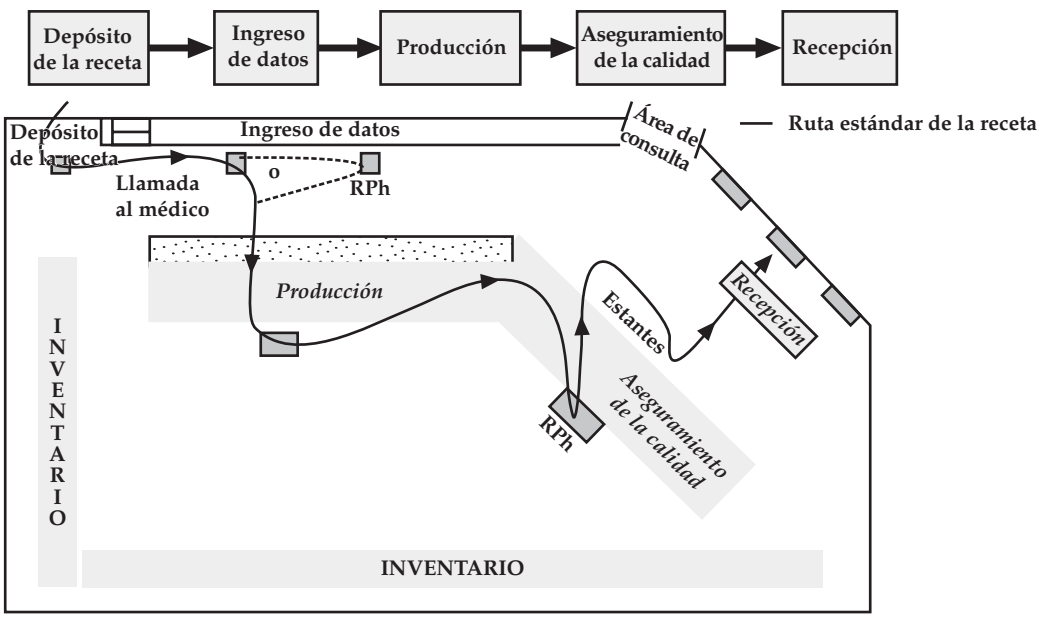
El equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos detectó que, prácticamente, todas las farmacias de CVS seguían el mismo proceso de pasos múltiples para surtir las recetas y experimentaban las mismas excepciones. El proceso constaba de cinco pasos básicos, los cuales se representan en forma de diagramas en la figura B.

Operaciones de depósito de recetas

Cuando un cliente depositaba una receta, un técnico le preguntaba cuándo regresaría a recogerla. El técnico escribía el tiempo de recepción requerido en la receta misma y, posteriormente, la colocaba en una caja que estaba dividida en un número de ranuras. Cada ranura estaba asignada a un periodo específico: 2 p.m., 3 p.m., 4 p.m., y así sucesivamente. El técnico ponía la receta en la ranura correspondiente una hora antes del tiempo deseada para su recepción. Si el cliente deseaba que las recetas se surtieran de inmediato, el técnico la incluía en la ranura correspondiente al momento actual.

Aún cuando los clientes depositaban sus recetas a lo largo de todo el día, los momentos más ocupados en las ventanillas de depósito eran antes del horario laboral,

FIGURA B Flujo básico para el proceso de atención de recetas de CVS



Fuente: CVS.

durante la hora de la comida y después del horario laboral. Indistintamente del momento en el que las depositaran, la mayoría de los clientes querían recoger sus recetas surtidas después del trabajo más que en cualquier otra hora.

Ingreso de datos

Cada hora, un técnico tomaba de la caja de depósito las recetas de esa hora y capturaba todos los datos requeridos acerca de ellas en el sistema de información de la farmacia, una aplicación que todas las localidades utilizaban y que se conectaba a la base central de datos de drogas, prescripciones, clientes, pagos e información de seguros de CVS. Para cada receta, se requería la información de contacto del paciente y del médico, los datos acerca de cualesquiera pagadores de terceras partes como compañías de seguros o empresas y los aspectos específicos de la receta misma: medicamentos, dosis, número de dosis, entre otros.

Revisión de utilización de drogas Tan pronto como el ingreso de datos se terminaba, el sistema realizaba automáticamente una revisión de utilización de drogas (DUR, *drug utilization review*). La DUR verificaba la receta contra todas las demás en la base de datos para ese paciente (en otras palabras, todas las drogas prescritas que había proporcionado CVS al paciente) para ver si existía alguna posibilidad de interacciones dañinas de una droga con otras. Asimismo, la DUR se aseguraba de que la droga fuera apropiada para el paciente, dada la edad, el género y otros datos demográficos del mismo almacenados en el sistema.[3]

Si la DUR revelaba cualesquiera problemas potenciales, los sistemas se detenían y el abastecimiento de la receta no podía proceder hasta que un farmacéutico revisara el DUR. En la gran mayoría de los casos, el farmacéutico no necesitaba implicar al cliente al revisar la DUR. De hecho, muchas personas dentro de la industria consideraban que era mejor que el cliente no estuviera involucrado, razonando que si la DUR daba la impresión de que unas drogas prescritas pudieran ser dañinas, podría ser menos probable que el cliente las tomara.

Todo el personal de CVS consideraba que la DUR era una parte esencial de las buenas operaciones farmacéuticas y del buen servicio al cliente y que la revisión automatizada debería ser muy cuidadosa y conservadora.

Verificación de seguros Después de que la DUR se había completado y que se había revisado cualquier aviso de detención del sistema, el mismo sistema ejecutaba una verificación de seguros. La mayoría de los consumidores de CVS habían conseguido que sus recetas las pagara alguna tercera parte como un patrón, una compañía de seguros o una agencia gubernamental. Estos clientes pagaban sólo una pequeña cantidad de su propio dinero, lo cual se denominaba *copago*, cuando recogían sus medicinas.[4] Los pagadores tenían reglas complicadas acerca de las drogas que estarían dispuestos a cubrir y las condiciones en las cuales las pagarían. La verificación de seguros revisaba que una receta siguiera todas estas reglas. Como lo explicó Flum:

> Uno de los cambios más grandes en nuestra industria es el hecho de que, en años recientes, cada vez más clientes de la farmacia consiguen que una tercera parte ayude a pagar sus recetas (más de 90% de nuestros clientes ahora). Los pagadores instalaron formularios cada vez más complicados[5] para tratar de controlar sus costos, lo cual complica mucho nuestro trabajo.
>
> Supongamos que un médico prescribe una droga que no se encuentra en el formulario de un paciente, lo cual sucede todo el tiempo porque, casi siempre, los médicos y los pacientes no tienen formularios a la mano. Nuestra verificación del seguro es el primer momento en el que alguien se entera de que hay un problema. Entonces, debemos trabajar con el médico, el paciente y el pagador para cambiar la receta. Los pagadores también tienen reglas muy estrictas en relación con los requisitos para permitir que una receta sea reabastecida y, por lo tanto, los pacientes deben esperar más tiempo antes de regresar por un reabastecimiento. Si ellos no esperan un tiempo suficiente, el pagador se rehusará a cubrir la receta. Este tipo de rechazo del seguro se denomina reabastecimiento demasiado rápido, y cada vez estamos viendo más de ellos.

En la mayoría de los casos, el proceso de abastecimiento continuará incluso si se viola una de estas reglas; los empleados de las farmacias CVS tratarán de identificar y de corregir el problema mientras que el proceso continúa o cuando el cliente venga a recoger su receta.

Producción

Las drogas necesarias para surtir una receta se contaban y verificaban por técnicos farmacéuticos certificados en el área de producción, la cual se encontraba cerca de los estantes donde se guardaban las medicinas.

Aseguramiento de la calidad

Después de la producción, un farmacéutico revisaba cada receta para garantizar que contuviera exactamente las drogas correctas en las cantidades correctas y también se aseguraba de que todos los demás detalles fueran correctos. El aseguramiento de la calidad (QA, *quality assurance*) era una de las tareas más importantes de un

[3] CVS mantenía una aplicación separada que le permitía a los clientes requerir un reabastecimiento de una receta por teléfono. El sistema almacenaba las solicitudes de reabastecimiento hasta 1.5 horas antes de la hora requerida para recoger la receta y, posteriormente, las transfería al sistema de la farmacia para que fueran surtidas, iniciando con el DUR.

[4] Comúnmente, los pagos conjuntos eran entre 5 y 20 dólares, lo cual representaba una pequeña fracción del costo de la mayoría de los productos farmacéuticos de tipo no genérico.

[5] Un formulario es un conjunto de reglas que gobiernan las medicinas que una tercera parte habrá de pagar y las circunstancias en las cuales realizarán esos pagos. Con formulario, podría afirmarse, por ejemplo, que una tercera parte sólo pagará una versión genérica de un cierto antibiótico y que sólo pagará 30 dosis por mes. Los formularios eran tan complicados que muchos pagadores trabajaban con compañías separadas denominadas administradores de beneficios farmacéuticos (PBM, *pharmacy benefit managers*) para definirlos, actualizarlos y hacerlos obligatorios.

farmacéutico y nunca se delegaba a un técnico o a otro empleado de la farmacia.

Los pasos que iban desde el ingreso de los datos hasta el aseguramiento de la calidad podían completarse en aproximadamente cinco minutos si no había problemas.

Recepción de los medicamentos

Luego de garantizar la calidad, cada receta surtida se colocaba en una bolsa con un sello. Dichas bolsas se almacenaban en el área de recepción en orden alfabético. Cuando los clientes llegaban para recoger sus recetas, los técnicos que integraban la ventana de recepción buscaban la receta correcta entre las bolsas, verificaban la identidad del cliente y tomaban los pagos requeridos.

PROBLEMAS DURANTE EL PROCESO

Los técnicos de la ventanilla de recepción también trataban con los clientes que no obtenían lo que habían esperado. Con base en sus análisis y sus observaciones, el equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos había estimado que 16% de los consumidores caía en esta categoría. El equipo se sintió incluso más confundido al detectar que 27% de la recetas encontraba un problema sustancial en algún punto del proceso de abastecimiento de la misma.

Depósito de recetas

El único problema sustancial que surgía en este paso, como lo halló el equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos, fue la existencia de una ventanilla de depósito sin personas. Como lo explicó Grossi, los problemas no eran comunes en esta etapa porque "no pasaba nada en la ventanilla de depósito. El cliente simplemente entregaba una receta y se alejaba mientras que el técnico la ponía en la caja correspondiente a la hora en la que se recogería".

Ingreso de datos

Cuando el técnico tomaba las recetas de la caja e ingresaba los detalles dentro del sistema, podían presentarse cierto número de problemas.

No se permitía el reabastecimiento Muchas recetas permitían que el cliente reabasteciera la receta por lo menos una vez; sin embargo, los clientes perdían la cuenta de la cantidad de reabastecimientos que se les permitían y depositaban una receta inelegible. Cuando ello sucedía, el sistema emitía una etiqueta para la receta inelegible, la cual se colocaba en una gaveta denominada "llamadas para el médico". De manera periódica, un técnico tomaba el contenido de esta y realizaba llamadas telefónicas o enviaba un fax a los consultorios de los médicos solicitando su aprobación para reabastecer la receta. Si el técnico lograba contactar al médico de inmediato y si éste aprobaba el reabastecimiento, la receta procedía al siguiente paso en el proceso. Si el médico lo rechazaba, la etiqueta se colocaba en una caja de peticiones negadas cerca del área de recepción; los clientes se enteraban de las negaciones de reabastecimiento cuando regresaban a recoger sus recetas.

Si el técnico no podía localizar al médico de inmediato, la etiqueta se colocaba en una caja para volver a llamarlo. Los problemas que se originaban de las recetas a las que no se permitía el reabastecimiento requerían de 20 minutos a tres días para resolverse, con un tiempo promedio de resolución de un día. Las recetas cuyo reabastecimiento era rechazado representaban 6% del total de la recetas.

Señal de alto proveniente del DUR El DUR generaba una señal de alto para 20% de todas las recetas; más de 90% de las señales de alto eran resueltas por los farmacéuticos sin involucrar al médico que emitía la receta. Como lo explicó Betses:

> El sistema verifica cada receta contra todas las demás de ese paciente surtidas a lo largo de los doce últimos meses; por lo tanto, el DUR para la receta A podría generar una señal de alto debido a la posibilidad de interacción de unas drogas con otras con la receta B, la cual consistía en una serie de antibióticos durante diez días prescritos hace ocho meses. Los farmacéuticos podían eliminar ese tipo de señal de alto tras una cuidadosa revisión. También, podían eliminar otras señales de alto después de llamarle al paciente para determinar, por ejemplo, que su peso era apropiado para la dosis prescrita. En ambos casos, el sistema funciona como se había planeado. Queremos que haya señales de alto siempre que exista incluso una pequeña probabilidad de daño, y pretendemos que los farmacéuticos tomen acciones al respecto rápidamente; sin embargo, en algunos casos, existe un serio problema potencial con la receta tal y como fue escrita. El DUR genera una señal de alto y el farmacéutico debe llamarle al médico para resolver el posible problema.

Verificación del seguro 17% de todas las recetas encontraban un problema durante la verificación automatizada del seguro. La mayoría de ellos eran sencillos de resolver; se debían a errores en la fecha de nacimiento puesta en la receta o al hecho de que el cliente había cambiado de trabajo o de asegurador. Algunos errores de ese tipo los resolvía el técnico de ingreso de datos; otros, requerían una llamada telefónica al cliente. Otros problemas de los seguros eran más difíciles de resolver y requerían de una llamada al asegurador o al médico que había elaborado la receta. Las recetas se surtían incluso si no se resolvían los problemas del seguro. Cuando éste era el caso, se pedía al consumidor que pagara la totalidad de la receta en el momento de recogerla.

Aseguramiento de la calidad y de la producción

El único problema que se identificó en el paso de la producción fue un inventario insuficiente para surtir totalmente una receta puesto que 7% de las recetas tenían faltantes parciales o totales de las medicinas que se solicitaban.

El equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos no halló ningún problema con el aseguramiento de la cali-

dad como se practicaba en CVS. Los farmacéuticos revisaban de una manera diligente y completa cada receta surtida y se aseguraban de que las drogas proporcionadas realmente fueran las prescritas.

Recepción de la recetas por el paciente

Los miembros del equipo documentaron una variedad de problemas en la ventanilla de recepción. Los más comunes eran sorpresas desagradables para los clientes: reabastecimientos no autorizados, recetas en las que el seguro se había negado a pagar o recetas que simplemente todavía no estaban listas. Algunos de éstos impedían el abastecimiento, lo cual ocasionaba que los clientes se retiraran de la ventana de recepción sin medicinas y con una mala impresión del servicio al cliente en CVS. Aun cuando los problemas pudieran resolverse, el proceso de resolución implicaba mucho tiempo y aumentaba el de espera para otros consumidores en la fila. En la ventanilla de recepción, la situación era peor entre las 5 p.m. y las 7 p.m., cuando los clientes acudían después de trabajar a recoger las recetas que habían depositado o que habían solicitado anteriormente. La mayoría de las sucursales de CVS encontraban difícil atender este periodo simplemente porque los empleados de la farmacia no querían trabajar en esa hora. Como se lo dijo un técnico al equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos: "odio el turno de la tarde; pasamos todo el tiempo tratando con personas enojadas y no podemos hacer nada para resolver su enojo".

Flum hizo el siguiente comentario: "el área de recepción de medicinas es donde los clientes hacen cola, reciben malas noticias, se enojan y le gritan al pobre técnico, pero eso no significa que debemos arreglar el área de recepción. Entraña que necesitamos arreglar cualquier cosa que esté causando que el área de recepción no tenga la receta surtida con el monto correcto del pago conjunto listo cuando el consumidor llega al mostrador".

CONCLUSIÓN

El equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos consideraba que tenía mucha libertad para cambiar las operaciones de atención de la farmacia. Su trabajo estaba patrocinado y apoyado por la alta administración y el director ejecutivo, Tom Ryan, declaró que el mejoramiento en el servicio de la farmacia era la iniciativa corporativa más importante para el próximo año; por lo tanto, los miembros del equipo sabían que sus cambios recomendados a las tareas, responsabilidades y procesos serían de mucho peso. Ellos también estaban conscientes de que podrían hacer que los sistemas de información se modificaran, en caso de ser necesario; la tecnología de la información en CVS era parte de la función de operaciones, la cual patrocinó al equipo de iniciativas de servicios farmacéuticos.

Sin embargo, los miembros del equipo se dieron cuenta de que cualesquiera cambios que se hicieran no podrían comprometer la seguridad del cliente. Incluso los cambios que sólo parecieran hacerlo serían difíciles de vender a la organización.

A medida que Roberts bosquejó un nuevo proceso de atención en el pizarrón blanco, Flum, Betses y Grossi se preguntaron exactamente cómo se vería y como sería aceptado por CVS y por sus farmacias.

Preguntas de análisis

1. ¿Qué cambios recomienda usted al proceso actual de atención y servicio de la farmacia CVS? ¿Qué modificaciones en la tecnología de la información se requerirán, si es que hay alguno, para implantar en sus cambios?
2. ¿Cómo puede asegurarse usted de que el nuevo proceso que propone habrá de constituir un mejoramiento sobre el actual? ¿Cómo puede garantizar que no empeorará las cosas?
3. ¿Qué grupos, si es que hay algunos, probablemente tendrán problemas con su solución propuesta? ¿Cómo tratará usted con sus objeciones?
4. ¿Cómo se asegurará de que no exista una recaída (que no habrá cajas de madera en uso seis meses después de hoy)? ¿Cómo puede utilizarse la tecnología para prevenir o para inhibir una recaída?
5. ¿ La iniciativa de servicio de la farmacia constituye una oportunidad significativa para CVS? ¿Tendría el mejoramiento del servicio al cliente algún beneficio financiero significativo para la compañía?

Caso de estudio U.S. Stroller

Clem Hawkins, director de manufactura de U.S. Stroller, se reclinaba en su silla mientras pensaba en los eventos de las dos últimas semanas. El presidente de la compañía, Judy Hawkins, la hermana de Clem, acababa de regresar de una conferencia sobre la manufactura justo a tiempo en la Universidad de North Carolina. Después de la conferencia, ella le hizo el siguiente comentario a Clem:

> Debemos hacer algo en relación con el alto nivel de inventarios, un servicio deficiente a los clientes y los altos costos. Considero que un enfoque justo a tiempo funcionaría bien en nuestra planta de manufactura. En la conferencia de North Carolina, escuchamos hablar de muchas compañías que usaron los sistemas justo a tiempo como una forma para reducir el tiempo del ciclo, para mejorar la calidad y, en última instancia, para reducir el inventario y el costo. En nuestra industria, la competencia busca nuestro negocio, y a menos de que hagamos algo ahora, podemos perder nuestra participación de mercado y nuestros márgenes. Clem, quiero que hagas una revisión profunda de la planta y que regreses conmigo para indicarme cómo podemos proceder a la implantación del enfoque justo a tiempo.

ANTECEDENTES

U.S. Stroller es un líder en la producción y ventas de carriolas para bebé en Estados Unidos. Históricamente, las ha producido de muy alta calidad y se venden a un precio alto. La compañía es conocida por sus diseños innovadores y su buen sistema de distribución. Las carriolas de U.S. Strollers se venden a través de las principales tiendas de departamentos, tiendas de descuento y tiendas de equipos para bebés. Globalmente, en Estados Unidos, 2 000 sitios diferentes distribuyen los productos de la compañía.

U.S. Stroller es líder de mercado desde hace más de 50 años. En la actualidad, tiene 40% del mercado estadounidense; mientras que el competidor Graco, 20% y Kolcraft, 10% del mercado. Otras empresas, cada una con menos de una participación de 10%, poseen la parte restante del mercado, incluyendo a dos japonesas que acaban de entrar al mercado estadounidense. Las corporaciones japonesas parecen vender carriolas de precio bajo que destacan en calidad y confiabilidad del diseño.

U.S. Stroller empezó su negocio en 1934 con la introducción del modelo regular que aún fabrica; aunque este modelo se actualizó a lo largo de los años con ciertas diferencias en la tela y el estilo, el diseño básico todavía es el mismo. El modelo regular puede doblarse fácilmente para almacenarlo o para transportarlo y se vende a 49 dólares al menudeo.

En 1955, la organización introdujo un modelo de lujo que se vende a un precio especial y se orienta al mercado de clase alta. Este modelo ofrece un diseño que permite que la carriola se convierta en una silla para bebé y también puede doblarse para su almacenamiento o transporte. Asimismo, tiene un descanso ajustable para los pies, una canasta de almacenamiento y ruedas frontales giratorias de tipo dual. El modelo de lujo se vende en 99 dólares al menudeo (vea el cuadro 1 donde se presenta una ilustración).

En 1974, la compañía introdujo su carriola para centros comerciales. Este modelo es para uso pesado, no puede doblarse y soporta muy bien el abuso al cual se someten las carriolas en los centros comerciales; el modelo se vende en 149 dólares y se comercializa extensamente en Estados Unidos.

En la actualidad, la empresa vende 106 000 unidades por año incluyendo los tres tipos de carriolas. El monto correspondiente a cada uno de los tipos que se venden se muestra en el cuadro 2. Estos montos se dividen entre 52 para llegar a un consumo promedio semanal. Desde luego, las ventas son irregulares y pueden variar en 25% respecto del promedio de los volúmenes semanales que se ilustran en el cuadro 2. La producción es uniforme, en la medida de lo posible, para lograr una fuerza de trabajo igualmente uniforme.

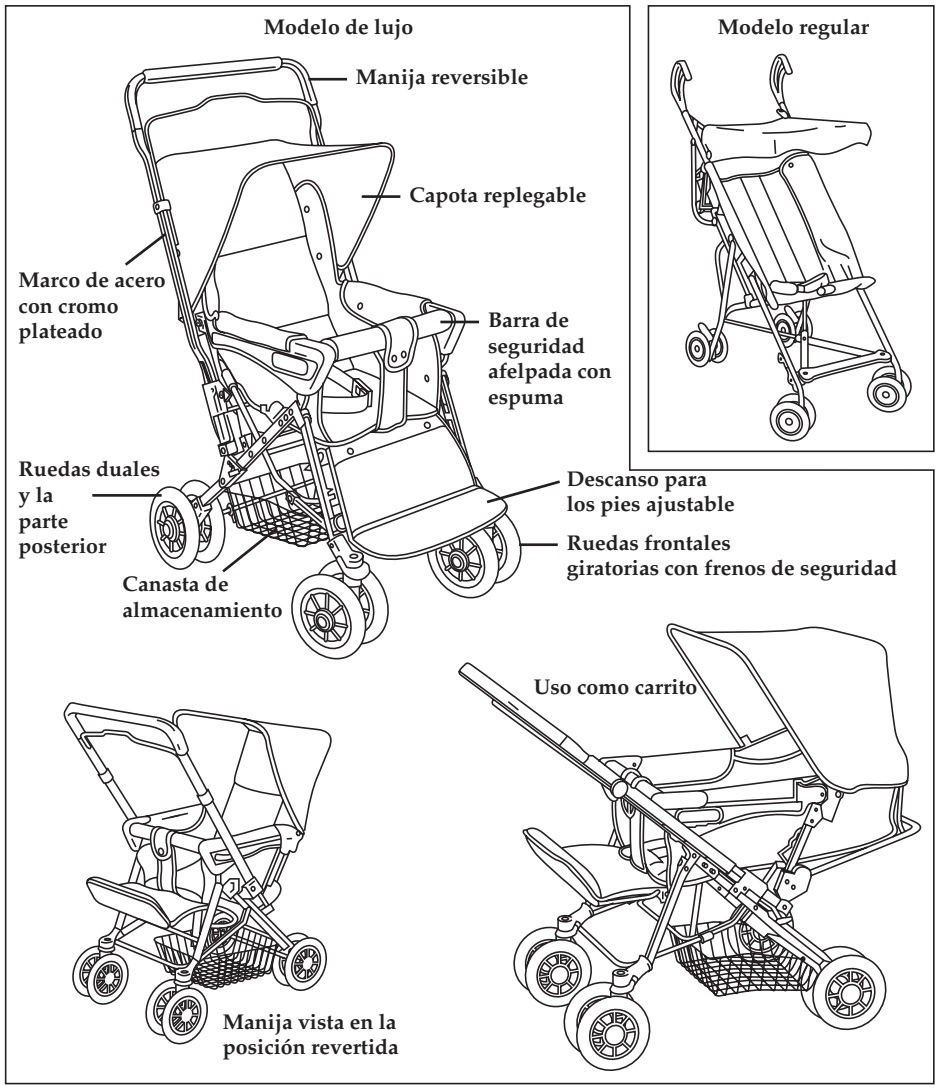
Los estados financieros de U.S. Stroller se presentan en el cuadro 3. Las ventas son de aproximadamente 4.5 millones de dólares por año. La utilidad bruta es de 25% de las ventas y la utilidad neta, después de impuestos, para el año fiscal 2005 fue un decepcionante 2%. Las utilidades han disminuido a lo largo de los dos últimos años debido a reducciones de precio y a la incapacidad para el mantenimiento de los márgenes. El balance general del cuadro 3 señala que los inventarios rotan con mucha lentitud, a una tasa de 2.4 veces por año. La planta está muy automatizada e incluye un equipo actualizado. Sobre una base después de impuestos, la compañía ha ganado 3% sobre los activos netos y 8% sobre el capital contable de los propietarios. U.S. Stroller es una corporación que no cotiza en bolsa.

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Las carriolas que fabrica, constan de entre 20 y 30 partes diferentes. El marco central está hecho de un tubo de cromo plateado. El tubo se compra con una longitud estándar y, posteriormente, se corta al tamaño adecuado, se dobla para darle la forma apropiada y se perforan diversos orificios para el ensamblado. Cada carriola tiene aproximadamente 10 piezas de tubos las cuales se ensamblan en el marco final. Las ruedas de las carriolas se compran a un proveedor externo y se anexan a los marcos. Los asientos y los respaldos acojinados también se compran del exterior. Las carriolas poseen un encaje de madera laminada en el interior del asiento y en el respaldo para darle fuerza adicional. Estas piezas de madera laminada se cortan de hojas grandes de 4×8 pies en la compañía y, luego, se insertan entre las piezas de tela compradas. Además, U.S. Stroller compra otras

Este caso se preparó como una base para discusión en clase y no para ilustrar el manejo eficiente o no de una situación administrativa.

CUADRO 1 Productos de U.S. Stroller



CUADRO 2 Volúmenes de venta

	Ventas anuales	Promedio de ventas semanales
Regular	54 000	1 040
De lujo	24 960	480
Centro comercial	27 040	520
Total	106 000	2 040

partes que se necesitan para fabricar carriolas, que incluyen partes de plástico, pernos, sujetadores, canastas de alambre, entre otras. En forma conjunta, cerca de 50% del costo de una carriola consta de materiales que se adquieren del exterior.

La distribución física de la planta posee varios centros de trabajo, como se muestra en el cuadro 4, los cuales incluyen un departamento de corte de tubos con seis máquinas de corte casi idénticas. Después de que se cortan los tubos, se colocan en un inventario de tubos hasta que el centro de trabajo de doblado de tubos o el de perforaciones los solicita. Dos prensas que se encuentran en el departamento de doblado flexionan los tubos que requieren formas especiales. Los tubos doblados y los que no lo están se llevan al departamento de perforaciones y se agujeran con los orificios adecuados. Se usan plantillas guía para acelerar el proceso y para asegurarse de que las aberturas se localicen en los lugares correctos. Entonces, los tubos perforados se vuelven a incluir en el inventario hasta que los solicita el área de ensamblado final. En el centro de trabajo de perforaciones, existe un total de 10 máquinas distintas de perforación.

El ensamblado final consiste en una línea de ensamble que se usa para los tres tipos de carriolas. Esta línea de ensamble debe cambiarse de un modelo al siguiente de acuerdo con el programa del ensamblado final. El departamento de trabajos de madera consta de una sierra grande

CUADRO 3 Estados financieros ($000): año fiscal que terminó el 1 de julio de 2008

Estado de resultados		Balance general	
Ventas	$4 558	Activos	
		Efectivo	$106
Costo de ventas		Cuentas por cobrar	480
Materiales	$1 682	Inventarios	1 424
Mano de obra	89	Planta, neto	987
Gastos indirectos	842	Total activos	$2 997
Total	$3 418	Pasivos	
		Documentos por pagar	$1 200
Utilidad bruta	$1 140	Deuda a largo plazo	697
Gastos de ventas	$ 462	Capital contable de los propietarios	1 100
Gastos generales y de administración	493	Total pasivos y capital contable	$2 997
Subtotal	$ 955		
Utilidad antes de impuestos	$ 185		
Utilidad después de impuestos	91		

CUADRO 4 Distribución física de la planta

CUADRO 5 Tiempo de preparación de las máquinas para modelos regulares

Centro de trabajo	Tiempo de preparación de las máquinas (horas)
Cortes de tubos	4.2
Perforaciones	2.4
Doblado de tubos	1.6
Sierra para madera	.5
Ensamblado final	2.3
Total	11.0

que se emplea para cortar los encajes de los asientos y de los respaldos a partir de hojas grandes de madera laminada. Estos asientos y respaldos se ponen en el inventario hasta que los requiere el área de ensamblado final. Cuando empieza el ensamblado final, todas las partes están en el inventario o se despachan para elaborar el lote requerido de productos terminados. El envío se realiza tanto dentro de la planta, para obtener las partes que faltan, como con proveedores externos y empieza una semana antes de que el material se necesite a efecto de contar con todos los materiales listos para dar apoyo al programa de ensamblado de la semana siguiente.

Se utiliza un sistema de MRP para planear y controlar los inventarios. Se prepara un programa maestro de producción con una base semanal para un horizonte de ocho semanas hacia el futuro y éste se congela durante cuatro semanas para dar tiempo para fabricar las partes requeridas y para obtener las partes provenientes de los proveedores externos. Cualquier parte que no esté disponible en la empresa cuando se necesita, se solicita durante la última semana, como se describe arriba. Las nuevas órdenes sólo se colocan en la semana 5 o, posteriormente, en el programa maestro.

Los tamaños de los lotes para cada carriola se desarrollan a través del uso de la fórmula de la cantidad económica de la orden. Esto se hace considerando el tiempo de preparación del equipo y los costos de mantenimiento de inventario. La planta se programa sobre la base de lote por lote; por ejemplo, un lote incluido en el programa maestro de producción que incluya 1 000 carriolas ordinarias se traduce directamente en las partes que se requieren para producirlo. Esto incluiría mil manijas para carriolas menos cualquier inventario que estuviera disponible o en tránsito. Debido a la planeación de lote por lote, una preparación de máquinas en la línea de ensamblado final también induce directamente a preparaciones de máquinas a través de toda la planta en las áreas de cortes de tubos, perforaciones, doblados y cortes de asientos. Por lo tanto, el costo total de una conversión en el ensamblado final es el costo de la conversión de la línea final del armado en sí mismo, más el costo de hacer la conversión de todos los demás equipos de producción afectados por los cálculos de lote por lote. Como se presenta en el cuadro 5, para el modelo regular, el tiempo total de preparación de las máquinas asciende a cerca de 11 horas de mano de obra. Actualmente, la tasa de pago

CUADRO 6 Cantidades económicas de la orden

Modelo	*D* Ventas anuales	*C* Costo de manufactura	*S* Costo de preparación de las máquinas	*P* Tasa de producción*	*D* Consumo semanas	1-*D*/*P*	EOQ†
Regular	54 000	$21	$165	2 500	1 040	.584	2 400
De lujo	24 960	$37	$185	2 000	480	.760	1 150
Centro comercial	27 040	$56	$170	1 800	520	.711	960

*Ésta es la tasa máxima de producción semanal para la producción de un solo producto.

†$\text{EOQ} = \sqrt{\frac{2SD}{ic(1 - D/P)}}$

del taller es de 15 dólares por hora, totalmente cargada; así, la preparación de las máquinas para el armado final de un modelo regular tiene un costo de 165 dólares. Similarmente, el costo de la conversión de la maquinaria para el modelo de lujo es de 185 dólares y para el modelo de centros comerciales es de 170 dólares.

El tiempo de preparación de la maquinaria no solamente incluye las conversiones de las máquinas, sino el ingreso de nuevos materiales y el despacho de los antiguos, y la ejecución de una corrida piloto para garantizar que la máquina produzca partes buenas. Aunque deben hacerse preparaciones menores cuando se elaboran partes distintas para la misma carriola, la principal preparación de la maquinaria se asocia con el hecho de cambiar de un modelo de carriola a otro.

Los cálculos de la cantidad económica de la orden se muestran en el cuadro 6. Éstos suponen un cargo de mantenimiento de 25% por año. Observe que la cantidad económica de la orden resultante para el modelo regular es de 2 400 unidades, lo cual representa aproximadamente una semana de producción, ya que la línea puede producir 2 500 unidades regulares por semana cuando la totalidad de ella se dedica al modelo regular. Del mismo modo, el de lujo y el de los centros comerciales requerirán, cada una, de aproximadamente .5 semanas para producir una cantidad económica de la orden.

El cuadro 7 ilustra un programa maestro común de producción el cual se calculó con las cantidades económicas de la orden. Dicho programa se construyó como sigue: suponga que el modelo regular se pone primero en producción. A continuación, se programa en la semana uno un lote de 2 400 unidades de carriolas regulares; sin embargo, pueden producirse 2 500 unidades en una semana y, por lo tanto, con cinco días de producción por semana, el lote de 2 400 unidades implicará 4.8 días (2 400/2 500 $\times$ 5); entonces, se necesitará de un promedio de dos horas por máquina para convertir la línea a la siguiente carriola (tiempo que da como resultado una capacidad perdida). En consecuencia, el resto de la primera semana se dedica a la conversión. Luego, se programa en la semana 2 el modelo de lujo, el cual involucra 2.9 días de producción (1 150/2 000 $\times$ 5 días) para que se produzca la cantidad económica de la orden. Después, se requieren dos horas por máquina para hacer la conversión al modelo de centros comerciales. Este proceso de programación se continúa, lo que da como resultado el programa maestro que se presenta en el cuadro 7.

CUADRO 7 Programa maestro para el mes de julio de 2008

Modelo	Semana 1	2	3	4
Regular	2 400		2 000	400
De lujo		1 150		1 150
De centros comerciales		684	276	324

El inventario se mantiene en productos terminados (765 000 dólares), producción en proceso (322 000 dólares) y materias primas (337 000 dólares). El inventario de productos terminados se distribuye a través de los almacenes que se localizan en Estados Unidos. En cada almacén, se lleva un promedio de 80 días de suministro; son indispensables cuatro semanas para reordenar la fábrica y una para el tránsito. Se mantiene una cierta cantidad de inventario como inventario de seguridad. Del mismo modo, se otorgan cuatro semanas de inventario de producción en proceso para proporcionar una alta utilización de la maquinaria y para facilitar la programación. Asimismo, la compañía mantiene 12 semanas de partes compradas para facilitar la programación con los proveedores y para prevenir que la línea se detenga.

OPCIÓN 1: UN SISTEMA JALADO POR EL MERCADO

Al pensar acerca de un sistema justo a tiempo, Clem Hawkins consideró dos opciones: la 1 implicaba la adopción de un sistema jalado por el mercado para el control del inventario. Con esta opción, se configurarían tres líneas finales de ensamble separadas, una para cada producto terminado, lo que eliminaría las conversiones en el ensamblado final. Además, Clem consideró un ensamblado de modelos mixtos el cual tendría un efecto similar, pero ello podría ser más complicado y requeriría del desarrollo de ciertos trabajos con herramientas para una conversión instantánea de la línea de un modelo al siguiente. Desde luego, la configuración de tres líneas de ensamble, en lugar de la línea actual, demandaría una inversión adicio-

CUADRO 8 Programa revisado-sistema jalado por el mercado

	Semana			
Modelo	**1**	**2**	**3**	**4**
Regular	1 040	1 040	1 040	1 040
De lujo	480	480	480	480
De centros comerciales	520	520	520	520

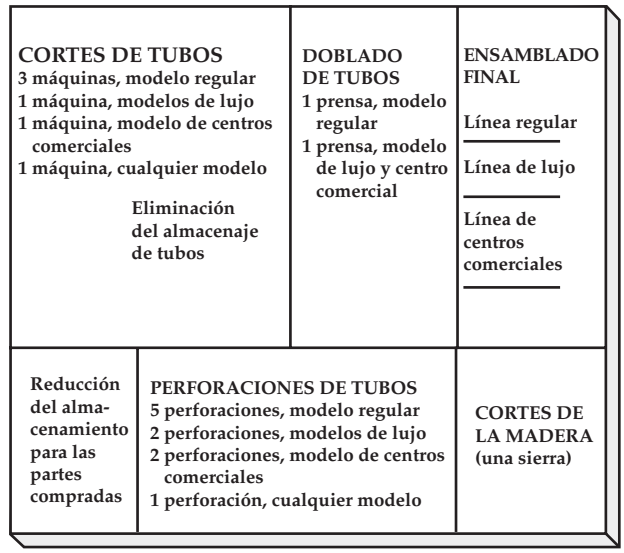
nal (cerca de 200 000 dólares) para las plantillas de guía, las instalaciones fijas y las mesas de ensamblado.

Si se usaran las tres líneas de ensamble, el programa maestro se modificaría radicalmente y se vería como el que aparece en el cuadro 8. Cada semana, se programa la misma cantidad para satisfacer el pronóstico y, con ello, se pone una carga uniforme sobre la planta. Desde luego, tal carga es necesaria para que el sistema jalado por el mercado funcione. Clem pensaba que, asimismo, podría reducir la cantidad de tiempo que el programa maestro se congela a dos semanas; eso haría posible reducir drásticamente los inventarios de los almacenes hasta aproximadamente un suministro de 15 a 30 días. A él le gustaría lograr el lineamiento de que lo que se ordena de los almacenes esta semana se programe para producirse la siguiente.

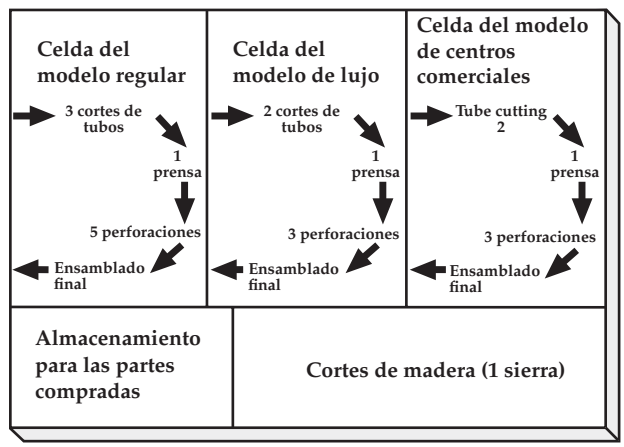
La configuración de líneas permanentes de ensamblado final con un sistema jalado por el mercado también hace posible dedicar ciertos equipos de la planta a cada una de las líneas de producción (véase cuadro 9); por ejemplo: existen seis máquinas para cortes de tubos. Ya que aproximadamente la mitad de la capacidad se dedica a las carriolas ordinarias, tres de los cortadores de tubos podrían configurarse de manera permanente para ese tipo de carriolas . Además, Clem necesitaría 1.5 cortadores de tubos para los modelos de lujo y 1.5 cortadores para los de los centros comerciales, lo que representa un problema: podría dedicarse una máquina a cada modelo o dos a cada uno. Si se repartiera un cortador de tubos a cada modelo, entonces se mantendría una máquina la cual se convertiría cuando fuera necesario entre los diversos modelos. Si se dedicaran dos máquinas a cada uno, se tendría que comprar una máquina adicional. Asimismo, en este caso, habría poca flexibilidad con todas las máquinas aplicadas. De modo similar, podrían destinarse algunos taladros y dobladores de tubos a cada modelo, pero la sierra representa un problema ya que sólo hay una. O bien, debe adquirirse un equipo más pequeño y dedicarse a los modelos, o la sierra podría continuar convirtiéndose para cada producto.

Al emplear el sistema jalado por el mercado, se utilizarán contenedores Kanban para mover el inventario de un centro de trabajo al siguiente. Cuando los contenedores estén llenos en un centro de trabajo, todas las máquinas en los centros de trabajo abastecedores se apagarán, limitando con ello el inventario máximo al número de contenedores totales Kanban que se hayan proporcionado. El cuarto de almacenamiento de tubos se eliminará y

CUADRO 9 Distribución física de un sistema jalado por el mercado, equipo destinado



CUADRO 10 Distribución física celular



la totalidad del inventario se mantendrá en contenedores Kanban en el piso del taller.

Se necesitaría un cuarto de almacenamiento más pequeño para las partes compradas, pero Clem no pensaba que podría proporcionarlas todas directamente al área de ensamblado final, por lo menos no inicialmente. Pero los inventarios comprados podrían reducirse mucho una vez que los proveedores hubieran adoptado también el sistema Kanban. Las partes compradas podrían otorgarse sobre la base de entregas diarias o semanales para todos los artículos de tipo A y de una manera menos frecuente para los artículos B y C.

OPCIÓN 2

Celdas de manufactura

En esta opción, se daría una celda de manufactura para cada modelo. La distribución física se vería aproximadamente como en el cuadro 10. Cada producto se elaboraría

en una celda con forma de "U". En la celda del modelo regular, habría tres máquinas de cortes de tubos, una prensa para doblado, cinco unidades de perforación y la línea de ensamblado final. Este arreglo tendría un equipo dedicado que se localizaría en sitios próximos entre sí. El material fluiría hacia un extremo de la celda y, los productos terminados, hacia el otro. El proveedor entregaría directamente las partes compradas a la celda o en juegos provenientes de un cuarto de almacenamiento central. Un juego completo contendría todas las partes compradas necesarias para ensamblar una unidad del producto final.

Por otra parte, se establecerían dos celdas más: una para el modelo de lujo y otra para el modelo de centros comerciales. Ello requeriría dos cortadoras de tubos, una prensa y tres unidades de perforación en cada una de estas celdas para mantener la capacidad presente; por lo tanto, Clem debería comprar equipos adicionales (una unidad de perforación, una prensa, y una cortadora de tubos) a un costo de aproximadamente 150 000 dólares.

El uso de las celdas entraña varias ventajas. A medida que las cosas se mueven más cerca entre sí, puede mantenerse un control visual de cada celda. Cualquier problema de calidad o de mantenimiento sería muy evidente; además, las personas que trabajan en la celda obtendrían una identidad con el producto en específico que se elaborará. La celda implica menos espacio y brinda la ventaja de una rápida realimentación, ya que todas las partes mantienen una proximidad muy cercana. Desde luego, también se usaría un sistema Kanban para jalar las partes a través de cada una de las celdas.

Muchas de las ventajas de la reducción de inventarios que se describieron podrían obtenerse por medio del uso de las celdas. Como regla general, el rendimiento específico proveniente de una celda podría ser incluso más rápido que el sistema Kanban que se expuso en la opción 1. En consecuencia, una celda requeriría menos inventario; por otra parte, una celda aporta menos flexibilidad a los cambios de la demanda, debido a que todo el equipo se dedica a esa línea de productos en particular.

EL DOMINGO POR LA TARDE

Durante el medio tiempo del partido de fútbol americano entre los Vikingos de Minesota y los Osos de Chicago, Clem no pudo evitar pensar en las opciones disponibles para una manufactura justo a tiempo. Él se preguntaba la forma en la que cada una de estas opciones produciría ahorros en costos de producción y en inventarios y consideraba si estas opciones tendrían la misma calidad del producto: ¿la celda produciría un producto con una calidad más alta debido a su cercano control visual? Clem tomó la decisión de que solicitaría un estudio de estas opciones a su asistente, Joan Hankins. Joan había recibido en fechas recientes su maestría en administración de negocios de la UCLA y estaba altamente capacitado para analizar opciones como éstas.

Preguntas de análisis

1. Evalúe la situación actual a la que se enfrenta U.S. Stroller.
2. Exponga los pros y los contras de las opciones que se presentan en este caso.
3. ¿Cuál será el efecto de estas opciones sobre el sistema de MRP actualmente en uso?
4. ¿Qué opción recomienda usted y por qué?

Con el liderazgo de su anterior presidente, Radisson Hotels Worldwide añadió hoteles a la tasa de aproximadamente un hotel cada siete días. La estrategia de crecimiento de Radisson se concentra en los propietarios del hotel y en la tecnología de la información para atraer huéspedes.

En 1997, la estrategia de *crecimiento a cualquier costo* de Radisson lo dejó con una gran diversidad de calidad de hoteles y una imagen de marca no concentrada. La alineación con los propietarios del hotel (más que con los huéspedes del mismo) también parecía ocasionar que el servicio a los clientes y el talento en la administración del hotel se atrofiaran.

Entre 1997 y 1998, Brian Stage, presidente de Radisson, y Maureen O'Hanlon, vicepresidente ejecutivo, tomaron algunas iniciativas para impulsar la organización a convertirse en una marca más concentrada en el consumidor. En sus propias palabras, ellos *redescubrieron que sus principales clientes deberían ser los huéspedes y no los propietarios*.

Varias de esas iniciativas incluían una garantía de servicio, un programa de medición de la satisfacción de los huéspedes, un programa de medición de la satisfacción de los empleados y una iniciativa de tecnología de la información. Stage y O'Hanlon se comprometieron a la creación de los sistemas y los programas que llevarían a Radisson al siglo XXI como una verdadera organización que aprende y que es impulsada por el cliente. La meta era convertir al hotel en la cadena más confiable y respetable del mundo. Tenían la esperanza de que sus iniciativas representaran una contribución significativa para ayudar a Radisson al logro de sus metas.

ANTECEDENTES DE LA COMPAÑÍA

Antecedentes corporativos

Fundada en 1938 por Curtis L. Carlson, Carlson Companies, Inc., era una de las corporaciones no bursatilizadas más grandes de Estados Unidos con ventas totales de 13 400 millones de dólares en 1996 y 20 000 millones de dólares en 1997. Carlson Companies empleó cerca de 130 000 personas en todo el mundo, incluyendo aquellos que trabajaban en operaciones con franquicias y en operaciones administradas. Con oficinas centrales en un suburbio de Minneapolis, Minnesota, la compañía se organizó en cuatro grupos operativos: Carlson Hospitality Worldwide, Carlson Wagonlit Travel, Carlson Marketing Group y Carlson Leisure Group.

En 1998, Carlson Hospitality Worldwide incluía a Radisson Hotels Worldwide, Country Inns & Suites by Carlson, TGI Friday's, Regent Hotels, Italianni's, Friday's Front Row Sports Grill, Friday's American Bar y Radisson Seven Seas Cruises. Radisson Hotels Worldwide operaba, administraba y concedía franquicias a hoteles de plazas de lujo, hoteles de suites, y posadas y centros de veraneo a escala mundial.

Radisson Hotels Worldwide

En 1962, Curt Carlson compró el nacionalmente conocido Radisson Hotel en el centro de Minneapolis. El hotel fue llamado así en honor al explorador francés, Pierre Esprit Radisson, quien exploró la parte del occidente medio de Norteamérica en el siglo XVII.

En 1975, Radisson sólo tenía 10 hoteles, principalmente en la parte del oeste medio de Estados Unidos. Con un compromiso hacia el crecimiento, Radisson se expandió hasta alcanzar 360 localidades con más de 100 000 cuartos en 47 países en 1998. A medida que creció para convertirse en un líder global en la industria hotelera, adoptó el concepto de asociación con las compañías de hoteles existentes en regiones geográficas específicas. Un ejemplo de esta estrategia de asociación fue la creación de Radisson SAS Worldwide, la cual resultó de la asociación de Radisson con el grupo SAS Hotel en Europa y Radisson Moriah Hotel Group en Israel. En 1997, Radisson buscó acuerdos similares de expansión/asociación en Latinoamérica y en la región del pacífico de Asia, y Carlson Hospitality Worldwide anunció planes para incrementar el número de sucursales de 1 100 en 1997 a más de 2 000 en el año 2000.[1]

En 1997, Curt Carlson continuó reteniendo los puestos de presidente del Consejo de administración y director ejecutivo, mientras que su hija, Marilyn Carlson Nelson, era directora de operaciones y vicepresidente de Carlson Companies. El nieto de Carlson, Curtis Nelson, era el presidente y el director ejecutivo de Carlson Hospitality Worldwide. En 1998, Marilyn Carlson Nelson tomó posesión como directora ejecutiva de Carlson Companies. Ella

[1] *Fuente: Carlsonian* 8, núm. 2, marzo/abril de 1997, p. 4.

El profesor Arthur V. Hill (Curtis L. Carlson School of Management. University of Minnesota) preparó este caso como punto de partida para una discusión en clase y no como ilustración de un manejo eficaz o no de una situación de negocios.

El autor desea agradecer a Brian Stage, presidente; Maureen O'Hanlon, vicepresidente ejecutivo de marketing y ventas; Sue Geurs, director, Programa de satisfacción de huéspedes al 100%, y a Scott Heintzeman, vicepresidente de Knowledge Technologies, por su valiosa asistencia al redactar este caso.

Puede encontrarse mayor información en el sitio web: http://www.Radisson.com.

Este caso fue apoyado por el proyecto de investigación de la organización que aprende impulsada por el cliente patrocinado por el Quality Leadership Center de la Universidad de Minnesota.

Derechos de propiedad literaria @ 2002 HNS, 10316 Meade Lane, Eden Prairie, MN. Revisado el 11 de junio de 2007 por Roger G. Schroeder. El documento no puede copiarse sin el permiso escrito de Arthur V. Hill, ahill@umn.edu. Reimpreso con permiso de Arthur V. Hill.

es considerada uno de los ejecutivos más capaces y poderosos del mundo.

EL DESAFÍO DEL SERVICIO

Stage y O'Hanlon se mostraron muy sinceros en relación con los desafíos a los que Radisson debía enfrentarse. Ellos sintieron una gran necesidad de transformar el *modelo de crecimiento a cualquier costo*, centrado en el propietario, a uno de *líder de los huéspedes*. Como lo afirmó un administrador senior de Radisson: "[…]una marca es una promesa y nosotros hemos faltado a la nuestra […] la promesa de proporcionar consistencia y uniformidad y calidad". Ellos sentían que "[…] no había una definición clara de la marca, de lo que la marca Radisson significaba". Otro administrador de Radisson señaló lo siguiente:

> Era muy fácil ser engañado para que uno sirva al titular de una franquicia. Ellos son (los huéspedes) lo que vemos… pero, al final del día, sólo un cliente es la fuente de efectivo y de ingresos y ésa es la persona que se aloja en la habitación.

A principios de 1998, ellos ya habían "invitado" entre 35 y 40 hoteles para que se retiraran; sin embargo, todavía necesitaban crecer, en particular en algunas áreas donde Radisson estaba poco representado, pero ahora pretendían crecer en calidad así como en el número de sucursales.

Un impreso que se proporcionó en la junta nacional en el mes de marzo de 1998 expuso las cinco estrategias siguientes. (El apéndice uno es un boletín de prensa que brinda más detalles respecto de algunas de tales estrategias).

> ***Estrategia l. Concentración en el cliente*** El concepto se resumió con la siguiente cita: "la calidad y la consistencia le prometen a los clientes una experiencia excepcional en Radisson en todo momento. La atención a nuestro más alto estándar de servicio produce una lealtad a largo plazo de los consumidores y un mayor patrimonio para la marca".
>
> ***Estrategia 2. Proporcionar una marketing y servicios individualizados*** Aquí, la idea fundamental era que Radisson debía aplicar sus avanzadas tecnologías de la información para anticipar las necesidades de los huéspedes, para reconocer sus preferencias y para tratarlos en forma individual.
>
> ***Estrategia 3. Desarrollar hoteles en localidades clave*** Éste era un plan para establecer la marca Radisson en diversos mercados clave de modo que los huéspedes leales de Radisson pudieran encontrar estos hoteles en donde los requerían. Aquí, el plan no era crecer a cualquier costo, sino encontrar hoteles y entablar asociaciones capaces de satisfacer los más altos estándares de calidad de Radisson.
>
> ***Estrategia 4. Apalancar la ventaja de las compañías Carlson*** En este caso, el objetivo era detectar sinergias con los otros tres grupos operativos.
>
> ***Estrategia 5. Reforzar la presencia global de la marca*** Stage deseaba crear un mensaje cohesivo para todas las propiedades Radisson en todo el mundo.

Stage y O'Hanlon iniciaron muchos programas entre 1997 y 1998 para dar apoyo a esas grandes estrategias. Algunos de los programas incluían lo siguiente:

- Programa de 100% de satisfacción del huésped.
- Sistema de información de huéspedes totalmente integrado.
- Programa de medición de la satisfacción de los huéspedes y programa de medición de la satisfacción de los empleados.
- Programa de reconocimiento y recompensas de los huéspedes.
- Programa de hospitalidad genuina.

En la parte restante de este caso, se expondrán brevemente algunos de esos programas.

PROGRAMA DE 100% DE SATISFACCIÓN DEL HUÉSPED

Antecedentes

En 1997, se designó a Sue Geurs como directora del programa de 100% de satisfacción del huésped. Geurs había sido gerente general del hotel en Indianapolis y sabía por experiencia que Radisson ya contaba con un sobresaliente programa de capacitación, "Sí, sí puedo hacerlo", que concentraba la atención en la calidad y la recuperación del servicio. Asimismo, la compañía contaba con un *Programa de segundo esfuerzo*, el cual trataba de recuperar a los huéspedes que llamaban a un número local o a un número 01 800 para presentar quejas.

Geurs empezó sus esfuerzos mediante la lectura de todo lo que pudiera encontrar acerca del tema. Ella realizó una investigación amplia en otros hoteles incluyendo a Hampton Inns y Embassy Suites. Se sintió impresionada sobre todo por un reporte proveniente de Hampton Inn el cual exponía que los clientes con la incidencia más alta de *invocaciones*[2] de su garantía de servicio también eran los más leales.

Justificación financiera

Un análisis financiero de las ventajas y desventajas de la garantía era todo un reto. La norma de la industria de provisiones (ajustes) para quejas de los consumidores era de cerca de 1% de las ventas. No estaba claro si las provisiones aumentarían o disminuirían con la garantía de servicio. El profesor Hill de la University of Minnesota desarrolló un modelo de una hoja electrónica de deserción de clientes que indicaba que el costo de las deserciones de éstos era muy alto y que una garantía de servicio sería muy ventajosa a partir de una amplia variedad de supuestos razonables. El cuadro 1 ilustra este análisis de la hoja electrónica con valores para un hotel hipotético. Los números entre paréntesis son cifras de clientes en cada categoría.

Diseño

Un problema difícil era la redacción de la garantía. Con frecuencia, los libros y los consultores hablaban muy bien

[2] Una invocación era cuando un cliente se quejaba: invocaba la garantía y recibía una noche con una habitación gratis o cualquier otro beneficio.

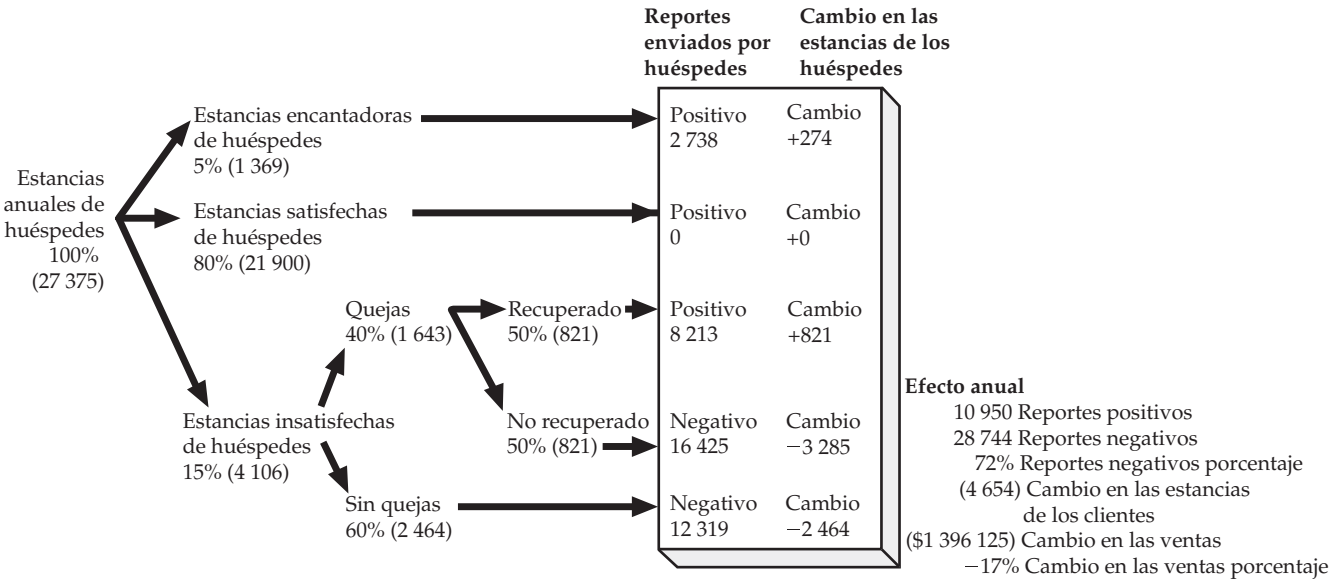
CUADRO 1 Economía de la lealtad de los huéspedes del hotel (con datos hipotéticos)

Parámetros del hotel

300	Habitaciones por hotel
$100	Tarifa diaria promedio
75%	Tasa de ocupación de este año
3.0	Estancia promedio noches/huésped
82 125	Noches de habitación este año
27 375	Estancias de huéspedes este año
$8 212 500	Ventas totales de habitaciones este año

Parámetros de la lealtad de los huéspedes

2	Buenos reportes por una estancia encantadora para los huéspedes.
0	Buenos reportes por una estancia satisfactoria de los huéspedes.
10	Reportes positivos por una estancia recuperada de los huéspedes.
10	Reportes positivos de este año necesarios para obtener una estancia de un huésped el año siguiente.
20	Reportes negativos por una estancia de un huésped no recuperada.
5	Reportes negativos por una estancia insatisfecha de huéspedes que no se quejaron.
5	Reportes malos de este año necesarios para perder una estancia de un huésped el año siguiente.



de la garantía incondicional de satisfacción; sin embargo, Geurs evaluaba una garantía incondicional de servicios de dos pasos que le aportara a Radisson la oportunidad de arreglar el problema antes de que se pagara la habitación del huésped. Una garantía propuesta se redactó como sigue:

> Si usted tiene algún problema, sírvase hacérnoslo saber y nosotros lo arreglaremos o usted no pagará.

Plan piloto del hotel

Con el liderazgo de Geurs, la administración de Radisson decidió lanzar un estudio piloto para evaluar las garantías de servicios en aproximadamente 30 distintos hoteles piloto Radisson en diferentes segmentos y localidades de mercado. El plan consistía en evaluar el hotel piloto mediante la comparación de medidas antes y después a partir de los datos estándar de quejas de satisfacción/lealtad de los clientes (directamente de las tarjetas de comentarios). Dichos datos medían:

- Disposición para regresar
- Porcentaje de defensores
- Porcentaje de desertores
- Porcentaje de quejas

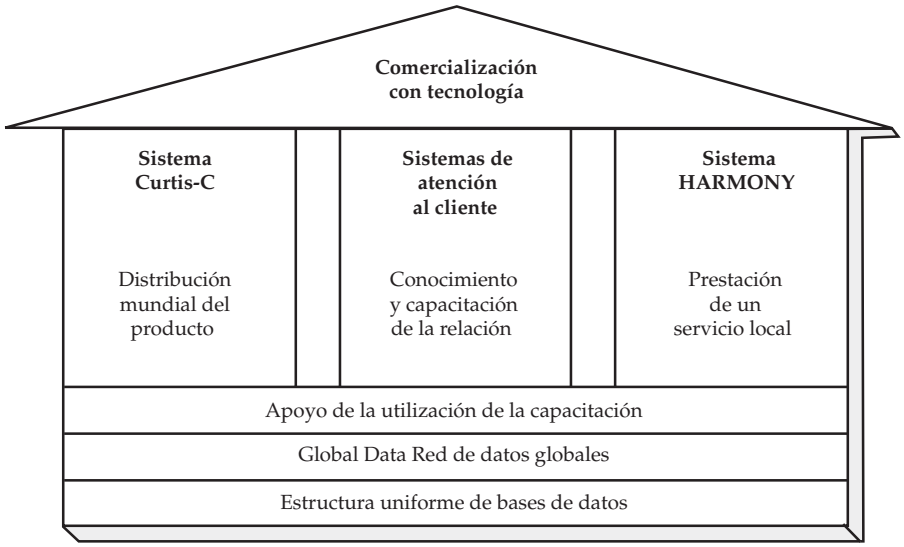
Asimismo, la administración de Radisson planeaba medir el número de veces que se invocaba la garantía y la cantidad de dinero que se gastaba en tales invocaciones. Un equipo de investigación de la University of Minnesota planeaba llevar a cabo una encuesta con medidas antes y después sobre la motivación y visión de los empleados y el aprendizaje del servicio organizacional para discernir la manera en la que la garantía del servicio afectaba a la cultura en los hoteles piloto.

El programa de pruebas piloto de la garantía de servicio claramente necesitaba de un fuerte programa de capacitación para apoyarlo. El programa planeado de capacitación incluía las siguientes iniciativas:

- Mejorar el programa de "Sí, sí puedo hacerlo" como una orientación general para ayudar a todos los trabajadores nuevos a entender la importancia de la garantía del servicio.
- Proporcionar información sobre la garantía del servicio para los administradores generales y para los propietarios con un formato de un día.
- Brindar capacitación para los equipos de administración del hotel en relación con la filosofía y la retribución de la garantía del servicio.
- Instruir a los directores de distrito acerca de las garantías del servicio de modo que puedan ofrecer el liderazgo necesario a sus hoteles.

Geurs sabía que el hotel piloto no podía probar el efecto de comercialización de la garantía del servicio.

CUADRO 2 La comercialización con tecnología



También, que podría convertirse en algo difícil de vender a los propietarios del hotel si el número de invocaciones era elevado y si detectaban que las provisiones sobrepasaban a los beneficios.

A medida que Geurs empezó su trabajo como directora de este nuevo (pero potencialmente peligroso) programa, ella tenía muchos desafíos por delante. Algunos de éstos incluían lo siguiente:

1. ¿Cómo debería Radisson redactar la garantía? ¿Debería ser un proceso de dos pasos?
2. ¿Cómo deberían capacitarse los administradores y los empleados del hotel para el programa?
3. ¿Los trabajadores de Radisson deberían conducir la capacitación utilizando el enfoque de *capacite al instructor* o Radisson debería contratar una empresa de capacitación profesional para efectuar el entrenamiento?
4. ¿Cómo deberían manejar a los hoteles que no adquirieran fácilmente una participación en el programa?
5. ¿La oficina corporativa de Radisson debería pagar las invocaciones para los hoteles de prueba?
6. ¿Qué papel debería desempeñar la garantía en las comunicaciones de marketing de Radisson?

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE HUÉSPEDES TOTALMENTE INTEGRADO

Scott Heintzeman, vicepresidente de Tecnologías del Conocimiento de Radisson, tomó un número de iniciativas para mejorar el enfoque de tecnología de la información de Radisson a efecto de apoyar su estrategia. Como se indica en el cuadro 2, el enfoque de la tecnología de la información incluía tres *pilares*: el sistema de reservaciones con distribución mundial (Curtis-C System), la base de datos del cliente (Customer-KARE Systems) y el sistema HARMONY.

Sistema de distribución del producto

Este sofisticado sistema era un líder mundial en cuanto a reservaciones globales. Ayudó a Radisson a capturar negocios a partir del comercio electrónico y de servicios telefónicos gratuitos que llegaban a 125 países. El sistema mundial de reservaciones por computadora proporcionaba servicios instantáneos y cómodos para los clientes, agencias de viajes y personal de los hoteles. El sistema de reservaciones Curtis-C también podía accesarse a través de sistemas mundiales de reservaciones de aerolíneas. El número telefónico gratuito de Radisson en Estados Unidos (1-800-333-3333) era el más recordable en la industria de los hoteles.

El sistema CustomerKARE

El sistema de conocimiento de los clientes y capacitación de relaciones que se encuentra en la parte superior del almacén de datos de información de Radisson "[…] nos capacita para conocer y formar relaciones con nuestros huéspedes". Esta base de datos tenía por lo menos tres usos:

- El departamento de marketing podía utilizar esta base de datos para observar las tendencias y para administrar campañas directas de comercialización.
- Los hoteles podían tener acceso a los perfiles de los servicios de los clientes con el fin de que pudieran personalizar los programas locales de suministro de servicios (con sensibilidad a la privacidad de los huéspedes).
- Los servicios de reservaciones de Radisson podían facilitar el proceso de reservaciones y adaptar la venta a las necesidades y preferencias del cliente.

Una de las características más novedosas era el sistema de administración de quejas, el cual podía suministrar detalles muy valiosos acerca de 1) hoteles con problemas, 2) clientes con problemas y 3) problemas repetitivos de causa común en la organización o en las regiones. Esta tecnología permitía que los datos fueran seccionados de cualquier manera que lo quisieran los usuarios.

Sistema HARMONY

HARMONY proveía información valiosa estadística/analítica de negocios para la administración del hotel. Éste

era un sistema de información ejecutiva para apoyar al administrador general en la evaluación de la productividad del personal, de los patrones de ventas, de la tasa de rotación de los empleados, etc. Asimismo, daba apoyo a las oficinas corporativas, a los propietarios del hotel y a las compañías de administraciones de hoteles. De acuerdo con Heintzeman: "[…] nuestro siguiente proyecto es crear un sistema de administración de la información en línea para nuestros administradores que incluya los indicadores clave más importantes del desempeño *balanced scorecard,* es decir, una tarjeta marcadora equilibrada de forma que los administradores puedan contemplar un número de indicadores clave del desempeño desde sus computadoras". Esto incluirá una versión en línea/interactiva de su actual reporte *triage* el cual proporciona un conjunto relevante de estadísticas, las cuales le permiten a los administradores evaluar la salud del hotel con mucha prontitud. De acuerdo con la página web de Radisson,

> [HARMONY era] también un vínculo de tecnología entre los Hoteles Radisson y Curtis-C y prestaba información instantánea del perfil de los huéspedes, la cual podría usarse para proporcionar un servicio más rápido y más personalizado a cada cliente.

El plan consistía en que el sistema de administración de la propiedad HARMONY estuviera instalado en todos los hoteles Radisson a finales de 1998. Radisson planeaba aplicar esta tecnología para personalizar aún más los servicios de los huéspedes. (Para mayores informes, consulte el boletín de prensa del apéndice 2).

PROGRAMAS PARA LA MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LOS HUÉSPEDES Y DE LOS EMPLEADOS

Satisfacción del cliente

Como se mencionó, Radisson medía la satisfacción y la lealtad del cliente sobre todo por medio de tarjetas de quejas de los huéspedes del hotel, las cuales medían cuatro variables a lo largo del tiempo:

- Disposición para regresar
- Porcentaje de defensores
- Porcentaje de desertor
- Porcentaje de quejas

La administración de Radisson se preocupó porque el número de respuestas fue muy pequeño y consideró otros medios para recopilar esta información. En un ejemplo extremo, el hotel Radisson Slavjanskaya en Moscú recibió sólo 100 tarjetas de comentarios por mes para 9 000 noches de habitaciones. Una alternativa era contratar una empresa de recopilación de datos (como Gallup) para tomar muestras aleatorias de los huéspedes con la intención de recabar más información detallada acerca de las transacciones.

Desde luego, la meta del programa de medición era cuantificar y incrementar la lealtad. Ésta tenía diferentes aspectos: la lealtad para un hotel Radisson en particular y la lealtad con la marca. La administración de Radisson estaba considerando un programa para incrementar la lealtad, en especial hacia la marca.

Uno de las fortalezas de Carlson Companies desde su fundación fue el desarrollo de programas de reconocimiento, como el Gold Bond Stamps el cual se obsequiaba en tiendas de abarrotes para promover la lealtad de los clientes y, de una manera más reciente, los programas de viajeros frecuentes para muchas aerolíneas. Sin embargo, en 1997, Radisson no contaba con su propio programa de huéspedes frecuentes; su único programa se vinculaba con los de viajeros frecuentes de las aerolíneas.

Satisfacción de los empleados

Varios estudios de investigación han descubierto un fuerte vínculo entre la satisfacción de los empleados y la de los clientes. La administración de Radisson consideró la forma en la que podía medir y mejorar la satisfacción de los trabajadores como parte del programa general. Se dio una cierta reflexión al desarrollo de nuevos programas de lealtad para los empleados de Radisson.

Actualización de 2007

En 2007, Carlson Hotels Worldwide era ya una de las compañías líderes de hoteles a escala mundial con cinco marcas que brindaban lujos a la economía, incluyendo a Regent International Hotels, Park Plaza Hotels & Resorts, Country Inns & Suites, Park Inn y Radisson Hotels and Resorts. Carlson Hotels se concentró en el suministro de un alto valor y de una alta calidad para los viajeros de negocios y de placer.

En 2007, Radisson poseía 400 sucursales de hoteles en 63 países. Había implantado diversas iniciativas encaminadas a la adquisición y satisfacción de los consumidores. Éstas incluían lo siguiente:

- Registro interno en línea previo a la llegada a través de Express Yourself℠.
- Cama diseñada por el cliente a través de Select Comfort℠, disponible únicamente en los Hoteles Radisson.
- El sistema de reservas Curtis-C, también accesible a través de sistemas de reservaciones de aerolíneas.
- Programa de capacitación *Sí, sí puedo hacerlo*, el cual se concentraba en la satisfacción total de los clientes. El programa traducía la filosofía de servicio de la compañía en excelencia hospitalaria para los empleados de servicios de la línea del frente en todo el mundo.
- Recompensar a los huéspedes y a las agencias de viaje con puntos de oro plus℠. Este programa ofrecía a sus miembros la oportunidad de obtener puntos de recompensa más rápidamente que cualquier otro programa hotelero.

Radisson Hotels and Resorts tiene planes de continuar mejorando sus operaciones de servicios de hotel y satisfacción de los huéspedes en forma indefinida hacia el futuro.

CONCLUSIONES

Radisson inició un programa que requería que la administración corporativa llamara a los clientes todos los lunes

por la mañana en respuesta a cartas de quejas. Esta política le ayudó a la administración de Radisson a asumir un papel y una mentalidad más bien de líder de huéspedes. De cualquier manera, O'Hanlon se preguntaba qué más podría hacer Radisson para modificar la estructura y la cultura corporativa con la finalidad de mantenerse cerca de los huéspedes y para volverse un líder de éstos. A medida que Radisson desarrollaba las distintas iniciativas, Brian Stage y Maureen O'Hanlon se preguntaban qué podrían hacer para mejorar sus estrategias y sus iniciativas recientes de calidad. También, si podría haber otros proyectos que deberían estar planteando para acelerar sus esfuerzos de aprendizaje impulsado por el cliente.

Preguntas de análisis

1. ¿Cómo debería definir e implantar Radisson su garantía de servicios?
2. ¿Qué papel debería desempeñar la tecnología de la información al acelerar el impulso para el mejoramiento de la calidad del servicio?
3. ¿Cómo debería medir y mejorar Radisson la satisfacción de los consumidores y la satisfacción de los empleados?
4. ¿Cómo debería impulsar Radisson el compromiso hacia la calidad del servicio a través de su organización de franquicias?
5. ¿Cómo debería alinear Radisson las metas del equipo administrativo, de los trabajadores del hotel, de los propietarios, de la administración corporativa y del personal corporativo con su nueva estrategia de marca?

APÉNDICE 1 Boletín de prensa de Radisson, 23 de marzo de 1998

Radisson Hotels Worldwide promueve una nueva dirección estratégica, los huéspedes son la parte central

LAS VEGAS, Nev. (Mar. 23, 1998). El día de hoy Radisson Hotels Worldwide anunció que la compañía global de hoteles está en la pista seis meses después de introducir las iniciativas clave de su nueva visión estratégica concentrada en los clientes. Este último progreso en su plan estratégico alinea las estrategias globales de desarrollo, de marketing de tecnología y de servicio de la compañía global de hoteles con niveles más altos de calidad de la marca, consistencia y satisfacción del consumidor.

"Habiéndonos expandido rápidamente durante la última década para convertirnos en una marca mundial en la industria hotelera, estamos preparados para llevar a Radisson al siguiente nivel de éxito de una organización impulsada por la calidad y totalmente concentrada en el cliente", afirmó Brian Stage, presidente de Radisson Hotels Worldwide. "A medida que la marca Radisson continúe creciendo y madurando, nos estamos desplazando hacia la meta de una satisfacción de 100% del cliente; un objetivo que es el fundamento de nuestra agenda estratégica para la parte restante de esta década y para el siglo XXI", añadió.

Existen cinco componentes estratégicos clave para la visión de Radisson Hotels Worldwide que Stage ha articulado: la satisfacción del huésped y la consistencia de la marca, marketing y servicio a clientes personalizado, un desarrollo estratégico de los hoteles clave en las localidades principales, una presencia global de marca y el reforzamiento de la sinergia entre las compañías Carlson.

Importancia de poner a los huéspedes primero

Para ser la marca de elección entre los viajeros, Radisson se concentra en la satisfacción de los huéspedes para asegurarse de que reciban un servicio consistente, confiable y libre de defectos en todos los hoteles Radisson, cada día. Recientemente, Radisson llevó a cabo una prueba piloto de un programa de satisfacción del huésped al 100 por ciento.

Esta primavera, la marca empezará a implantar una garantía de satisfacción del huésped en todo el mundo, en cada hotel Radisson. "Cuando los clientes obtienen lo que esperan, y más, en Radisson, regresan una y otra vez", señaló Stage. "Tener un alto número de hoteles y ser ampliamente conocido no es suficiente —advirtió Stage—. La marca Radisson se define por el hecho de proporcionar productos de alta calidad, así como por ofrecer servicios para la comodidad y beneficio de nuestros huéspedes y no para nuestra comodidad […] Es una estrategia que habrá de capacitar la siguiente generación de crecimiento y éxito de la marca Radisson".

Suministro de una marketing y servicios individualizados/personalizados

Concentrándose en la tendencia hacia el incremento de la sofisticación de los clientes, Radisson progresa hacia el uso de una tecnología de vanguardia para confeccionar los servicios de los huéspedes de acuerdo con sus necesidades individuales en cada punto de contacto.

"Desarrollamos nuevos sistemas y procesos que capacitarán a Radisson para que se desplace de un marketing en masa a un enfoque que habrá de crear relaciones fuertes con nuestros mejores clientes —dijo Stage—. Nuestra meta es anticipar y reconocer las necesidades individuales de los clientes y actuar sobre esas necesidades. La mejor forma de ganar su lealtad en el futuro no será por medio de puntos, primas o millas. La siguiente moneda de la lealtad del cliente será la comodidad", explicó Stage.

APÉNDICE 1 (*continuación*)

Radisson empezará pronto a personalizar algunos de sus programas centrales de marketing global para satisfacer mejor las necesidades individuales de los huéspedes. Contar con capacidades avanzadas para recopilaciones continuas de datos de clientes, mejoramientos, análisis y diseminaciones extensivas a todo el sistema le permitirá a la marca ofrecer un servicio personalizado a diferencia de cualquier otra compañía de hoteles.

Desarrollo de hoteles clave en las principales ciudades

A lo largo de los 15 últimos años, las estrategias de expansión de Radisson han hecho que la compañía crezca con rapidez de una cadena regional de hoteles a una marca global con más de 360 hoteles en 47 países. Ahora que Radisson se aproxima a una masa de gran importancia para competir en un ámbito de mercado global, la empresa dirige sus esfuerzos de expansión sobre desarrollos selectivos y estratégicos en los principales mercados con hoteles significativos. Stage indicó que el desarrollo global estará conducido por la creencia de que la calidad y la consistencia del cliente son la prioridad más alta de la organización. Radisson se concentra, con sus titulares de franquicias como socios, en aportar una calidad excepcional de las operaciones y las propiedades y garantizar una experiencia consistente y excepcional para los huéspedes en cada uno de sus hoteles.

"Radisson se compromete a un mejoramiento continuo del producto y ha redefinido las especificaciones para los productos y servicios del hotel Radisson", agregó.

Radisson se concentra en el desarrollo de más hoteles y lugares de veraneo en las principales ciudades y destinos de días de vacaciones con hoteles y centros turísticos que definen la marca y satisfacen los estándares de calidad. "Algunos de dichos desarrollos pueden incluir una participación de capital y la administración por parte de Radisson", comentó Stage.

Desde que Stage se convirtió en el presidente de la marca de hoteles en julio de 1997, se anunciaron varios hoteles nuevos Radisson en ciudades clave como Los Ángeles y Chicago, así como nuevas propiedades de centros vacacionales en Florida. Radisson está finalizando una asociación con el gobierno de Aruba para desarrollar su propiedad en aquel lugar y convertirla en un destino de primera calidad del Caribe. Los planes requieren que el centro vacacional se sujete a una renovación de 35 millones de dólares antes de su reapertura en 1999.

Reforzamiento de la presencia de la marca global

El deseo de Radisson de convertirse en una marca global ha continuado bajo la dirección de Stage. En 1998, Radisson abrió sus primeros hoteles en India y Corea y estará ampliando su presencia en Europa Oriental con hoteles que abrirán en Cottbus, Alemania y Vilna, Lituania. En el Medio Oriente, la marca abrió recientemente dos nuevos hoteles Radisson en Amman y Aqaba, mientras que el hotel Radisson más novedoso de Australia está en Melbourne. En Canadá, Sun Peaks, Columbia Británica, es la casa de un nuevo centro de veraneo Radisson. El crecimiento global de Radisson continuará con la ayuda de fuertes asociaciones que se basarán en el conocimiento local y en los recursos de los escenarios del mundo donde Radisson opera.

Apalancamiento de la sinergia de las compañías Carlson

Encaminándose hacia el milenio, Radisson continuará desarrollando su presencia global, preservando a la vez la integridad de la marca. La compañía buscará oportunidades para capitalizar aún más la sinergia derivada de los cuatro grupos operativos de Carlson Companies, Carlson Hospitality Worldwide, Carlson Wagonlit Travel, Carlson Leisure Group y Carlson Marketing Group. Los intereses de las agencias de viajes de Carlson incluyen a más de 5 300 localidades en 140 países, proporcionando una poderosa red de apoyo para las operaciones del hotel de la corporación: "hacer más fácil que las agencias de viajes de negocios de Carlson hagan sus reservaciones en Radisson nos dará una participación creciente proveniente de los gigantes en la industria de viajes globales".

La dominación del Grupo de Marketing de Carlson de la industria con incentivos multimillonarios en dólares ofrece oportunidades para que Radisson atraiga estos programas lucrativos.

"Ése es un aspecto emocionante en la historia de Radisson —aseguró Stage—. Durante los cinco años siguientes, la empresa solidificará su posición como una marca global líder con un fuerte núcleo de hoteles de alta calidad que se distinguirán por servicios personalizados de alta calidad para satisfacer las necesidades de los clientes individuales. Queremos que nos busquen aquellos inversionistas que respetan el poder de nuestra marca. Al atender a nuestros huéspedes, también podremos atender a nuestros propietarios".

APÉNDICE 2 Boletín de prensa de Radisson, 20 de enero de 1999

La hospitalidad de Carlson en todo el mundo introduce una nueva generación de sistemas centrales de reservaciones; Curtis-C establece nuevas normas de la industria en la sofisticación de la tecnología

OMAHA, Neb. (Ene. 20, 1999). Continuando con el establecimiento de nuevas normas y buscando nuevos horizontes con tecnologías innovadoras, Carlson Hospitality Worldwide introdujo ahora una nueva generación de sistemas centrales de reservaciones, los cuales se denominan Curtis-C (pronunciado como *courtesy*, es decir, cortesía), en sus oficinas centrales de reservaciones mundiales en Omaha, Nebraska. Nombrado así en honor a Curtis L. Carlson, fundador y presidente de la compañía materna Carlson Companies, Inc., Curtis-C ha constituido una jornada de tres años que reinventó el sistema de Carlson para convertirlo en uno de los más sofisticados en la industria hotelera y se terminó sin ninguna interrupción en los servicios de reservaciones.

El sistema Curtis-C se construyó con una arquitectura cliente servidor de tres niveles, una base de datos relacional y una red de datos globales que utiliza las metodologías de sistemas más avanzadas para cosechar los negocios y administrar las operaciones de las marcas de Carlson sobre una base en tiempo real y en todo el mundo. El sistema atiende las operaciones del hotel y de los barcos cruceros de Carlson incluyendo a Regent International Hotels, Radisson Hotels Worldwide, Country Inns Suites By Carlson y Radisson Seven Seas Cruises.

Las personas que se abocaron al nuevo sistema Curtis-C fueron Curtis Nelson, presidente y director ejecutivo de Carlson Hospitality Worldwide; Eric Danziger, presidente de Carlson Hotels Worldwide; y Scott Heintzeman, vicepresidente de Knowledge Technologies para Carlson Hospitality Worldwide. "El nuevo sistema Curtis-C es en verdad un avance tecnológico, —afirmó Nelson—. Es todo un espectáculo de tecnología que nos distingue de la competencia y que establece nuevas normas globales para nuestra industria. También, es un punto de apoyo fundamental para el logro de la visión estratégica concentrada en el cliente de Carlson Hospitality Worldwide para el siguiente milenio", añadió Nelson.

"El proyecto se completó en 'partes' y se diseñó para integrar todos nuestros sistemas mundiales, preparándonos para un crecimiento futuro masivo y nos capacita para concentrarnos mejor en las preferencias individuales de nuestros clientes —afirmó Heintzeman—. Las capacidades de este sistema nos permitirán no sólo tomar reservaciones, sino administrar mejor nuestro negocio y construir relaciones más completas con nuestros huéspedes".

Además de tomar la reservaciones por medio de teléfonos sin costo, a través del Global Distribution System (GDS) y mediante internet, Curtis-C también tiene una interfase con los más de 550 hoteles de la corporación en todo el mundo a través de HARMONY, el sistema de administración de propiedades de la compañía y el sistema CustomerKARE o sistema de conocimiento del cliente y de capacitación de relaciones.

Además de HARMONY y CustomerKARE, los sistemas de la empresa que mantienen una interfaz con Curtis-C incluyen al administrador de bases de datos HARMONY, el cual facilita el acceso al inventario del hotel junto con la capacidad para entregar reservaciones por medio de varios sistemas de distribución; el Guest Communication Manager, un sistema que administra la información de la satisfacción de los huéspedes; y el KnowledgeNet, un sistema de intranet que le proporciona a los hoteles un acceso sencillo a información valiosa de la compañía. Todos estos componentes aportan numerosos beneficios de negocios como la creación y la distribución de productos en todo el mundo en segundos, la obtención de información fácilmente accesible para personalizar la experiencia del cliente, la creación de sinergias entre las aplicaciones y la reducción de los requisitos de recursos y la adaptación a mercados y tecnologías cambiantes. "Curtis-C es la plataforma en la cual estamos construyendo un futuro concentrado en los consumidores", explicó Heintzeman. A continuación se presenta un panorama general de las aplicaciones fundamentales.

Administrador de bases de datos HARMONY

El administrador de bases de datos HARMONY (HDBM, HARMONY Database Manager) es una poderosa plataforma de cómputo. Desarrollada por Carlson Hospitality, el sistema HDBM le proporciona a un hotel un acceso por PC a tarifas electrónicamente actualizadas, disponibilidad y controles de estancia en los siguientes sistemas de distribución: Curtis-C, HARMONY, GDS y sistemas de distribución de internet. "A través del HDBM, los controles de administración de los ingresos se colocan literalmente en las manos de los propietarios, incrementando con ello la eficiencia y la efectividad de las ventas —advirtió Heintzeman—. Cada hotel tiene ahora la capacidad para reaccionar de inmediato a un mercado rápidamente cambiante. En sólo segundos, pueden ponerse en el estante nuevas tarifas de productos, los productos actuales pueden modificarse, pueden implantarse nuevas estrategias de ventas y puede ajustarse el control de la disponibilidad".

Administrador de comunicaciones con el huésped

El sistema de administración de comunicaciones con el huésped da apoyo a la estrategia de satisfacción del huésped al 100% de la compañía. Con este sistema, la empresa tiene la capacidad de controlar la historia de problemas de servicios que ocurren para cualquier huésped individual y para cualquier hotel específico. Además, el sistema le permite a Carlson minimizar los problemas mediante el escaneo de las tendencias y los patrones de comportamiento. "Podemos detectar si existe un problema común que continúa presentándose o un hotel específico o grupo de hoteles que necesitan atención. El sistema nos ayuda a identificar los problemas de servicios de modo que los problemas puedan tratarse adecuadamente", estableció Heintzeman.

APÉNDICE 2 (*continuación*)

KnowledgeNet

Ya que Carlson Hospitality es una compañía global, es importante que todos los hoteles tengan acceso a la información de la corporación en cualquier día y en cualquier momento. KnowledgeNet contiene una gran cantidad de información como las políticas corporativas, las formas, los reportes, los procedimientos del hotel, y los boletines informativos. Además, KnowledgeNet evita la impresión mensual de los reportes del hotel y la distribución a las propiedades. "Para una organización que trabaja en un ambiente de equipo, este sistema nos permite ser más interfuncionales, lo cual, a la vez, produce una utilidad más exitosa —expuso Heintzeman—. La administración del conocimiento y tener la información disponible para las personas correctas en el momento adecuado es la meta de todos los departamentos de tecnología de la información y KnowledgeNet representa el futuro de los sistemas de administración de la información".

Carlson Hospitality Worldwide es un líder global en los servicios de alojamiento, incluyendo casi a 1 100 hoteles, centros turísticos, restaurantes y operaciones de barcos cruceros. Las marcas específicas incluyen a Regent International Hotels, Radisson Hotels Worldwide, Country Inns Suites By Carlson, Carlson Lifestyle Living (Carlson Park), Carlson Vacation Ownership, Radisson Seven Seas Cruises, T.G.I. Friday's, Friday's Front Row Sports Grill, Friday's American Bar, Italianni's, AquaKnox, Star Canyon, Timpano Italian Chophouse, Samba Room and Provisions. Carlson Hospitality Worldwide es uno de los principales grupos operativos de Carlson Companies, Inc., con oficinas centrales en Minneapolis, Minnesota. Otros grupos que pertenecen a Carlson Companies incluyen a Carlson Marketing Group, una empresa mundial de servicios de marketing que opera en 17 naciones; Carlson Leisure Group, la cual está a cargo de los negocios de viajes de descanso alrededor del mundo; y Carlson Wagonlit Travel, un líder mundial en la administración de viajes de negocios.

Datos de contacto: Betsy Day, 402-498-5000, bday@carlson.com, o Kristi Arndt, 612-212-5626, karndt@carlson.com, ambos de Carlson Hospitality.

Fuente: http://www.hotel-online.com/Neo/News/PressReleases1999_1stIJan99_CarlsonCRS.html.

Jorge Micozzi, presidente de Gillette Company para Latinoamérica, miró hacia arriba después de leer el reporte acerca del programa de la Administración Total de la Calidad de Argentina que iba entregarse al Consejo de calidad de la corporación a principios de 1999. "Como puede verse a partir de estas medidas de negocios —dijo al escritor de casos—, nuestro programa de administración total de la calidad ha sido muy exitoso. Éste ha sido mi programa más importante y Víctor Walker, administrador del programa, fue la clave para su implantación".

Micozzi describió los primeros días del programa de administración de la calidad cuando, como administrador general de la subsidiaria argentina de Gillette, asignó a Victor Walker como administrador de la calidad total: "cuando este programa se lanzó, Víctor nos ayudó a ver cómo lo podíamos implantar. Este programa cambió la cultura de la compañía. Consideramos ahora que hemos experimentado un beneficio de 40% en nuestro negocio como resultado del programa de administración total de la calidad". Entonces, señaló el interior del edificio pequeño y elegante ubicado en un suburbio de Buenos Aires que se encontraba alrededor de él y que albergaba al personal profesional y administrativo de la afiliada argentina: "ese edificio fue diseñado y construido en 10 meses por nueve equipos de acción de la calidad que se ocuparon de todo: desde el mobiliario hasta la mudanza. La mudanza ocurrió en un fin de semana. Esto es una prueba tangible de nuestro programa".

Micozzi recientemente fue promovido de su puesto de administrador general de la afiliada argentina a presidente del grupo. Ahora que tenía la responsabilidad de toda Latinoamérica, su intención era asegurarse de que todas las afiliadas adoptaran el modelo que desarrolló Argentina: "les voy a decir: 'vayan, vean y hagan la implantación en sus propias subsidiarias'."

ANTECEDENTES

> Todos los días laborables en una planta Gillette[…] en South Boston, 200 hombres enjabonan sus caras y remueven sus 10 000 pelos de la barba con una medida de 15 milésimas de una pulgada que crecieron durante las últimas 24 horas. Mirando en espejos laterales, estos voluntarios evalúan los rastrillos del futuro en cuanto filo de la navaja, suavidad del deslizamiento y facilidad de manejo. Cuando concluyen, deben alimentar en una computadora sus juicios en relación con el prototipo que usaron[…]
>
> Estos rituales se llevan a cabo en un[…] edificio adornado con un signo curioso que proclama que éstas son las oficinas centrales de las máquinas de afeitar a escala mundial; todo este ejercicio parece ser algo más que arcaico, una especie de retroceso a una era preindustrial; sin embargo, las humildes instalaciones son operadas por uno de los principales innovadores corporativos de Estados Unidos, una compañía que produce en serie tantos productos con bordes cortantes que ha ascendido hasta un círculo selecto de las superestrellas de Wall Street.[1]

Mejor conocida por sus máquinas de afeitar y sus navajas (Trac II, Sensor, y la más novedosa, MACH3 con un precio premium), Gillette Company también era un líder en las baterías (Duracell), en los cuidados dentales (Oral-B), y en los artículos de tocador (Gillette Series), y era un gran vendedor de productos para escritura (Paper Mate y Parker Pen) y rasuradoras eléctricas y otros utensilios pequeños (Braun).[2] La compañía se fundó en 1901 y en 1905 inició sus operaciones en el extranjero con una oficina de ventas en Londres y un sitio de manufactura en París. En 1999, las ventas de Gillette ascendieron a 10 000 millones de dólares y 60% de los ingresos provenían del exterior de Estados Unidos. Las operaciones de manufactura se llevaban a cabo en 54 instalaciones distribuidas en 20 naciones y los productos se comercializaban en más de 200 territorios alrededor del mundo. La empresa funcionaba con 39 800 personas de las cuales, casi las tres cuartas partes de ellas, se encontraban en Estados Unidos.[3]

Cada día, por lo menos 1 200 millones de personas en todo el mundo usan uno o más productos Gillette. En 1998, la corporación era el líder mundial en 10 categorías de productos de consumo. En años recientes, Gillette introdujo más de 20 productos nuevos cada año. Ese año fue el quinto año consecutivo en el cual por lo menos 40% de las ventas provenían de nuevos productos.

Gillette inició sus operaciones en Argentina poco tiempo después de la Primera Guerra Mundial. Hasta 1942, funcionó como una compañía importadora y de distribución. De acuerdo con una historia reciente de la

[1] Linda Grant. "Gillette Knows Shaving-And How to Turn Out Hot New Products", *Fortune,* 14 de octubre de 1996, p. 207.
[2] "The Gillette Company-Hoover's online" en: http://www.hoovers.com.
[3] http://www.gillette.comtcompany/ataglance.html.

Anne Donnellon y Susan Engelkemeyer, profesoras asociadas del Babson College, prepararon este caso para realizar debates escolares, no para ilustrar un manejo eficaz o ineficaz de una situación administrativa. El desarrollo de este caso se hizo posible con el generoso apoyo del Institute for Latin American Business en Babson College.

Derechos de propiedad intelectual @ reservados por Babson College, 2000, con licencia para publicación a Harvard Business School Publishing. Para ordenar copias o para solicitar un permiso para reproducir este material, llame al (800) 545-7685 o escriba a Harvard Business School Publishing, Boston, MA 02163. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación, usarse en una hoja electrónica o transmitirse en cualquier forma o en cualquier medio —electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o de cualquier otro tipo— sin el permiso por escrito de los titulares del derecho de propiedad intelectual. Reimpreso con permiso.

empresa,[4] la subsidiaria argentina construyó su primera planta de manufactura en ese año para tomar ventaja de un vacío que se creó cuando una compañía alemana de hojas de afeitar cerró sus operaciones. A través de las tumultuosas décadas que siguieron después de la guerra, la presencia oportuna de la organización en Argentina le permitió permanecer y crecer, mientras que otros competidores huyeron de la inestabilidad política y económica del país.

Desde 1945, cuando el general Juan Perón nacionalizó las compañías en muchos sectores e introdujo aranceles extremadamente altos, Argentina era una economía cerrada. Aunque alguna vez fue la séptima economía más grande del mundo, el país sufrió de rachas de altas inflaciones y de escasez. A finales de la década de 1980, la hiperinflación (con un salto enorme de 388% en 1988 a 4 923% en 1989) precipitó una forma totalmente nueva de administrar las operaciones de negocios en corporaciones de bienes de consumo como Gillette. Implicaba "[…]una cobertura sofisticada y peligrosa de dólares, la realización de compras y de ventas en momentos oportunos […y] significaba comunicarse cada día con los proveedores clave […] con frecuencia, implicaba la petición de pagos por adelantado".[5] Aún a pesar de estos desafíos extremos, Gillette Argentina nunca dejó de entregar una utilidad a las oficinas matrices, con la excepción de 1989.

La crisis económica de 1989 condujo al candidato presidencial peronista Carlos Menem a ocupar la silla presidencial y, transcurrido un año, el clima de los negocios empezó a experimentar una modificación profunda. Se privatizaron las empresas poseídas por el Estado, las leyes arancelarias casi desaparecieron y se adoptaron cambios reguladores de enormes proporciones. Los administradores astutos principiaron a reconocer que la competencia aumentaría pronto, tal vez a partir de compañías extranjeras. En Gillette, las personas observaron que pronto la corporación necesitaría ir más allá del enfoque financiero que, por necesidad, dominó durante el pasado.

SE DIRIGE LA ATENCIÓN A LA CALIDAD

En Argentina, la inspiración para concentrarse en la calidad inició a finales de la década de 1980, con Carlos Rotundo, entonces director de manufactura y logística. Mientras leía un artículo que planteaba la pregunta: *¿Quién es nuestro cliente?*, él sintió entusiasmo acerca de las posibilidades para aplicar las mejores prácticas que ahí se describían. En especial, se interesó en la idea de emplear equipos interfuncionales para lograr mayor eficiencia. Después de una concentración anticipada y exitosa sobre la administración de los inventarios, Rotundo se desplazó con rapidez a la interfaz con las ventas. Como él lo concebía: "el resultado más importante [de este esfuerzo] era una forma distinta de trabajar con las ventas. Nosotros nos ponemos de su lado al decir: 'pida cualquier cosa que usted quiera o necesite y nosotros lo haremos por usted'.".

Aproximadamente en la misma época, el equipo administrativo de Gillette Latinoamérica adquirió conciencia de los cambios significativos que ocurrían dentro del ambiente de los negocios. A medida que las barreras comerciales se derribaban con el potencial de aumentar la competencia y de afectar a las participaciones de mercado de Gillette, ellos comprendieron que, para sobrevivir y para tener éxito dentro de este nuevo ambiente, no podrían continuar administrando los negocios en la forma en la que lo hicieron en el pasado. Por esta razón, recurrieron a la administración total de la calidad. Michael Sharp, director de recursos humanos para Latinoamérica, investigó a un número de consultores acerca de la administración total de la calidad y redujo la elección a Organizational Dynamics Inc. (ODI), una compañía de consultoría y capacitación con sede en Massachusetts.

Cuando Robert G. King empezó su trabajo en marzo de 1991 como vicepresidente del grupo para Latinoamérica, se enteró de que Michael Sharp estaba contratando a ODI como la empresa de consultoría que habría de ayudar a Gillette Latinoamérica a implantar los principios de calidad. King acababa de ser el administrador general de Gillette México donde: "me fueron predicados los beneficios de la administración total de la calidad, lo cual yo consideraba como un asunto en el que las personas simplemente hacían lo que deberían hacer". A medida que se convenció de los beneficios de la administración total de la calidad y de las calificaciones de ODI, King se preguntaba cuál sería el siguiente obstáculo: *¿Quién va a hacer esto?* Él estaba convencido de que "[…]lo peor sería obligar a las personas"; por lo tanto, con Sharp decidió plantear la idea en una de sus reuniones trimestrales para los administradores generales de Latinoamérica. Aquí, ODI impartió un taller de un día y medio acerca de la calidad para todos ellos. Al concluir, King le dijo a los administradores: "muy bien, si ustedes quieren hacer esto, yo lo pagaré; por lo tanto, ¿quién quiere ser voluntario?". King y Sharp recordaron que Ken Rule, entonces administrador general de México, levantó primero la mano, seguido rápidamente de Jorge Micozzi de Argentina.

Mientras que todo eso ocurría en Boston, Argentina continuó su trayectoria independiente hacia la calidad. En 1990, Rotundo recopiló más artículos y libros sobre la administración total de la calidad y preparó dos sesiones de charlas para desarrollar el pensamiento de sus colegas. Ellos estuvieron de acuerdo en formar equipos para continuar el trabajo que Rotundo inicio en su departamento. "Empezamos por crear una encuesta de clientes con personas de ventas. Posteriormente, elegimos 10 de las críticas de los consumidores y asignamos una a cada equipo para que trabajara en ella", explicó Rotundo. Así, cuando Jorge Micozzi, un argentino con experiencia en varios puestos en Estados Unidos, fue nombrado en 1991 para desempeñarse como el administrador general de la subsidiaria argentina, encontró una compañía que trabajaba en una iniciativa que comenzaría a difundir el esfuerzo en la región.

[4] Gordon McKibben, *Cutting Edge: Gillette's Journey to Global Leadership* (Boston: Harvard Business School Press, 1998), p. 327.
[5] McKibben, p. 336.

TOMANDO LA CALIDAD EN SERIO

Organizational Dynamics Inc. (ODI) desarrolló la iniciativa de la calidad para Gillette la cual se basó en un enfoque con base en el cliente, la participación total, el apoyo sistemático del esfuerzo, la medición de los resultados y el mejoramiento continuo. ODI recomendó la creación de una estructura de la calidad que constaría de un consejo de calidad que daría dirección estratégica en relación con las iniciativas de calidad, un comité director que supervisaría la implantación, y un director de calidad responsable de garantizar y mejorar la ejecución de los programas de calidad establecidos. El equipo de acción de la calidad era el mecanismo recomendado por ODI para conseguir una amplia participación en los programas de la calidad total.

En 1992, México introdujo un programa para la administración total de la calidad que implicaba contratos de uno a uno entre individuos que trabajaban en forma interdependiente; por ejemplo: el operador de la máquina de formación de moldes y el operador del ensamblado de plumas estuvieron de acuerdo en utilizar los principios de la calidad para mejorar una baja tasa de ensambles moldeados debido a partes de piezas de calidad inferior. Este programa se implantó con mucho éxito. Al principio, Argentina empezó a aplicar tanto el enfoque del ODI con los equipos así como el enfoque del contrato. Para prepararlos para los equipos de acción de calidad (QAT, *quality action teams*), los empleados recibieron una capacitación especializada en un proceso de solución de problemas de cuatro fases, denominado FADE por sus siglas en inglés. Las fases eran las siguientes:

1. Enfoque (***F**ocus*): desarrollo del planteamiento de un problema.
2. Análisis (***A**nalyze*): uso de datos para entender la magnitud de un problema.
3. Desarrollo (***D**evelop*): determinación de una solución y de un plan de implantación.
4. Ejecución (***E**xecute*): implantación del plan y medición de su impacto.

Asimismo, los miembros de los equipos de acción de calidad se capacitaron en siete herramientas básicas de la calidad (hojas de verificación, gráficas de control, diagramas de espina de pescado, histogramas, gráficas de Pareto, gráficas de corridas y diagramas de dispersión) así como en grupos de aportación masiva de ideas, análisis del campo de fuerza (identificación de las fuerzas y de los factores que dan apoyo o que trabajan contra la solución de un problema) y análisis de costo-beneficio. A los equipos se les asignaban instructores capacitados como líderes de equipos. Éstos recibían una capacitación formal en áreas relacionadas con la dinámica de grupos, las habilidades de liderazgo, la conducción de reuniones eficaces y el manejo de conflictos de grupos.

El sistema de contratos de uno a uno se introdujo con tanto éxito en México, que produjo más de 10 000 contratos dentro de los primeros años de operación. Argentina principió su implantación al poco tiempo después. Colombia también introdujo el programa ODI, como lo hizo Chile. King observó que: "Brasil había sido el país más lento[…]" para la adopción del enfoque. Más de 4 000 personas de Latinoamérica se sujetaron a la capacitación del ODI conducida por los instructores de Gillette.

En 1993, ODI envió consultores a Buenos Aires para que capacitaran a los directores, administradores y otras 20 personas argentinas que se convertirían en los instructores del resto de la organización. Jorge Micozzi aceptó de inmediato la administración total de la calidad; él lo explicó así:

> Como se lo diría a casi cualquier persona que lo escuche: al poco tiempo después de que lanzamos el programa de administración total de la calidad en Argentina, llegué a la conclusión de que las recomendaciones, soluciones y los resultados provenientes de los principios del trabajo en equipos interfuncionales eran mejores, más enriquecedores y más creativos que cualesquiera otros. Cuando se conjuntan las personas provenientes de distintas disciplinas para mejorar un proceso o una razón, se obtienen resultados mucho mejores. Necesitábamos optimizar nuestras decisiones y procesos porque pude ver que, a medida que se abriera nuestro mercado argentino, más competencia provendría de Estados Unidos y de Europa. Para competir y para mantener nuestra participación de mercado, debíamos tener un desempeño mejor, más rápido y con el cual pudiéramos trabajar con más facilidad.

Micozzi y sus directores se convirtieron en el consejo de calidad. Una de sus primeras decisiones fue introducir el uso de los contratos para el logro de una calidad mejorada, el enfoque que se implantó con éxito en México. Ana María Bazán, supervisora de impuestos y de cuentas por pagar en el departamento de Tesorería, era parte de los instructores originales de calidad, a quienes se les llamaba *facilitadores*. Ella describió el desafío de hacer participar a otros: "antes de la administración total de la calidad, no estábamos acostumbrados al trabajo en equipo, resolvíamos los problemas solos y no entendíamos la manera en la que nuestro trabajo le cuesta a otras áreas[...] Al principio, era muy difícil. Sólo me preocupaba por lo que mi grupo quería o necesitaba. Estábamos luchando por nuestro interés, pero trabajábamos contra los de la compañía en forma general".

Bazán y los demás instructores de la calidad terminaron frustrados con el enfoque del contrato. "Generó una gran cantidad de papeleo. A las personas les gustaba la idea de los equipos de la acción de la calidad, pero rechazaban los contratos y se rehusaban a firmarlos". Los instructores le expusieron sus preocupaciones a Rotundo, bajo cuya dirección se encontraba el programa de calidad. Éste delegó la responsabilidad de investigar tales preocupaciones al recientemente contratado administrador de la calidad, Víctor Walker.

GILLETTE ARGENTINA, UN NUEVO ENFOQUE PARA LA ADMINISTRACIÓN TOTAL DE LA CALIDAD

Víctor Walker, un argentino que trabajó en varios cargos de manufactura para Gillette con inclusión de un perio-

do en la oficina matriz de Boston, había regresado recientemente de México en donde fue el administrador de negocios para la línea de productos de instrumentos de escritura. Después de algunos meses de estar en el puesto, Walker tuvo un accidente automovilístico casi fatal que lo dejó en estado de coma durante muchas semanas. Milagrosamente, logró sobrevivir y se sometió a una extensa terapia de rehabilitación durante algunos meses. Cuando le fue posible regresar a trabajar, la recomendación era que, al principio, debería tomar un trabajo que no implicara mucho estrés. En diciembre de 1993, Micozzi le asignó el nuevo puesto de administrador total de la calidad con Carlos Rotundo como director del programa.

Cuando, como su primera tarea de calidad, Walker investigó las quejas acerca del tiempo y del contrato para la calidad, detectó que las personas consideraban que era algo demasiado burocrático e innecesario, investigó extensamente el movimiento de la calidad. Se convenció de que el enfoque de equipo de acción sería más efectivo en la compañía argentina. Esto no sólo se debía al enriquecimiento de ideas que él pensaba que provenían de los equipos, sino a que pensaba que serviría como una herramienta de integración dentro de la empresa, "[…] la eliminación de las barreras departamentales acostumbradas o actitudes de egoísmo". Con la aprobación de Micozzi y Rotundo, comenzó a crear la nueva administración total de la calidad de Gillette Argentina.

Los talleres se llevaban a cabo con la participación de todo el personal para informarles acerca de la nueva cultura y del estilo de trabajo que debería conseguirse a través de los equipos de acción de calidad. El papel del patrocinador del equipo se explicó así: un miembro del comité operativo de Micozzi que ayudaba a aclarar la constitución del equipo, apoyaba a éste en cualquier forma que se necesitara y "[…]lo ayudaba a lograr su objetivo con el reconocimiento de su dotación de facultades", de acuerdo con Walker. Ya que "[…]la cultura del trabajo de equipo requiere cambios significativos con respecto de un estilo tradicional de liderazgo", Walker encontró que, con frecuencia, le debía recordar a los patrocinadores: "[…]sea cuidadoso al dar órdenes y al hacer sugerencias; el equipo puede impedir la ejecución de su propio trabajo".

Otra encuesta de clientes efectuada por un consultor externo ofreció el punto de partida para los nuevos equipos de acción de la calidad. El comité director, formado por administradores que provenían de todas las áreas funcionales y cuyo instructor era Walker, identificó a los equipos y patrocinadores interfuncionales apropiados para trabajar en las principales prioridades de los consumidores. En su proceso, los equipos se guiaron por la metodología ODI y por los patrocinadores. El papel de Walker era supervisar el progreso de los equipos, impartir talleres acerca de la solución de problemas y análisis estadísticos e inspirar a todo mundo. De acuerdo con muchos de sus colegas, Walker era un *un apóstol, un profeta*, quien cantaba las alabanzas de la administración total de la calidad y con su participación energética contribuía a modificar la cultura y a comprender el potencial de negocios de la administración total de la calidad.

SUPERACIÓN DE LOS DESAFÍOS DE LA CALIDAD

Una vez que los equipos de acción de la calidad trabajaron, el comité director volvió su atención a los primeros problemas endémicos para la mayoría de los programas de la administración total de la calidad: la obtención de un apoyo administrativo total, el aumento de la participación, la ejecución de objetivos con un sentido de urgencia y el sostenimiento del impulso.

Micozzi, a quien Walker describía como un fanático de la administración total de la calidad, se involucró profundamente en la obtención del apoyo de todo su comité operativo. Él señalaba a su propio comité en todas las reuniones en las que investigaba rutinariamente a partir de sus ejecutivos cómo estaba evolucionando la administración total de la calidad en sus áreas funcionales. Asimismo, era un ejemplo de los principios de calidad. Comprendió bien el reto de que, como lo estableció Walker: "la administración total de la calidad no puede ser impuesta por los altos niveles; se debe ser paciente y obtener la colaboración de la gente mediante la persuasión y con datos específicos sobre los beneficios de la administración total de la calidad".

La influencia de Micozzi fue muy benéfica. El consejo de calidad desarrolló una fuerza unida para el cambio cultural. En palabras de un ejecutivo: "[…]el apoyo sistemático que el consejo de calidad mostraba hacia la administración total de la calidad en la compañía ciertamente era un punto de apoyo en el desarrollo de esta cultura de trabajo". El apoyo del consejo capacitó al comité directivo para desarrollar su propio espíritu de compañerismo. Integrado por administradores importantes y muy respetados que provenían de cada área funcional, capacitado por el administrador de la calidad total y conducido por el director del programa, el comité directivo funcionaba como un cuerpo colegiado que conducía la administración total de la calidad de la empresa. Un administrador describió el enfoque operativo del comité así: "[…]todas las decisiones eran el resultado de amplias y profundas discusiones dentro del comité y sólo se implantaban después de que se alcanzaba un consenso. Muchos apreciaron el papel trascendente que el comité directivo desempeñaba como un punto de apoyo para el logro del éxito de Argentina".

El incremento de la participación evolucionó con lentitud en la corporación. De manera inicial, se pedía a las personas que participarán en equipos que trataban aspectos de interés para ellos. No todo mundo estaba muy contento de hacerlo. Micozzi describió los esfuerzos que tuvo que hacer detrás de los escenarios para persuadir a sus ejecutivos de que proporcionaran un apoyo total al programa de la calidad:

> Al principio del programa, notamos que la participación más reducida en nuestros equipos de acción de calidad era la del departamento de ventas. Pensamos que esto era incompatible con nuestro principal propósito del programa de calidad acerca de la satisfacción del cliente. Para garantizar que los equipos pudieran lograr eso, era necesario contar con personas de ventas en el equipo; por lo

tanto, tuve una conversación con el responsable de las ventas y le dije esto. Su respuesta fue: *usted no puede sacar a las personas de sus áreas para que participen en equipos*. Mi contestación fue*:* "es necesario hacerlo cuando la meta es un mejoramiento en la satisfacción del cliente. Después de nueve meses de tales conversaciones, los resultados fueron sorprendentes. En la actualidad, 80% de la fuerza de ventas de Gillette participa en equipos de acción de calidad".

A medida que los equipos se volvían más competentes para trabajar en equipo, también se volvían más eficientes, lo cual los hizo menos exigentes respecto del tiempo de las personas. El énfasis sobre las necesidades de los consumidores también los volvió más participativos. Finalmente, la norma era que las personas participaran de manera voluntaria en los equipos que se estaban formando. Mario Pomar, administrador de ventas de los servicios locales de ventas, sostenía que a la gente le gustaba trabajar en los equipos de acción de calidad porque aprendían acerca de toda la compañía y, a través de experiencias, obtenían una perspectiva global. Él afirmó que, en 1998, "[…]las personas disfrutaban ser parte de la administración total de la calidad porque podían constatar que sus ideas se respetaban e incluso se implantaban".

Para aumentar la probabilidad de una ejecución exitosa de los objetivos del equipo, se crearon nuevos pasos en el proceso. Primero, se estuvo de acuerdo en que el comité directivo plantearía objetivos anuales para el programa de administración total de la calidad (el anexo 1 presenta una lista parcial de los diversos proyectos de equipo emprendidos en Gillette Argentina). A lo largo del tiempo, se solicitaba a los equipos que especificaran al principio de su proceso el modo en el que sus esfuerzos contribuirían a los resultados del negocio. (El cuadro 2 muestra la forma en que se usó el método de cuantificación de beneficios desarrollado por un equipo de acción de calidad en 1997 y que cada equipo empleó después de esa fecha). Por último, se definió que la tarea del equipo no se concluiría hasta que se hiciera una presentación de su trabajo y de sus beneficios para el comité operativo.

Walker era muy conocido por su constante supervisión de los equipos. De manera rutinaria, se ponía en contacto con los líderes de los equipos para obtener reportes del progreso y esos líderes sabían que Walker reportaría esto al comité operativo. Los colegas describían su enfoque como obstinado, pero con apoyo, "[…]él no daba fechas límite obligatorias; nada más preguntaba: '¿cuándo va a estar terminado?' Y, posteriormente, le daba un seguimiento a ese tiempo de entrega".

Una persona que en principio se mostró incrédula de la administración total de la calidad y que se convirtió en firme creyente caracterizó las contribuciones personales de Walker a la administración total de la calidad: "Víctor tiene una actitud muy especial; él apoya y ayuda a todas las personas de la organización con todos los temas relacionados. Participa mucho; cuando un equipo tiene problemas, él colabora y los ayuda. Tiene un carácter muy fuerte, es muy buen analista y transmite compromisos reales, no solamente teóricos; sino algo real".

Para sostener el empuje que el programa de administración total de la calidad desarrolló en Gillette Argentina, Walker inició dos nuevos aspectos del esfuerzo en 1994 y 1995. El primero fue la inclusión de medidas de participación en la administración total de la calidad en la evaluación anual del desempeño. Walker y otras personas consideraban que las numerosas llamadas al final del año para determinar *¿cuántos equipos atendí este año?,* mostraba la profundidad del compromiso que el personal sentía por el programa.

El segundo fue la creación de un programa especial de reconocimiento denominado estrellas de la calidad. El comité directivo creó un reconocimiento llamado Estrella de Calidad que se otorgaría anualmente a cuatro empleados provenientes de distintas partes de la compañía que habían contribuido más ese año a la administración total de la calidad en Argentina. Se seleccionaba uno a la vez de la oficina matriz y de la administración de la fábrica, de los trabajadores de la fábrica y de las ventas de campo. El anuncio de los reconocimientos se hacía durante un banquete al cual asistían todos los trabajadores de Gillette Argentina. Cada persona premiada recibía un juego de elegantes plumas de plata y una escultura especialmente diseñada. Estas estrellas formaban un grupo que se reunía para sugerir cómo mejorar y profundizar el programa de administración total de la calidad. La presentación prominente de tales reconocimientos en el ámbito de trabajo de las estrellas denotaba el valor que se les daba.

RESULTADOS DE LA ADMINISTRACIÓN TOTAL DE LA CALIDAD

De acuerdo con Carlos Rotundo, los programas de administración total de la calidad generaban beneficios para la compañía que eran tanto tangibles como intangibles. "Nuestros resultados más importantes —argumentó— eran: primero, la comprensión entre las áreas de que estos cambios sólo podían hacerse con la participación de las personas, y segundo, la creación de un clima de trabajo de equipo. No trabajamos con órdenes, sino con consensos generales, escuchamos los problemas de los demás y trabajamos en forma conjunta para resolver problemas".

Mario Pomar, aunque reconocía los costos de la administración total de la calidad en términos del tiempo que se pasaba en las reuniones, argumentaba que otro resultado primordial de la administración total de la calidad era el cambio en la cultura que resaltaba la atención de todo mundo sobre la satisfacción del cliente. Además, consideraba que la cultura se había vuelto una situación real de delegación de autoridad en la cual en verdad se confiaba en las personas y, por lo tanto, se creía en sus propias decisiones. De una manera muy significativa, él consideraba que la cultura había cambiado en otro aspecto: "[…]que la gente había desarrollado la costumbre de trabajar para eliminar la fuente de sus problemas". Ana María Bazán expresó percepciones similares y complejas: "las personas afirman que encontraron otra forma

CUADRO 1 La calidad en Gillette Argentina: equipos de acción de calidad y ahorros estimados en costos

Equipo de acción de calidad (QAT)	Descripción	Ahorros anuales	Categoría
7	Sistema justo a tiempo en las operaciones de manufactura	10 000	Mejoramiento de método
8	Disminución de los tiempos de espera de compras-materiales que no son de producción	5 000	Mejoramiento de método
9	Mejoramiento del manejo de los productos terminados que no se transportan mediante plataformas portátiles	2 000	Mejoramiento de método
16 y 31	Modificación del proceso de facturación de las órdenes para el mejoramiento de las entregas	100 000	Enfoque al cliente
17	Disminución de los tiempos de descargas en el almacén	1 000	Mejoramiento de método
18	Embarques de órdenes completas	65 000	Mejoramiento de método
19	Control auto-presupuestal	100 000	Mejoramiento de método
22	Reducción del tiempo de ensamblado para las máquinas de afeitar Trac II	10 000	Ahorro en costos
25	Plan de mejoramiento de la rentabilidad en la línea de Cuidados personales	1 693 403	Rentabilidad
27	Resolución de problemas colectivos con SSS	480 000	Enfoque al cliente
28	Nuevo edificio: ahorros de los equipos de acción de calidad	270 000	Ahorro en costos
45	Oportunidades de reducción de costos en la línea de desodorantes para hombre	50 000	Rentabilidad
46	Mejoramiento de la rentabilidad en la línea Massive WI	187 000	Rentabilidad
51	Presentación de propuestas de proveedores	34 500	Ahorro en costos
53	Contratos de servicios de relleno para Gillette	60 000	Ahorro en costos
56	Incremento de la eficiencia en la máquina Coster	107 000	Mejoramiento técnico
62	Integración de las operaciones Parker/Sylvapen para Gillette	1 100 000	Ahorro en costos
72	Reducción de costos en productos de desodorantes para mujer	50 000	Rentabilidad
78	Nuevo sistema para ventas al personal	17 400	Mejoramiento técnico
79	Nuevo sistema de empacado para los cepillos dentales Oral-B	60 000	Rentabilidad
80	Reducción de inventarios y del SKU en la línea WI	100 000	Rentabilidad
95	Nuevo método de coloración en el área de moldeado	12 000	Ahorro en costos
97	Racionalización de la información diaria de facturación	95 000	Mejoramiento técnico
104	Minimización de la emisión de notas de crédito hechas en forma manual	19 200	Ahorro en costos
117	Nuevo sistema de empacado para Sensor one-up.	757 000	Rentabilidad
119	Modulación de los tapones internos de aerosoles; reducción del DCV	104 000	Rentabilidad
121	Reducción del espesor del P.V.C. para el ER-49	27 600	Rentabilidad
122	Integración con Duracell en Argentina	1 976 000	Ahorro en costos
128	Protección de la salud	500 000	Ahorro en costos
131	Reducción del costo del proceso de abrasado del Oral-B & WI.	203 000	Rentabilidad
132	Optimización de la lista de clientes	587 000	Ahorro en costos
136	Análisis de las cuentas anteriores de Duracell	151 130	Ahorro en costos
137	Copa mundial ’98 entre los clientes	450 000	Aumento en ventas
159	Facturas de crédito: ley 24760	310 000	Mejoramiento de método
160	Uso de computadoras portátiles en la fuerza de ventas (papelería)	20 000	Ahorro en costos
162	Sistema bancario para el personal dentro de Gillette	98 000	Excelencia
192	Construcción de una nueva planta de manufactura de artículos de tocador	5 000 000	Rentabilidad
194	Reducción de inventarios en la línea WI	60 000	Rentabilidad
196	Integración de Gillette Uruguay con Argentina	537 000	Mejoramiento de método
204	Reducción de costos de los materiales de empaque de WI	218 300	Rentabilidad
206	Empaques de cepillos de dientes	154 000	Rentabilidad
223	Partes de plástico de Clear Gel. Asociación con los proveedores	195 000	Rentabilidad
224	Operaciones CMD para la línea de WI Prestige en GMC	20 000	Rentabilidad
226	Línea de productos de papelería	99 000	Rentabilidad
243	Implantación del G.O.C.I.	217 000	Rentabilidad
256	Tiendas de autoservicio/ almacenes centrales	210 000	Ahorro en costos
N/A	Mejoramiento de la rotación del inventario de ’96 *vs.* ’95	284 000	Mejoramiento de método
N/A	Mejoramiento de la rotación del inventario de ’97 *vs.* ’96	100 000	Mejoramiento de método
N/A	Mejoramiento de la rotación del inventario de ’98 *vs.* ’97	175 000	Mejoramiento de método

AHORROS ADICIONALES: Proyectos ya terminados cuyo efecto económico está siendo evaluado
Subtotal: 200 000
AHORROS POTENCIALES: Proyectos en curso, casi terminados, con un efecto monetario favorable
Subtotal: 550 000
GRAN TOTAL: $17 831 433

CUADRO 2 Forma de cuantificación de beneficios

Cuantificación de beneficios
QAT:

I) Defina qué categoría corresponde al tema de su equipo:

☐ Procesos ☐ Ventas ☐ Cliente interno ☐ Cliente externo

☐ Imagen de la compañía: interna ☐ Imagen de la compañía: externa

II) La medición de los resultados finales será en

☐ $$$$$ ☐ Escala de medición: 1 a 10 ☐ Encuesta

a) Si una escala indica los factores que se usarán y su valor de ponderación:

	FACTORES	**PONDERACIÓN**
1.	_____	_____
2.	_____	_____
3.	_____	_____
4.	_____	_____
5.	_____	_____
6.	_____	_____

b) Si es una encuesta o una escala, 1) estime el valor de la medición/punto de partida real, 2) verifique con un estudio adecuado cuándo se concluye el trabajo.

☐ Valor inicial ☐ Valor final

III) Indique el valor añadido al proceso

_____
_____
_____

de trabajar; aquellos que se fueron de la empresa y regresaron sostienen que les gusta la forma en la que laboramos ahora; y trabajamos con nuestros clientes de la misma manera[…] nos preocupamos por los intereses de los demás. El conflicto no desaparece, pero usted puede trabajar para manejarlo".

Los beneficios tangibles para los consumidores del programa de calidad de Gillette Argentina fueron muy claros en 1998. Ese año la empresa realizó otra auditoría de los clientes para verificar que su programa de administración total de la calidad tuviera los beneficios de negocios que pretendía. Conducida por Research International, una empresa de consultores con sede en Estados Unidos, la encuesta solicitó las opiniones de los principales mayoristas y minoristas de Argentina al comparar a Gillette con los principales competidores de cada línea de productos; por ejemplo, Colgate, Unilever, Bic y Eveready. La encuesta reveló que Gillette se había desplazado de 6.5 sobre una escala de satisfacción de 10 puntos en 1991 a 8.0 en 1994 y al nivel de mejor comerciante en 1998. En una medida específica de satisfacción del cliente de gran importancia para los minoristas grandes

que eran los principales clientes de Gillette, el índice de orden completa de entrega fue de 85% en 1994 a 97% en 1998.

Asimismo, Gillette Argentina obtuvo beneficios financieros significativos en el periodo que siguió a la implantación del programa de calidad total. Las ventas anuales crecieron en 19% en los años entre 1993 y 1998, y el crecimiento promedio en utilidades durante este mismo periodo fue de 22%. Las rotaciones del inventario fueron de 4.8 a 8.7, y los gastos operativos de ese lapso disminuyeron 40%. Finalmente, el rendimiento sobre los activos aumentó en 60% en el mismo periodo. Walker estimó que el aumento de rentabilidad atribuible directamente a la administración total de la calidad había sido de 17.8 millones de dólares entre 1993 y abril de 2000, más todos los beneficios no monetariamente cuantificados, sobre todo los que se relacionan con los clientes externos y con los mejoramientos de los procesos internos.

CONCLUSIÓN

Aunque la calidad estaba mejorando como un proceso del negocio en Gillette Argentina, era moribunda como una fuerza impulsora en otras partes de la compañía. Bob King, quien dejó su puesto como vicepresidente del grupo latinoamericano en 1995 para convertirse en el vicepresidente de operaciones comerciales y más recientemente vicepresidente ejecutivo de operaciones comerciales para el Hemisferio Occidental, consideró que la administración total de la calidad no era un concepto particularmente actual en Gillette en 1999. Él opina que "[…]como una filosofía de negocios, la administración total de la calidad se había desvanecido"; sin embargo, los beneficios de tales conceptos y filosofías eran que "[…]desafiaban a una persona para revigorizar los procesos y los negocios de su empresa. En 1999, con todas las reestructuraciones a las que se sometió Gillette, las técnicas y principios son todavía muy evidentes". King dio más detalles: "los elementos perdurables de la administración total de la calidad son el enfoque sobre la satisfacción del cliente, tanto interno como externo, y la eliminación de barreras entre departamentos. El éxito de la empresa depende de la satisfacción total del cliente, indistintamente de que éste sea Walmart o el área de ensamblado de plumas".

Mike Sharp, quien en 1999 era el director de recursos humanos para Gillette en la región del Medio Oriente y África, también estimó que la administración total de la calidad se convirtió en una frase pasada de moda; no obstante, añadió: "los elementos básicos de la administración total de la calidad, al igual que la representación gráfica de los procesos de negocio, el mejoramiento continuo, la apertura mental hacia el cambio y la capacidad de trabajar en equipo son todavía fundamentales para el éxito. La capacidad para trabajar en equipo es más importante que nunca".

Ambos sabían que Micozzi estaba obteniendo beneficios considerables de negocios en Argentina y esperaban que hiciera la misma prédica en toda Latinoamérica; mas, ello no sería fácil. De acuerdo con ellos, la iniciativa de la calidad en México, donde una vez había progresado, estaba muriendo en 1999 porque "[…]las personas que eran los verdaderos fanáticos se habían ido". También, había varias subsidiarias latinoamericanas en las que la iniciativa de la calidad nunca se había afianzado; sin embargo, la oportunidad y la necesidad para una transformación continua del negocio era muy grande. En palabras de King: "actualmente en Latinoamérica, las cosas están cambiando con rapidez debido a la introducción al mercado minorista de los principales minoristas de Estados Unidos y de Europa como Carrefour, Promodes, Ahold y Walmart; la tecnología que se utiliza para el punto de venta es tan sofisticada como cualquier otra del mundo. Los cuatro principales clientes representan 80% de la industria. Por lo tanto, todavía existe una gran oportunidad de que las compañías coloquen primero al cliente".

Jorge Micozzi también lo sabía: "llámelo como guste, pero sin trabajo de equipo y sin concentración en el cliente, uno está destinado a fracasar, ahora o como sucedió en 1993, cuando la administración total de la calidad se implantó por primera vez en Argentina". Para aumentar la participación de mercado en cualquier otra parte del continente y para preservarla en Argentina, él consideraba que los principios de la calidad debían ser la forma en la que trabajara la compañía. Además, estaba convencido de que los programas de calidad de Argentina debían exportarse al resto de Latinoamérica. Su única pregunta real era cómo hacerlo.

Preguntas de análisis

1. ¿Qué principios y prácticas han permitido que florezca la calidad en Gillette Argentina a lo largo de los años?
2. ¿Cómo puede asegurarse la administración de que el desempeño de la calidad en Argentina continúe siendo alto en el futuro?
3. ¿Cómo deberían exportarse las prácticas y los principios de la calidad al resto de Latinoamérica?

Caso de estudio Bayfield Mud Company

eXcel En noviembre de 2007, John Wells, un representante de servicios al cliente de Bayfield Mud Company, fue citado al almacén de Houston, Texas, de Wet-Land Drilling, Inc., para inspeccionar tres vagones de carga de agentes de tratamiento de lodo que Bayfield Mud Company embarcó a la empresa de Houston (las oficinas corporativas de Bayfield y su planta más grande se localizan en Orange, Texas, la cual se encuentra exactamente al oeste del límite entre Louisiana y Texas). Wet-Land Drilling había presentado una queja porque las bolsas de 50 libras (23 kilogramos aproximadamente) de agentes de tratamiento que acababa de recibir de Bayfield tenían un faltante de peso de casi 5 por ciento.

Inicialmente, las bolsas de peso ligero las detectó uno de los empleados de recepción de Wet-Land, quien observó que los boletos de la escala del ferrocarril indicaban que los pesos netos eran significativamente inferiores en los tres vagones de carga en comparación con los de otros embarques idénticos recibidos el 25 octubre 2007. Se requirió al departamento de tráfico de Bayfield para que aclarara si habían usado plataformas portátiles o estibadores más ligeros en los embarques (esto podría explicar los pesos netos más ligeros); sin embargo, Bayfield reportó que no se había hecho ningún cambio en los procedimientos de carga o de desplazamiento. En Wet-Land, se verificó al azar 50 de las bolsas y se descubrió que el peso neto promedio era de 47.51 libras (21.55 kilogramos). Se observó que en embarques anteriores los pesos netos de las bolsas tenían un promedio exactamente de 50.0 libras (22.68 kilogramos), con una desviación estándar aceptable de 1.2 libras (0.54 kilogramos). En consecuencia, se concluyó que la muestra revelaba un faltante de peso importante (el lector podría desear verificar la conclusión anterior). Entonces, se pusieron en contacto con Bayfield y Wells fue enviado para investigar la queja; a su llegada, la constató y emitió un crédito de 5% para Wet-Land.

No obstante, la administración de Wet-Land no estaba satisfecha con la mera emisión del crédito por el embarque incompleto. Las gráficas que seguían los ingenieros de lodo en las plataformas de perforación se basaban en bolsas de 50 libras de agentes de tratamiento. Las bolsas con un peso más ligero podrían dar como resultado un control químico deficiente durante la operación de perforación y afectar adversamente la eficiencia de este procedimiento. (Los agentes para el tratamiento del lodo se usan para controlar el pH y otras propiedades químicas del cono durante la operación de perforación). Esto podría ocasionar severas consecuencias económicas debido al extremadamente alto costo del petróleo y del gas natural durante las operaciones de perforación de pozos. En consecuencia, hubo necesidad de emitir instrucciones especiales de empleo que acompañaran la entrega de esos embarques a las plataformas de perforación. Además, los embarques de peso ligero tuvieron que aislarse en el almacén de Wet-Land, ocasionando acarreos adicionales y una utilización deficiente del espacio. Por lo tanto, se le informó a Wells que el área de perforaciones de Wet-Land podría buscar un nuevo proveedor de agentes para el tratamiento del lodo si, en el futuro, volvía a recibir bolsas que se desviaran significativamente de 50 libras.

El departamento de control de calidad de Bayfield sospechaba que las bolsas de peso ligero podrían deberse a exigencias crecientes en la planta de Orange. Debido a las condiciones económicas, las actividades de exploración del petróleo y del gas natural se habían incrementado mucho, lo que, a su vez, aumentó la demanda de los productos elaborados por industrias relacionadas, incluyendo las perforaciones. Por lo tanto, las jornada en Bayfield tuvieron que ampliarse de un turno (6:00 a.m. a 2:00 p.m.) a dos turnos (6:00 a.m. a 10:00 p.m.) a mediados de 2004 y, finalmente, se adoptó una operación de tres turnos (24 horas al día) en el otoño de 2006.

La cuadrilla adicional del turno nocturno para los procesos de embolsado se integraba en su totalidad por empleados nuevos. Los supervisores más experimentados se asignaron temporalmente para que controlaran a los trabajadores del turno de la noche. Se destacó la trascendencia de aumentar el contenido de las bolsas para satisfacer la constantemente creciente demanda. Se sospechaba que sólo se hacían recordatorios ocasionales para hacer una doble verificación del alimentador del peso de las bolsas. (Una doble verificación se ejecuta pesando sistemáticamente una bolsa en una báscula para determinar si el alimentador del peso está cargando el peso correcto. Si existe una desviación significativa respecto de 50 libras, se hacen ajustes correctivos al mecanismo de liberación de pesos). Para resolver esta inquietud, el personal de control de calidad tomaba muestras aleatorias del contenido de las bolsas y preparaba la siguiente gráfica. Se tomó una muestra de 24 bolsas las cuales se pesaban cada hora (vea cuadro 1).

Preguntas de análisis

1. ¿Cuál es su análisis acerca del problema de peso de las bolsas?
2. ¿Qué procedimientos recomendaría para mantener un control de calidad adecuado?

Reimpreso con permiso de Charles E. Merrill Publishing Company.

CUADRO 1 Pesos de muestras de bolsas

	Peso promedio	Variación			Peso promedio	Variación	
Tiempo	(libras)	Más pequeño	Más grande	Tiempo	(libras)	Más pequeño	Más grande
6:00 a.m.	49.6	48.7	50.7	6:00 a.m.	46.8	41.0	51.2
7:00	50.2	49.1	51.2	7:00	50.0	46.2	51.7
8:00	50.6	49.6	51.4	8:00	47.4	44.0	48.7
9:00	50.8	50.2	51.8	9:00	47.0	44.2	48.9
10:00	49.9	49.2	52.3	10:00	47.2	46.6	50.2
11:00	50.3	48.6	51.7	11:00	48.6	47.0	50.0
12:00 medianoche	48.6	46.2	50.4	12:00 medianoche	49.8	48.2	50.4
1:00 p.m.	49.0	46.4	50.0	1:00 a.m.	49.6	48.4	51.7
2:00	49.0	46.0	50.6	2:00	50.0	49.0	52.2
3:00	49.8	48.2	50.8	3:00	50.0	49.2	50.0
4:00	50.3	49.2	52.7	4:00	47.2	46.3	50.5
5:00	51.4	50.0	55.3	5:00	47.0	44.1	49.7
6:00	51.6	49.2	54.7	6:00	48.4	45.0	49.0
7:00	51.8	50.0	55.6	7:00	48.8	44.8	49.7
8:00	51.0	48.6	53.2	8:00	49.6	48.0	51.8
9:00	50.5	49.4	52.4	9:00	50.0	48.1	52.7
10:00	49.2	46.1	50.7	10:00	51.0	48.1	55.2
11:00	49.0	46.3	50.8	11:00	50.4	49.5	54.1
12:00 mediodía	48.4	45.4	50.2	12:00 mediodía	50.0	48.7	50.9
1:00 a.m.	47.6	44.3	49.7	1:00 p.m.	48.9	47.6	51.2
2:00	47.4	44.1	49.6	2:00	49.8	48.4	51.0
3:00	48.2	45.2	49.0	3:00	49.8	48.8	50.8
4:00	48.0	45.5	49.1	4:00	50.0	49.1	50.6
5:00	48.4	47.1	49.6	5:00	47.8	45.2	51.2
6:00	48.6	47.4	52.0	6:00	46.4	44.0	49.7
7:00	50.0	49.2	52.2	7:00	46.4	44.4	50.0
8:00	49.8	49.0	52.4	8:00	47.2	46.6	48.9
9:00	50.3	49.4	51.7	9:00	48.4	47.2	49.5
10:00	50.2	49.6	51.8	10:00	49.2	48.1	50.7
11:00	50.0	49.0	52.3	11:00	48.4	47.0	50.8
12:00 mediodía	50.0	48.8	52.4	12:00 medianoche	47.2	46.4	49.2
1:00 p.m.	50.1	49.4	53.6	1:00 a.m.	47.4	46.8	49.0
2:00	49.7	48.6	51.0	2:00	48.8	47.2	51.4
3:00	48.4	47.2	51.7	3:00	49.6	49.0	50.6
4:00	47.2	45.3	50.9	4:00	51.0	50.5	51.5
5:00	46.8	44.1	49.0	5:00	50.5	50.0	51.9

El 1 de enero de 2001, 3M anunció que W. James McNerney Jr. había sido elegido presidente y director ejecutivo de la empresa (vea el anuncio en el apéndice 1). En la junta anual de accionistas de mayo de 2001, McNerney declaró que "[…] en mi agenda es prioritaria una implantación a nivel gerencial y extensiva a toda la compañía del enfoque de Seis Sigmas para el mejoramiento de los procesos y del negocio[…] He constatado por mí mismo la manera en la que Seis Sigmas puede infundirle energía a una organización, aumentar sus ventas y su flujo de efectivo, satisfacer mejor a los clientes y reforzar el desarrollo de la administración".

McNerney inició un programa masivo de capacitación para cientos de ejecutivos senior, quienes, a su vez, se debían encargar de dirigir los esfuerzos de capacitación a todos los administradores de nivel medio y de presentar una lista de 100 proyectos clave para Seis Sigmas.

De acuerdo con algunas fuentes, McNerney ya le había "vendido" al Consejo de administración de 3M el concepto antes de que tomara el puesto.

Históricamente, 3M había competido principalmente en el liderazgo del producto y en la calidad y casi nunca en el precio. Muchos administradores de 3M consideraban que la empresa ya estaba enfocada en la calidad, con muchos productos de alta calidad como los Post-it y la cinta Scotch, los cuales presentaban participaciones de mercado muy altas; sin embargo, el desempeño financiero de 3M era "plano" y no se esperaba que mejorara a menos de que se hicieran algunos cambios mayores. Ya se había tomado la decisión de implantar un programa de Seis Sigmas. La cuestión que debía resolver la administración senior era cómo aplicar el programa Seis Sigmas como una palanca clave para la transformación de la organización a efecto de que se volviera más competitiva.

HISTORIA[1]

3M se fundó en 1902 en el poblado de Lake Superior, en Two Harbors, Minnesota. Cinco hombres de negocios estuvieron de acuerdo en explotar un depósito de minerales para obtener abrasivos para el tallado de ruedas. Pero los depósitos resultaron ser de poco valor y la nueva Minnesota Mining and Manufacturing Company se mudó rápidamente a Duluth para concentrarse en productos de papel de lija.

Siguieron varios años de lucha hasta que la compañía pudo dominar una producción de calidad y una cadena de suministro. 3M logró atraer nuevos inversionistas, como Lucius Ordway, quien trasladó la empresa a Saint Paul en 1910. Las primeras innovaciones técnicas y de marketing empezaron a producir éxito y, en 1916, la compañía pagó su primer dividendo de 6 centavos por acción.

La primera lija del mundo a prueba de agua, que resolvía el problema de la salud derivado del polvo del lijado, se desarrolló a principios de la década de 1920. En 1925, ocurrió un hecho clave cuando Richard G. Drew, joven asistente de laboratorio, inventó la cinta adhesiva (*masking tape*), un paso innovador hacia la diversificación y la primera de muchas cintas de la marca Scotch que eran sensibles a la presión.

En los años siguientes el progreso técnico dio como resultado la cinta de celofán de Scotch™ para el sellado de cajas. Los clientes empezaron a encontrar muchos usos adicionales, incluyendo aplicaciones de los consumidores. Basándose en la experiencia al fusionar la arena mineral en el papel de lija, 3M presentó nuevos adhesivos para reemplazar las tachuelas en la tapicería, así como materiales capaces de anular el ruido en los nuevos automóviles con marcos de metal de la industria automotriz.

El negocio de gránulos para techados (pedacitos de roca revestidos de cerámica) se desarrolló como respuesta a la necesidad de lograr que las placas de asfalto duraran más tiempo. A principios de la década de 1940, 3M se desvió hacia los materiales de la defensa para la Segunda Guerra Mundial, lo cual estuvo seguido de nuevos negocios, como las hojas reflectantes Scotchlite™ para marcas de carretera, cintas magnéticas para grabaciones de sonido, cintas adhesivas de filamentos y el inicio de la participación de 3M en las artes gráficas con placas de impresión en offset.

En la década de 1950, 3M introdujo el proceso de copiado Thermo-Fax™, el protector de tela Scotchgard™, cintas de video, los paños de limpieza Scotch-Brite™ y otros productos electromecánicos nuevos.

En la década de 1960, se incorporó la microfilmación en plata seca, productos de fotografía, productos libres de carbono, sistemas de proyección y productos médicos y dentales, así como de cuidados de la salud de rápido crecimiento.

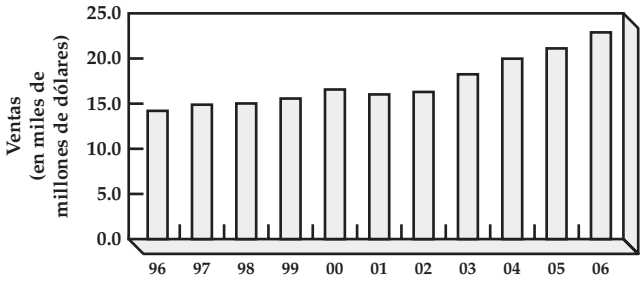
Los mercados se ampliaron aún más en las décadas de 1970 y 1980 hacia las áreas de farmacéuticos, radiología, control de la energía, mercados de oficinas y, de manera global, a la mayoría de los países del mundo.

[1] *Fuente:* http://www.3m.com/profile/looking/glance.jhtml, 15 de mayo de 2001 y el reporte anual de 3M para 2000.

Este caso fue escrito por los profesores Arthur Hill, Kevin Linderman y Roger Schroeder de la Curtis L. Carlson School of Management de la Universidad de Minnesota. El caso se preparó como punto de partida para debates escolares en lugar de ilustrar el manejo eficaz o no de una situación de negocios. Todo el contenido de este documento se tomó de fuentes públicas.

Copyright © 2007 Profesor Arthur V. Hill, Kevin Linderman y Roger Schroeder, Curtis L. Carlson School of Management, University of Minnesota. No puede reproducirse sin el permiso escrito de la Carlson School of Management (Atención: Profesor Arthur V. Hill), University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota 55455, USA. Fax 612-624-8804, email: ahill@csom.umn.edu. Revisado el 5 junio de 2007. Reimpreso con permiso.

CUADRO 1 Historia de ventas de 3M



La década de 1990 estableció nuevos récords de ventas de más de 15 000 millones de dólares anualmente y aproximadamente 30% de las ventas provenían de productos creados dentro de los cuatro últimos años. El crecimiento de 3M ha pasado por un deseo de participar en muchos mercados donde la compañía puede hacer una aportación significativa a partir de las tecnologías básicas, en lugar de ser dominante en sólo algunos de ellos.

En 2000, 3M era una compañía de tecnología diversificada con posiciones líderes en electrónica, telecomunicaciones, productos industriales, productos de consumidores y para oficinas, cuidados para la salud, seguridad y otros mercados. En ese año, tuvo ventas de 16 700 millones de dólares, un incremento de 6%, y generó 5 600 millones de dólares (casi 35% de las ventas) a partir de productos introducidos durante los cuatro años anteriores, con ventas de más de 1 500 millones de dólares provenientes de productos introducidos en 2000. Durante la dirección de McNerney, las ventas continuaron en aumento, como se ilustra en el cuadro 1. Las ventas internacionales representaron más de 50% de las ventas totales.

Con sus oficinas centrales en Saint Paul, Minnesota, la empresa tenía operaciones en más de 60 países y atendía a clientes en casi 200 países. 3M era una de las 30 acciones que conformaban al Dow Jones Industrial Average y también era un componente del Índice de Standard & Poor's 500.

SEIS SIGMAS

3M aplicó muchos de los enfoques estándares de Seis Sigmas que Motorola desarrolló originalmente en 1985 y que luego se ampliaron a Allied Signal y GE a mitades de la década de 1990. Desde entonces, muchas otras organizaciones también adoptaron Seis Sigmas, como se indica en el apéndice 2.

El enfoque de 3M para Seis Sigmas constaba de dos modelos distintos de mejoramiento.

1. Para los procesos existentes, se usó el modelo de cinco pasos DMAIC.
2. Para el desarrollo de nuevos productos, se usó el DFSS (Design for Six Sigma [Diseño para Seis Sigmas]).

Para los procesos existentes, Seis Sigmas tenía como meta la realización de mejoramientos significativos en aquellos procesos que la alta administración seleccionaba estratégicamente. Después de elegir un proceso para su mejoramiento y de asignar a un ejecutivo senior para que fungiera como campeón,* se estableció a un cinturón negro** que se dedicara tiempo completo a conducir a un equipo de mejoramiento del proceso y, de tiempo completo, a capacitar en los métodos de Seis Sigmas y estadística. El equipo del proyecto, bajo la orientación del cinturón negro, trabajó en el mejoramiento del proceso usando el siguiente modelo DMAIC.

Modelo de mejoramiento DMAIC de Seis Sigmas

D	**D**efinición (Define)	Necesidades, metas problemas, alcance
M	**M**edición (Measure)	Validación del problema, insumos, pasos claves, datos de eficiencia
A	**A**nálisis (Analyze)	Desarrollo/validación de hipótesis, identificación de causas fundamentales, evaluación del diseño del proceso
I	**M**ejoramiento (Improve)	Eliminación de causas fundamentales, estandarización de soluciones, implantación de nuevos procesos
C	**C**ontrol (Control)	Establecimiento de medidas estándar y revisiones para el mantenimiento del desempeño

Un proyecto típico de Seis Sigmas duraba seis meses y se esperaba que consiguiera mejoras significativas tanto en la satisfacción del cliente (interno y externo) como en los ahorros en costos. Los mejoramientos estaban estandarizados y se revisaban de manera periódica para garantizar un beneficio continuo para 3M. Los ahorros provenientes del proyecto también eran cuidadosamente rastreados por la organización financiera de 3M.

La segunda aplicación de Seis Sigmas era diseñar nuevos productos mediante el empleo de la metodología del diseño de Seis Sigmas. Este proceso empezaba con la identificación de las necesidades del cliente, las cuales traducía, finalmente, en especificaciones del producto. El proceso incluía no sólo el diseño del producto, sino también la reducción del riesgo inherente en los procesos del diseño a través de su verificación con los consumidores potenciales. Durante el proceso de diseño, se usaban diversas herramientas como la simulación computarizada de las características del diseño para la implantación de la función de calidad (vea el apéndice 3 donde se presentan más detalles acerca de Seis Sigmas en 3M).

EL PROGRAMA DE SEIS SIGMAS EN 3M

El reporte anual de 2000 de 3M incluía los siguientes párrafos que alababan las virtudes del programa de Seis Sigmas:

---

* El método Seis Sigmas se estructura de acuerdo con los grados del karate, así el líder campeón es un miembro de la alta gerencia que tiene a su cargo la implantación de Seis Sigmas en la organización, y actúa como mentor de quien se desempeña como cinturón negro. (N. del E.)

** El cinturón negro es una persona de la organización designada de tiempo completo para aplicar la metodología Seis Sigmas en proyectos específicos. (N.del E.)

Mejoramiento del proceso: la mejora del proceso no significa nada si no reduce los costos, aumenta las ventas, satisface a los clientes, desarrolla a los administradores, incrementa el flujo de efectivo y hace más rápida a toda la organización. 3M se desplaza rápidamente de los sistemas múltiples de administración de la calidad dentro de la compañía a un solo sistema: Seis Sigmas. Un enfoque uniforme, extensivo a toda la compañía y compartido por los empleados, los clientes y los proveedores acrecentará nuestra competitividad y mejorará nuestra eficiencia.

Aceleración 3M: esta iniciativa tiene como finalidad la generación de rendimientos incluso más grandes sobre nuestros más de 1 000 millones de dólares de inversión en investigación y desarrollo. El equipo de administración senior estará aplicando las herramientas de Seis Sigmas para reducir los tiempos de desarrollo y comercialización del producto. Además, trabajaremos como equipo para hacer más eficiente nuestro enfoque corporativo acerca de las áreas de crecimiento con los mayores rendimientos para nuestros inversionistas.

Iniciativas de 3M[2]

Con la dirección de nuestro nuevo presidente, director ejecutivo, W. James McNerney Jr., 3M ha empezado la tarea de implantar iniciativas que habrán de conducirle a proporcionar un mejor servicio a sus clientes. El cambiante y exigente mundo actual exige lo mejor de cada elemento de 3M, manteniendo siempre en mente nuestra verdadera razón de ser: nuestros clientes. Estas iniciativas se concentran en la competitividad a largo y a corto plazo porque estamos interesados en lograr que los clientes piensen en nosotros como la empresa ágil que somos, siempre dispuestos a brindar los mejores productos y servicios.

Seis Sigmas: al implantarse en nuestra corporación, refuerza todos los aspectos de nuestro negocio. Al perseguir el mejoramiento de la calidad bajo un solo programa, Seis Sigmas, 3M ha sido un proveedor excelente de los diversos mercados en los cuales participamos por medio del suministro de productos nuevos e innovadores. Nuestros clientes exigen y merecen que lo hagamos incluso mejor y más rápido a través de la Aceleración de 3M.

Productividad E: el futuro de las actividades comerciales a través de los medios electrónicos ya está aquí. Estamos cambiando la forma en la que trabajamos para ser más eficientes y productivos, y para prestar un mejor servicio cuando apoyamos a nuestros clientes. Para lograrlo, debemos contar con las herramientas para estar mejores conectados y ello nos permitirá estar listos en la rápidamente creciente nueva forma de hacer negocios.

Oferta: si hacemos compras de una manera más inteligente y sistemática, obtendremos una reducción de costos para 3M. Teniendo esto en mente, nuestra presencia y fortaleza en las compras de productos se traducirán en la generación de productos benéficos y accesibles a nuestros clientes.

Costos indirectos: la administración eficaz de los costos es fundamental para el logro de un plan de negocios sólido y exitoso, en especial en épocas de crisis. En 3M, ahora y en el futuro, buscamos una reducción adecuada del costo indirecto en varios niveles para mantenernos como el proveedor predilecto de nuestros clientes.

CONFERENCIA DE JEANNE O'CONNELL EN LA CARLSON SCHOOL OF MANAGEMENT

En una conferencia que Jeanne O'Connell, directora de operaciones de Seis Sigmas de 3M, ofreció en la Carlson School of Management en noviembre de 2001, aportó la siguiente definición de Seis Sigmas en 3M:

> Seis Sigmas es una metodología para perseguir un mejoramiento continuo de la calidad y reducir la variabilidad inherente. Requiere de un proceso completo y de una comprensión de los productos, y está claramente enfocada en las expectativas dirigidas al cliente.

Ella prosiguió después para compartir las siguientes ideas:

Seis Sigmas posee un enfoque sobre los procesos

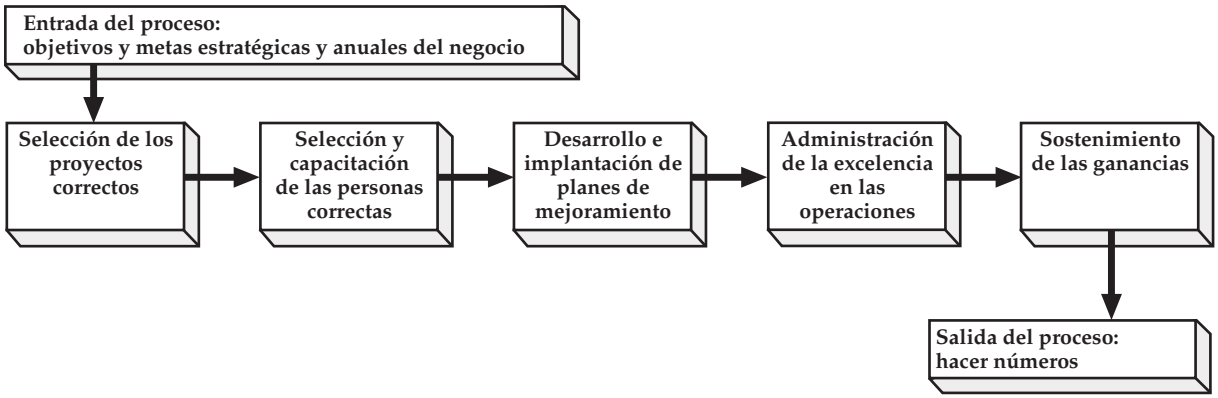
Seis Sigmas representa un enfoque ordenado y consistente de una actividad recurrente de negocios a nivel significativo. Algunos ejemplos de una actividad de negocios significativa incluyen la introducción de nuevos productos, los experimentos de laboratorio, el manejo de las llamadas de los clientes, la aprobación de documentos, la manufactura de un producto, el cumplimiento de un pedido, etc. Todas nuestras actividades de negocios implican un proceso —reconocido o no, eficiente o ineficiente—. Entre mejores sean nuestros procesos de negocios, mejor podremos cumplir nuestras promesas de una manera consistente y confiable. Los procesos de negocios excelentes son esenciales para un crecimiento sostenible.

La señora O'Connell describió el método de 3M para seleccionar procesos a ser mejorados como sigue:

- Los procesos seleccionados deben vincularse con el plan estratégico de negocios.
- Se da prioridad a la selección con base en el valor para el negocio, los recursos necesarios y la oportunidad. Los factores que se consideran en la selección incluyen el crecimiento, la reducción de costos y los ahorros de efectivo.
- Todos los procesos de mejoramiento los aprueba la administración.

[2] *Fuente:* http/www.3m.com/intl/mx/englishver/mexico/quienes.htm, 8 de septiembre de 2001.

CUADRO 2 Historia de ventas de 3M



CUADRO 3 Enfoque simple de 3M para Seis Sigmas

El proyecto correcto
+ Las personas correctas
+ La guía y las herramientas correctas
+ El apoyo correcto
= Los resultados correctos

- Son formalmente rastreados con propósitos de ahorros y reducción de defectos.
- El líder del equipo y la administración son los responsables.

Los cuadros 2 y 3 muestran las diapositivas que 3M utiliza para comunicar su enfoque simple de Seis Sigmas. El cuadro 2 destaca que una perspectiva estratégica impulsa la selección del proyecto. El cuadro 3 indica que los resultados correctos son producto del hecho de que los pasos anteriores sean los apropiados.

Al responder a la pregunta de por qué Seis Sigmas, Jeanne O'Connell expresó las siguientes cuatro razones:

- Un enfoque común con metas comunes.
- Instituye un lenguaje común.
- Desarrolla habilidades transferibles.
- La forma más efectiva de incrementar y acelerar el desempeño de nuestro negocio y la calidad de los clientes.

O'Connell hizo notar que 3M se desplaza agresivamente para impulsar el mejoramiento del proceso en toda la compañía. "Iniciamos al nivel más alto con el liderazgo senior de 3M y estamos edificando el compromiso de 3M para el mejoramiento. A finales del año 2000, se habrán capacitado a más de 4 000 personas".

En un momento durante la conversación, ella afirmó que "[…]queremos cambiar el ADN de la corporación" e incluso comentó que planeaban volver un requisito que todos los ejecutivos fueran cinturones negros.

LOS ESCÉPTICOS

Algunas compañías no han adoptado el enfoque de Seis Sigmas. Los miembros escépticos de éstas arguyen los siguientes problemas en su aplicación:

- No podemos darnos el lujo de mejorar nuestros procesos a 3.4 partes por millón de defectos como lo demanda Seis Sigmas. Además, nuestros clientes no requieren ese nivel de calidad.
- Seis Sigmas es demasiado complicado e implica muchas estadísticas para nuestro personal; necesitamos un enfoque más sencillo para el mejoramiento del proceso.
- Seis Sigmas no funciona muy bien en los procesos de servicios o procesos basados en transacciones que tienen resultados intangibles y que son difíciles, si no es que imposibles, de medir. Seis Sigmas es más conveniente en el área de manufactura.
- No podemos hacer frente a los costos de capacitación y al nombramiento de cinturones negros con jornadas de tiempo completo para el mejoramiento del proceso.
- Seis Sigmas es sólo la moda más reciente en calidad y, como tal, también pasará.

LA ERA DE McNERNEY

Tras asumir el cargo como director ejecutivo en 2001, McNerney no sólo implantó de una manera agresiva Seis Sigmas, sino que hizo otros cambios trascendentes. Haciendo frente a la recesión de 2001 y a utilidades menguantes, despidió 8 000 trabajadores (aproximadamente 11% de la fuerza de trabajo) y redujo drásticamente los gastos de capital de 980 millones a 677 millones de dólares en 2003. Durante este periodo, las ventas aumentaron a 21 000 millones de dólares en 2005 y las utilidades a un promedio de 22% por año. Wall Street mostró simpatía por las iniciativas de McNerney y el precio de las acciones se incrementó.

En 2005, McNerney dejó la empresa 3M para convertirse en el director ejecutivo de Boeing. El consejo de administración contrató a George Buckley, anterior director ejecutivo de Brunswick, para que fuera el nuevo director ejecutivo de 3M en diciembre de 2005. Buckley tomó un enfoque diferente del mejoramiento en 3M; continuó aplicando Seis Sigmas en las áreas de manufactura y de administración, pero la redujo en investigación y desarrollo. Asimismo, invirtió más en investigación y desarrollo y en las nuevas plantas de manufactura. Con Buckley, la motivación por la toma de riesgos ha renova-

do la innovación y la creatividad. Su prioridad es recuperar el legendario espíritu innovador de 3M, preservando, a la vez, las eficiencias operativas que McNerney creó.

¿ES SUFICIENTE CON SEIS SIGMAS?

Ha habido discusiones muy acaloradas en los medios de comunicación y en internet acerca de si Seis Sigmas es suficiente en 3M y en otras compañías.[3] Se argumenta que tiende a bloquear la innovación, la creatividad y el desarrollo de nuevos productos; por ejemplo, hay quienes alegan que, durante el periodo de McNerney en 3M, la innovación sufrió porque Seis Sigmas se enfocó particularmente en investigación y desarrollo en detrimento de la primera. McNerney negó lo anterior y alegó que Seis Sigmas no sofocó la innovación ni tampoco reemplazó la creatividad.[4] Tales cualidades todavía se requieren para desarrollar nuevos productos que representen avances importantes; pese a ello, existen aquellos que señalan la falta de innovación al implantar Seis Sigmas ya que tiende a concentrarse en la reducción de defectos y de la variación, mientras que la innovación requiere riesgo, crea ineficiencias posibles y puede aumentar la variación de los procesos.

Ahora, el argumento está tomando dos rumbos: por un lado, se alega que la innovación y el mejoramiento no pueden coexistir en la misma organización; por otro, gente como O'Reilly y Tushman argumentan que en verdad se necesita una compañía "ambidiestra" para conseguir tanto la innovación como el mejoramiento a través del equilibrio.[5] Éste podría lograrse mediante el establecimiento de departamentos o equipos separados, algunos de los cuales estén a cargo de la innovación y otros, del mejoramiento. Aun así, la alta administración también debe ser ambidiestra y debe equilibrar con cuidado la asignación de los recursos y de los equipos, y la inversión para que ocurran tanto la innovación como el mejoramiento en la empresa. Aún prevalece un debate en cuanto a cuál es la perspectiva correcta. ¿Sofoca Seis Sigmas la innovación y es Seis Sigmas suficiente?

LOS DESAFÍOS EN 3M

A medida que la corporación pasó por sus principales transformaciones, surgieron muchas interrogantes en la mente de los administradores:

1. ¿Cuáles serán los beneficios, los costos y los riesgos del programa de Seis Sigmas, y cómo serán rastreados y reportados?
2. ¿Cómo deberían incluirse las diversas áreas funcionales de la organización en la iniciativa de Seis Sigmas, y qué papel deberían desempeñar las administraciones senior y media en esta iniciativa de cambio?
3. ¿Qué papel debería desempeñar Seis Sigmas en la estrategia corporativa?
4. ¿Cuáles son las implicaciones de recursos humanos en la implantación de Seis Sigmas (por ejemplo, selección de empleados, definición de funciones, estructura de la organización, sistemas de recompensas)?
5. ¿Como afectará Seis Sigmas a la cultura de la innovación en 3M y, es suficiente?

[3] *Forbes/Reuters* 5/13/04, iSixSigma.com 6/1/04, *BusinessWeek* 6/11/07.
[4] http://www.isixsigma.com/library/content/c040617a.asp.
[5] C. A. O'Reilly y M. L. Tushman, "The Ambidextrous Organization", ***Harvard Business Review*** 82 (4), abril de 2004, p. 74-81.

APÉNDICE 1 McNerney será el nuevo presidente y director ejecutivo de 3M

Diciembre 5, 2000. 3M anunció hoy que W. James McNerney Jr. ha sido elegido como presidente y director ejecutivo, entrando en funciones el 1 de enero de 2001. Él sucederá a L. D. DeSimone, quien permanecerá con la compañía hasta el 1 de abril de 2001, para asegurar así una transición sin obstáculos. McNerney, de 51 años de edad, fue presidente y director ejecutivo de GE Aircraft Engines, proveedor líder a nivel mundial de motores jet con más de 10 000 millones de dólares de ingresos anuales. Su carrera en GE incluye el puesto más alto en GE Lighting; presidente de GE Asia-Pacific; presidente y director ejecutivo de GE Electrical Distribution and Control; vicepresidente ejecutivo de GE Capital, una de las compañías de servicios financieros más grandes del mundo; y presidente de GE Information Services, proveedor de servicios de redes para computadoras. Recibió el grado de licenciatura de Yale University y su MBA de Harvard University.

1997-a la fecha: Presidente y director ejecutivo, GE Aircraft Engines, Cincinnati, OH.
1995-97: Presidente y director ejecutivo, GE Lighting, Cleveland, OH.
1993-95: Presidente, GE Asia-Pacific, Hong Kong.
1991-92: Presidente y director ejecutivo, GE Electrical Distribution & Control, Plainville, CT.
1989-91: Vicepresidente ejecutivo, GE Financial Services y GE Capital, Stamford, CT.
1988-89: Presidente, GE Information Services, Rockville, MD.
1982-86: Gerente general de GE Mobile Communications.

Antes de unirse a GE en 1982, trabajó primero para Procter & Gamble en la administración de la marca y, después, como administrador senior en McKinsey & Co.

APÉNDICE 2 Empresas que han adoptado Seis Sigmas

3M
Allegheny Technologies
Allied Signal
Amazon.com
American Express
Ametek
Arcelik
Asea Brown Boveri
Avery Dennison
BAE Systems
Baxter Healthcare
BBA Nonwovens
Bharat Heavy Electricals
Black & Decker
Boeing
Bombardier
Bosch
Burlington Industries
Canon
Carlson Companies
Caterpiller
Ceridian
Chromalloy
Citigroup
City of Fort Wayne, Indiana
CNH Global
Cognis Corporation
ComauPico
Commonwealth Health Corporation
Compaq Computer Corporation
Cooper Cameron Corporation
Cooper Standard Automotive
Cott Beverages
Crane
Cummins Engine Company
Cytec-Fiberite Inc.
DaimlerChrysler Corporation
Danaher Corporation
Datacard Corporation
Datastream Systems, Inc.
Dell Computer
Delphi Automotive Systems
Delta Airlines
Digital Electronics
Dow Chemical
DuPont
Dura Automotive Systems
Eastman Kodak
Eaton Corporation
Eli Lilly and Company
Ericsson
Fairchild Fasteners
First Data Corporation
Flextronics International
Ford Motor Company
Freudenberg
Gateway
GenCorp
General Electric
Gulf States Paper Corporation
Hellenic Aerospace Industries
Heller Financial Inc.
Hitachi
Honda
Honeywell
Hoover Company
Huntsman Corporation
IBM
IMI Norgren
IMC Global
International Paper
Invensys
ITI Industries
Jaguar
JEA
John Deere
Johnson & Johnson
Johnson Controls
JP Morgan Chase
Kaiser Aluminum
Kohler Company
Landis Gardner
Lear Corporation
Libby-Owens-Ford
LG Electronics
Lithonia Lighting
Lockheed Martin
Mabe
Magnetek
Maple Leaf Foods
Marconi
Maytag
McKessonHBOC
Mead
MeridianAutomotive Systems
Motorola
Mount Carmel Health System
NCR Corporation
Nokia
Noranda
Northrup Grumman Corporation
NovaStar Mortgage, Inc.
Oasis Corporation
Owens Corning
PACCAR
Pilkington
Polaroid
Polyclad Technologies
PraxAir
Raytheon
Rexam Beverage Can Corporation
Riverwood International
Roche Diagnostics
Rohm and Haas Company
RR Donnelley & Sons
Samsung
SAMTEL
Schenectady International
Seagate Technology
Sears, Roebuck & Company
Shimano
Siemens
Sonoco
Sony
Space Systems Loral
Sun Microsystems
Tata Chemicals Limited
Temasek Polytechnic
Texas Instruments
Textron
TIMET
TIMEX
Toshiba
Unifi Inc.
Visteon Corporation
Vulcan Materials Company
Vytra Health Plans
Walbro Engine Management
Whirlpool Corporation
Woodward
W.C. Bradley
Xerox Corporation

APÉNDICE 3 Seis Sigmas pone a 3M en avance rápido

El mejoramiento del proceso no es nuevo para 3M. De hecho, el personal de 3M ha sido muy eficiente en ese contexto durante mucho tiempo. Pero, entonces, ¿por qué Seis Sigmas —una metodología para el mejoramiento del proceso que se está implantando a través de toda la compañía— está marcando la diferencia?

Para aprender más sobre este nuevo enfoque, el equipo editorial ***3M Stemwinder*** se reunió con Brad Sauer, director ejecutivo de Seis Sigmas. Sauer y su equipo son responsables de aportar estrategias de Seis Sigmas, herramientas, capacitación y otros apoyos relacionados con las unidades de negocios de 3M en todo el mundo.

En esta entrevista, Sauer expone el progreso que se ha realizado desde que se introdujo Seis Sigmas el mes pasado de febrero, así como el potencial a largo plazo de Seis Sigmas.

APÉNDICE 3 (*continuación*)

P. ¿Qué avances consiguió 3M con Seis Sigmas?

Hemos logrado grandes avances en tan sólo ocho meses. Estamos cambiando la manera en la que trabajamos y empezamos a ver algunos resultados significativos. Los números se modifican todos los días, pero, hasta el momento, se capacitaron aproximadamente 1 700 empleados en Seis Sigmas. Tenemos casi 600 proyectos en proceso y más de 3 000 personas de todo el mundo están involucradas en equipos para proyectos de Seis Sigmas.

Cierto número de proyectos están en la etapa de control. Ello significa que el nuevo mejoramiento del proceso se está implantado y está funcionando. El equipo de Seis Sigmas evalúa los resultados a lo largo de un periodo para garantizar que se sostengan los progresos conseguidos. En ese momento, se cierra el proyecto. Veremos el cierre de muchos proyectos en los meses siguientes y se iniciarán cientos de otros.

P. ¿Estamos todavía planeando capacitar a todos los empleados asalariados?

Por supuesto que sí. Finalmente, todos ellos recibirán por lo menos una capacitación de cinturón verde, que cuya capacitación gira entorno de la metodología fundamental de Seis Sigmas.

La capacitación está basada en proyectos. Ello implica que las unidades de negocio primero identifican los proyectos de Seis Sigmas con base en sus prioridades de negocios y, posteriormente, se capacita a aquellos que habrán de trabajar en esos proyectos. Motivamos a los trabajadores para que busquen oportunidades con el objeto de reconocer y participar en los proyectos de Seis Sigmas —están en la mejor posición de hacerlo así— y no se tiene que ser un cinturón verde para incursionar en un equipo.

P. ¿Cuál es el enfoque de Seis Sigmas?

Las unidades de negocios y de personal se están concentrando en tres áreas: crecimiento, ahorros en costos y generación de efectivo. Nos aseguramos que estamos trabajando en aquellas cosas que tienen el mayor impacto sobre la compañía. Seis Sigmas no es algo separado que se esté añadiendo a lo que ya estamos haciendo. Está cambiando la forma en que trabajamos en las cosas más importantes; por ejemplo, todas las iniciativas de desempeño de 3M poseen una participación en Seis Sigmas.

P. ¿Qué hace a Seis Sigmas más eficaz que otros esfuerzos para el mejoramiento del proceso?

En el pasado, 3M contaba con varios sistemas diferentes. Seis Sigmas proporciona un solo enfoque y un lenguaje común que todos podemos usar para mejorar el modo en el que realizamos las cosas y los empleados de 3M en verdad lo han conseguido. Ésa es una de las razones por las cuales dimos curso a un inicio tan rápido.

Cuando utilizamos un sistema, es sorprendente la cantidad de información que podemos compartir y lo bien que podemos apalancar lo que hemos aprendido. Esto nos ha abierto los ojos. Seis Sigmas contribuye a acelerar todo lo que hacemos. Estamos construyendo una estructura de conocimientos; por lo tanto, una actividad que le tome dos meses a un primer equipo, le puede tomar sólo algunas semanas a un segundo equipo que trabaje en un proyecto similar.

Seis Sigmas es un enfoque muy estructurado; es decir, obliga a obtener datos y respaldar las cosas. Los datos son muy poderosos y la capacidad para tomar decisiones fundadas en ellos le aporta energía y motiva a la gente, elimina la subjetividad del trabajo y pone en acción a los equipos con mucha rapidez.

P. ¿Nos puede proporcionar un ejemplo?

Por supuesto… la división 3M ESPE es ganadora a escala mundial del reconocimiento Malcolm Baldrige en términos del mejoramiento de procesos. Ellos emplearon Seis Sigmas para entender un problema que afrontaban en un proceso de manufactura. Como resultado de este proceso tuvieron un bajo rendimiento y no estaban seguros del porqué. La experiencia y la intuición los condujeron en una dirección, pero los datos de Seis Sigmas los llevaron en otra totalmente distinta. Ellos confiaron en los datos, modificaron el proceso de una manera acorde y sus rendimientos se han casi triplicado. Ése es el poder de los datos.

P. ¿Seis Sigmas se aplica en toda la compañía?

Todo lo que hacemos es parte de un proceso y, por lo tanto, todo mundo puede aplicar Seis Sigmas a su trabajo o su función, indistintamente de que sea en manufactura, ventas, servicio a los clientes, contabilidad, marketing, como usted lo quiera llamar. Todos los procesos tienen variaciones y pueden mejorarse. Seis Sigmas es una forma estructurada de contemplar los problemas del proceso y de reducir dichas variaciones.

Prácticamente, Seis Sigmas puede generar beneficios en cualquier disciplina. Existen tres claves para el éxito. Primero, se necesitan líderes que estén totalmente comprometidos e involucrados. A continuación, es necesario asegurarse de que se está trabajando en las cosas más importantes. Y, finalmente, se requieren empleados inteligentes y motivados que lo puedan aplicar. Hemos conseguido que todas estas cosas funcionen para nosotros en 3M.

Sobre la movilización hacia nuevas dimensiones, nuevas direcciones

P. ¿Cómo se beneficiarán los clientes de 3M con Seis Sigmas?

Una de las cosas realmente emocionantes acerca de Seis Sigmas es que todos nuestros participantes clave se benefician. Los accionistas verán una empresa fuerte y financieramente saludable: una inversión buena y sólida. Los empleados se emocionarán

APÉNDICE 3 (*continuación*)

por su trabajo, aprenderán nuevos procesos y desarrollarán habilidades para el liderazgo. Los clientes verán una 3M mucho más receptiva, rápida y que los podrá atender mejor con productos y servicios más competitivos, con más uniformidad y con una calidad más consistente.

Incluso, un proyecto que parezca estar internamente enfocado puede tener un impacto significativo sobre el cliente; por ejemplo, contamos con un número de proyectos que se concentran en el mejoramiento de nuestras cuentas por cobrar. Cuando existe un error en una factura, no se paga muy rápidamente. La reducción de los defectos —las variaciones en ese proceso— hacen más fácil que los clientes efectúen operaciones de negocios con 3M. Ello es menos ofensivo para ellos y se nos paga a tiempo. Es una situación de ganancia para el cliente y también para nosotros.

P. ¿Cómo se medirá el éxito?

El éxito lo mediremos en términos del efecto que tengan los proyectos de Seis Sigmas sobre el crecimiento, el costo y el efectivo. Al final de nuestro segundo año, esperamos ver que el ingreso en operación mejore de 300 a 450 millones de dólares. Y anticipamos la generación de una cantidad adicional de 250 millones a 400 millones de dólares en efectivo. En este momento, estamos evaluando los datos sobre la capacitación, como la cantidad de personas que estamos capacitando *versus* lo que pensamos que necesitamos. Contemplamos la efectividad de la capacitación, el número de proyectos que tenemos en proceso y que hemos terminado, y qué tan bien se están haciendo las cosas.

P. Dada la continua desaceleración de la economía, parece ser que Seis Sigmas es, incluso, más importante ahora.

Por supuesto. Seis Sigmas es incluso más importante dada la incertidumbre del medio ambiente externo. Seis Sigmas está a punto de controlar nuestro destino y de hacer lo que podemos. Nuestro compromiso es inquebrantable, si no es que creciente. Necesitaremos más proyectos de Seis Sigmas. Y deberemos mantener nuestros planes de control y no perder ninguno de los beneficios que hemos obtenido.

P. ¿Qué son las súper yes y por qué son relevantes?

En términos de Seis Sigmas, una "Y" es el producto de un proceso; y tenemos un número de áreas diferentes en 3M donde tenemos yes comunes; es decir, poseemos proyectos similares que están trabajando para mejorar el mismo producto del proceso.

A la fecha, hemos identificado tres súper yes a nivel corporativo: DSO (días de ventas pendientes de cobro), inventario y tiempo del ciclo para la comercialización. Por ejemplo, ello representa que hay proyectos de inventarios Seis Sigmas que están ocurriendo en 3M. El trabajo en estos proyectos continúa y produce resultados, pero, además, estamos conjuntando todos los proyectos de inventarios, creando un equipo virtual y más grande. Esto es una súper ye.

Contemplamos los aprendizajes, los problemas y las métricas comunes. Creamos un nuevo cuerpo de conocimientos que esté disponible para todos los equipos de proyectos de inventarios. Estamos apalancando lo que hemos aprendido en una manera grandiosa. En efecto, estamos haciendo que el total sea más grande que la suma de sus partes.

A medida que señalemos la necesidad, añadiremos más súper yes. Y, además de lo que estamos haciendo a un nivel corporativo, existen otras súper yes a un nivel de mercado o en un área geográfica. Así, Europa tiene una súper ye sobre la fijación de precios.

P. ¿Existe algún concepto de Seis Sigmas cuya comprensión por parte de los empleados sea en particular trascendente?

Uno de los aspectos más profundos de Seis Sigmas es un concepto que se denomina titulación. En Seis Sigmas, la titulación constituye el mejor resultado absoluto posible que puede lograrse dentro de un proceso determinado.

Algunas veces, eso se establece al analizar una experiencia anterior y al formular la siguiente pregunta: ¿qué fue lo mejor que hicimos aquella vez, en aquel día de oro de hace cinco años, cuando el proceso produjo algo increíble? En otras ocasiones, podríamos estudiar la parte externa y preguntar: ¿quién es el mejor del mundo en este proceso en específico y qué es lo que está consiguiendo? Usted pone la meta de su proyecto con base en esa perspectiva.

P. ¿Esto es realista?

Sí, sí lo es. Una gran cantidad de sistemas de mejoramiento del proceso buscan beneficios crecientes. Seis Sigmas, por medio de los conceptos de titulación, hace que usted valore su verdadero potencial o su verdadera oportunidad de una manera totalmente distinta.

Permítame explicarlo con algunas cifras hipotéticas. Digamos que usted tiene un proceso que posee una producción final de 20 y que desea mejorarlo. En términos crecientes, podría buscar un mejoramiento de 10% y obtener una producción de 22. O bien, digamos que, incluso, duplica su producción y que obtiene hasta 40.

Usted podría pensar que ello es grandioso, pero, ¿realmente lo es? Incluso un mejoramiento de 100% podría dejar una gran cantidad de oportunidad sobre la mesa a menos de que sepa cuál podría ser el mejor resultado posible. En este ejemplo, el mejor resultado posible —su titulación— podría ser de 80. Teniendo esto en mente, 40 parece ser, más bien, insignificante. En realidad, debería tener como meta los 80: la verdadera oportunidad. El establecimiento de las metas con base en la titulación es uno de los elementos más poderosos de Seis Sigmas.

Fuente: 3M Stemwinder, 30 de octubre-5 de noviembre, vol. 15, núm. 30, 2001.

> Si los productos se venden extremadamente bien, produciremos más durante la temporada y resurtiremos los estantes en algunas semanas. Y fabricaremos incluso más y más, y más durante esa misma temporada. No vamos a esperar con un nuevo producto de alta popularidad hasta el año siguiente, cuando esperamos que la tendencia se mantenga.
>
> —Ronald Snyder, Director ejecutivo de Crocs, Inc.[1]

El 3 de mayo de 2007, Crocs, Inc. liberó los resultados del primer trimestre del año. La compañía de calzado, que vendió sus primeros zapatos en 2003, reportó ingresos de 142 millones de dólares para el trimestre, más del triple de sus ventas en el primer trimestre de 2006. La utilidad neta, a razón de 0.61 dólares por acción, fue más de 17% de las ventas, casi cuatro veces más alta que el año anterior.[2] Estos resultados excedieron por mucho las expectativas de mercado, con ganancias de 0.49 dólares por acción sobre 114 millones de dólares de ingresos.[3] Como parte de la publicación de las utilidades, la empresa anunció una partición de acciones de dos por uno. Inmediatamente después del anuncio, el precio de las acciones saltó 15 por ciento.

El crecimiento y la rentabilidad de Crocs, que elaboraba zapatos originales de colores muy brillantes usando un material de plástico extremadamente cómodo, fueron asombrosos. Gran parte de este crecimiento fue posible gracias a una cadena de suministro altamente flexible que permitió a la compañía elaborar productos adicionales para satisfacer las nuevas órdenes rápidamente dentro de la temporada de ventas, posibilitando que respondiera a una demanda inesperadamente alta, una capacidad de la cual no se había oído hablar anteriormente en la industria del calzado. Esta capacidad para satisfacer las necesidades de los minoristas también hizo a la empresa un proveedor muy popular entre los vendedores de zapatos.

El éxito también dio lugar a preguntas acerca de la manera en que la compañía debería crecer en el futuro. ¿Debería integrarse verticalmente o crecer a través de una ampliación de las líneas de productos? ¿Debería crecer orgánicamente o por medio de adquisiciones? ¿Explotarían las rutas de crecimiento potencial de Crocs las competencias básicas o las desenfocarían?

CROCS, INC.

En 2002, tres amigos provenientes de Boulder, Colorado, hicieron un paseo en velero por el Caribe. Uno de ellos traía un par de zapatos de espuma estilo sueco que había comprado a una compañía de Canadá. Los suecos estaban hechos de un material especial que no se deslizaba sobre las cubiertas de los barcos, eran muy fáciles de lavar, evitaban los malos olores y eran extremadamente cómodos. Los tres, Lyndon "Duke" Hanson, Scott Seamans y George Boedecker decidieron empezar un negocio para vender estos zapatos canadienses a los aficionados al veleo desde un almacén rentado en Florida y, como dijo Hanson, "[…]así podríamos trabajar cuando hiciéramos viajes para paseo en velero en esa zona".[4] Los fundadores deseaban darle un nombre a los zapatos que capturara la naturaleza anfibia del producto. Ya que el nombre de Alligator ya se había utilizado, decidieron llamarles Crocs.

Los zapatos fueron un éxito inmediato y el rumor acrecentó la base de clientes a una amplia variedad de personas que pasaban una gran parte del día de pie, como doctores y jardineros. En octubre de 2003, a medida que el negocio empezó a crecer, se pusieron en contacto con Ronald Snyder, un amigo universitario, para que se volviera un consultor de la empresa. Snyder había sido ejecutivo de la empresa Flextronics, líder en contratos de productos electrónicos, en la que dirigía la división de diseño. Él tenía una amplia experiencia en operaciones de manufactura, fusiones y adquisiciones, en ventas y en marketing. Cuando empezó a prestar servicios de consultoría en Crocs, Snyder comentó: "pensé que sólo trabajaría algunas horas al día. Pensé que sería tranquilo".[5] Pero al ver el rápido crecimiento de la corporación basado en el marketing de rumores, Snyder se unió a Crocs en junio de 2004 como su presidente, convirtiéndose en el director ejecutivo en enero de 2005.

Cuando Snyder se unió a la compañía tenía sus oficinas centrales en Colorado, pero esencialmente distribuía zapatos fabricados por el productor canadiense Finproject NA. Uno de los primeros movimientos de Snyder fue la compra de Finproject, la cual fue renombrada como Foam Designs. Crocs poseía ahora la fórmula para la patente de la resina croslite™, la cual le proporcionaba a

[1] Las citas provienen de entrevistas con los autores, a menos que se especifique otra situación.

[2] Boletín de prensa, "Crocs, Inc. Reports Fiscal 2007 First Quarter Financial Results", 3 de mayo de 2007. En línea en: http://www.crocs.coml consumer/press_details/688244 (fecha de consulta: 4 de mayo de 2007).

[3] Rick Munarriz, "Ugly Shoes, Pretty Profits", The Motley Fool, 4 de mayo de 2007. En línea en: http://www.fool.com/investing/highgrowth/2007/0S/04/ugly-shoes-pretty-profits.aspx (fecha de acceso: 7 de mayo de 2007).

[4] Diane Anderson, "When Crocs Attack", *Business 2.0*, 1 de noviembre de 2006.

[5] *Idem*.

David Hoyt y Amanda Silverman prepararon este caso con la supervisión de Michael Marks y los profesores Chuck Holloway y Hau Lee como una base para realizar debates escolares en lugar de ilustrar un manejo ya sea eficaz o ineficaz de una situación administrativa.

Copyright © 2007 por the Board of Trustees of the Leland Stanford Junior University. Se reservan todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación, usarse en una hoja electrónica o transmitirse en cualquier forma o por cualquier medio —electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o de cualquier otro tipo— sin el permiso por escrito de la Stanford Graduate School of Business. Reimpreso con permiso.

los zapatos sus propiedades únicas de comodidad extrema y resistencia a los malos olores; y además, también controlaba la manufactura. Snyder motivó a la organización para que pensara en grande, contrató un número de ejecutivos claves de Flextronics e incorporó la infraestructura necesaria para su crecimiento (vea el cuadro 1 donde se presentan los ejecutivos y los directores de Crocs). Asimismo, lanzó el producto a todo el mundo. Snyder explicó el fundamento para hacer un lanzamiento mundial en un momento previo en la vida de la corporación:

> El plan era hacer un lanzamiento mundial para presentar una marca que fuera sostenible con un producto de apariencia tan original como extraña. Otras compañías de calzado más grandes o, incluso, las compañías de prendas de vestir más fuertes, nos podrían haber derrotado y hacer mercado en Europa, antes de que nosotros llegáramos ahí, si tuvieran operación en ese continente.
>
> Por lo tanto, siendo chicos de Flextronics y entendiendo que el mundo es plano y que uno puede llegar a cualquier parte con gran rapidez, dijimos: "[…] necesitamos hacer un lanzamiento mundial ahora mismo". Nos hemos demorado un poco en América del Sur, pero ahora también somos muy fuertes ahí. No obstante, necesitamos hacer lanzamientos en todas partes para que nosotros seamos la marca con sostenibilidad. Eso es lo que hemos sido capaces de lograr hasta este momento. Estuvimos en todos los países que se puedan imaginar antes de que cualquier otra persona tuviera cualquier capacidad real para embarcar productos en otros países más allá de Estados Unidos. Ciertamente, hay algunas imitaciones en todas esas plazas, pero simplemente son conocidas como copias. No son conocidas como originales, que es lo que esperábamos conseguir.

Crocs inició sus esfuerzos de ventas basada en poblaciones rurales en Estados Unidos; participaba en muchas ferias comerciales en cada industria que pudiera beneficiarse del producto, como espectáculos de jardines, de botes y de suministros de albercas. A medida que las tiendas comenzaron a llevar los zapatos, el personal de Crocs trabajó estrechamente con las tiendas. Snyder hizo la siguiente observación: "si usted simplemente hubiera puesto un estante de zapatos con una apariencia chistosa, no creo que ellos hubieran hecho nada. Pero nosotros llegamos ahí con nuestra gente, nuestros representantes, e hicimos que la gente se emocionara". Crocs también prosiguió con una amplia variedad de eventos, como conciertos, festivales y torneos deportivos, para hablar con los clientes acerca de los zapatos. La empresa adoptó un enfoque similar en otros países, pero la fuerza que se generó en Estados Unidos contribuyó a su adopción en el extranjero.

Inicialmente, la organización recurrió a representantes y distribuidores en Estados Unidos, pero, más tarde, realizó esta función en forma interna para controlar los costos. En otras naciones, Crocs tenía su propio personal de ventas siempre que ello era posible, pero, a mediados de 2007, contaba con distribuidores que eran terceras partes en algunas localidades.

Además de un producto popular y de una estrategia global, Crocs desarrolló una cadena de suministro que le proporcionó una ventaja competitiva. La práctica común de la industria era que los distribuidores al menudeo colocaran órdenes a granel en cada inventario de temporada con muchos meses de anticipación y con poca capacidad para ajustarse a los cambios durante la temporada de ventas. El modelo de Crocs no imponía tales limitaciones sobre los minoristas: la compañía podía abastecer las nuevas órdenes dentro de la temporada, manufacturando y embarcando con rapidez los nuevos productos a las tiendas minoristas. La práctica tradicional y la cadena de suministro de Crocs se describirán con detalle más abajo.

Desde 2003 hasta 2006, la compañía tuvo un crecimiento fenomenal. En 2003, los ingresos habían sido de 1.2 millones de dólares. En 2006, fueron de 355 millones de dólares, con una utilidad neta de 64 millones de dólares (18% de los ingresos). Crocs se convirtió en una empresa pública en febrero de 2006, con una capitalización inicial de mercado de más de 1 000 millones de dólares. Después de la liberación de utilidades del primer trimestre de 2007, el límite superior del mercado rebasó la cifra de 2 700 millones de dólares. Las ventas fuera de Norteamérica crecieron de 5% del ingreso total en 2005 a 25% en 2006. En su liberación de utilidades del primer trimestre de 2007, la organización afirmó que esperaba que los ingresos de 2007 estuvieran entre 670 y 680 millones de dólares. (Históricamente, la corporación reportaba resultados que excedían en forma notable a las expectativas)[6] (vea los cuadros 2 y 3, en que se presenta la información financiera de la compañía). El desempeño financiero de Crocs era muy superior en muchos aspectos al de otros en la industria del calzado (cuadro 4).

El zapato Crocs

El zapato original Crocs era un diseño de un zapato sueco. Visualmente, sus dos características más distintivas eran unos orificios grandes para ventilación y colores fuertes; sin embargo, la clave para el zapato era el material denominado croslite. Este material patentado hecho con espuma de celdas cerradas se moldeaba a la forma del pie del usuario, lo cual lo hacía un zapato excepcionalmente cómodo: era muy ligero, no se resbalaba, con resistencia al mal olor y no marcaba las superficies. También, podía lavarse con agua. Croslite podía producirse en cualquier color y la empresa elegía colores atrevidos (descritos por algunos como colores tipo crayón) lo cual mejoraba aún más la apariencia distintiva y original. Por lo general, los zapatos Crocs se vendían en aproximadamente 30 dólares, y no se daba reducción de precio porque los minoristas no necesitaban descargar el exceso de inventario a través de ventas de remate al final de una temporada de ventas.

A medida que Crocs creció, añadió diseños adicionales de zapatos. Los dos modelos originales, Beach y Cayman, produjeron cerca de 62% de las ventas de calzado en 2006,[7] y fueron la base de algunos de los otros mo-

[6] Munarriz, loc. cit.
[7] Forma 10K de Crocs para 2006, pp. 15-16.

CUADRO 1 Ejecutivos y directores de Crocs

Ejecutivo	**Antecedentes**
Ronald Snyder, presidente, director ejecutivo, director	Con Crocs desde junio de 2004 (consultor desde octubre de 2003). Ejecutivo senior con Flextronics. Fundador de The Dii Group el cual fue adquirido por Flextronics.
Peter Case, vicepresidente senior, finanzas, director financiero, tesorero	Con Crocs desde abril de 2006. Anteriormente, vicepresidente ejecutivo, director financiero y tesorero de una compañía pública de prendas de vestir y de accesorios.
John McCarvel, vicepresidente financiero, operaciones globales	Con Crocs desde enero de 2005 (consultor empezando en 2004). Anteriormente, ejecutivo con Flextronics y The Dii Group.
Michael Margolis, vicepresidente, ventas y marketing	Con Crocs desde enero de 2005. Condujo al grupo de ventas de Crocs como consultor empezando en octubre de 2003. Anteriormente, fundador y ejecutivo en una empresa de prendas de vestir y de mercancías generales.
Director	**Antecedentes**
Raymond Croghan	Miembro del consejo de administración desde agosto de 2004. Antes de su retiro en 1999, administró una empresa de consultoría de tecnología de la información de cuidados para la salud. También, participó en el consejo de administración de varias compañías privadas.
Ronald Frasch	Miembro del consejo de administración desde 2006. Vicepresidente de Saks Fifth Avenue. Experiencia en comercio minorista al menudeo.
Michael Marks	Miembro del consejo de administración desde agosto de 2004. Miembro de Kohlberg Kravis Roberts y Co., una firma privada de valores, como miembro de la empresa desde el 1 de enero de 2006. Presidente de Flectronics. Anteriormente, estuvo con Flextronics desde 1991-2005, fungiendo como director ejecutivo y como presidente. Además, fue director de SanDisk Corporation y Schlumberger Limited.
Marie Holman-Rao	Miembro del consejo de administración desde 2006. Experiencia en el negocio de prendas de vestir, incluyendo a Limited Brands, Inc., Gap, Inc., Banana Republic y Ann Taylor.
Richard Sharp, presidente	Presidente del consejo de administración desde abril de 2005. Con Circuit City desde 1982 hasta 2002, fungiendo como presidente, director ejecutivo y presidente del consejo. También fue miembro del consejo de administración de Flextronics (anteriormente presidente) y de Carmax, Inc., el minorista especializado más grande de Estados Unidos de automóviles usados y de camiones ligeros.
Thomas Smach	Miembro del consejo de administración desde abril de 2005. Con Flextronics desde 2000, como director financiero y vicepresidente senior de finanzas. Anteriormente, vicepresidente financiero, director financiero y tesorero de The Dii Group, Inc., la cual fue adquirida por Flextronics. Además, se desempeña en el consejo de administración de ADVA AG Optical Networking.
Ronald Snyder	Presidente de Crocs. Vea antecedentes arriba bajo el encabezado de Ejecutivos.

Fuentes: Página web de Crocs, "Board and Management Profiles" http://www.crocs.com/company/Investor_Relations/Board_Management.jsp (23 de abril de 2007), Crocs Proxy, octubre de 2006.

CUADRO 2 Desempeño financiero de Crocs en 2006

Todos los montos en millones de dólares, excepto cuando se indique lo contrario.

	2006	2005	2004	2003	2002
Ingresos	354.7	108.6	13.5	1.2	0.0
Costo de los bienes vendidos	154.2	47.8	7.2	0.9	0.0
Utilidad bruta	200.6	60.8	6.4	0.3	0.0
Margen bruto de utilidad	56.5%	56.0%	47.0%	23.3%	33.3%
Gastos de ventas, generales y administrativos	97.2	30.6	7.2	1.4	0.5
Depreciación y amortización	8.1	3.3	0.7	0.1	0.0
Ingreso de operación	95.3	26.9	(1.6)	(1.2)	(0.4)
Margen de operación	26.9%	24.8%	—	—	—
Utilidad neta después de impuestos	64.4	17.0	(1.5)	(1.2)	(0.4)
Margen de utilidad neta	18.2%	15.6%			
Distribución geográfica del ingreso (% del total)					
Norteamérica	265.5 (75%)	102.8 (95%)	13.5 (100%)		
Asia	54.4 (15%)	4.7 (4%)	—		
Europa	30.3 (9%)	1.0 (1%)	—		
Todos los demás	4.6 (1%)	0.1	—		
Zapatos como un porcentaje del ingreso total	96%	94%	81%		

Partidas seleccionadas del balance general
(fin de año de calendario, todos los valores en millones de dólares)

	2006	2005	2004	2003
Efectivo	71.2	37.8	6.9	0.5
Cuentas netas por cobrar	69.3	20.0	3.3	0.2
Inventarios	86.2	28.5	2.4	0.4
Activos fijos netos	34.8	14.8	3.7	0.3
Cuentas por pagar	71.2	37.8	6.9	0.5
Deuda a corto plazo	0.5	8.5	1.0	—
Deuda a largo plazo	0.1	3.2	1.4	—

Fuente: Hoovers. Distribución del ingreso por áreas geográficas y por productos. Proveniente de la Forma 10K de Crocs para 2006, pp. F-27, 28.

CUADRO 3 Resultados financieros, primer trimestre de 2007

Los siguientes resultados se liberaron el 3 de mayo de 2007, para el trimestre que terminó el 31 de marzo de 2007 (valores en millones de dólares, excepto cuando se indique lo contrario).

	Primer trimestre de 2007	Primer trimestre de 2006	% de cambio
Ingresos	142.0	44.8	317%
Utilidad bruta	84.4	23.7	356%
Utilidad bruta (% de las ventas)	59.4%	52.9%	
Gastos de ventas, generales y administrativos	47.3	13.7	345%
Utilidad neta después de impuestos	24.9	6.4	389%
Utilidad neta (% de las ventas)	17.5%	14.3%	
Utilidad neta por acción, diluida	$0.61	$0.17	359%

Fuente: Boletín de prensa de Crocs, 3 de mayo de 2007, loc. cit.

CUADRO 4 Comparaciones de la industria

Comparaciones de Crocs con compañías seleccionadas como el mejor grupo y como la mediana de la industria.

	Crocs	Deckers Outdoor	Nike	Timberland	Mediana de la industria
Ventas anuales (millones de dólares)	355	304	14 955	1 568	
Capitalización de mercado (millones de dólares)	2 102	897	10 065	1 306	
Rentabilidad					
Margen de utilidad bruta	56.5%	46.4%	43.7%	47.3%	24.5%
Margen de utilidad antes de impuestos	27.2%	17.8%	13.1%	10.4%	3.2%
Margen de utilidad neta	18.2%	10.4%	8.7%	6.8%	2.7%
Rendimiento sobre el capital contable	56.7%	16.1%	21.6%	19.5%	15.5%
Rendimiento sobre los activos	34.1%	13.7%	14.4%	13.0%	3.4%
Rendimiento sobre el capital invertido	51.1%	15.9%	18.4%	19.0%	4.7%
Operaciones					
Rotación del inventario	3.5	5.0	4.3	4.7	5.6
Rotación de las cuentas por cobrar	8.0	6.0	6.5	7.4	6.6
Valuación					
Razón de precio/ventas	5.9	3.0	1.3	0.8	0.8
Razón de precio/ganancias	30.4	28.3	20.0	15.3	20.1
Razón de precio/flujo de efectivo	170.3	18.5	14.1	11.7	10.6
Crecimiento					
Crecimiento de ingresos en 12 meses	227%	15%	8.8%	0.1%	7.5%
Crecimiento de la utilidad neta en 12 meses	280%	(1.0%)	0.4%	(35.3%)	53.2%
Crecimiento en utilidades por acción en 12 meses	239%	(2.3%)	2.9%	(31.5%)	50.0%

Fuentes: Hoovers Online Competitive Landscape (27 de abril de 2007). Las cifras de crecimiento de Crocs son para los años calendario de 2005 y 2006. Rotación del inventario proveniente de Crocs.

delos de Crocs. En abril de 2007, la compañía tenía una amplia variedad de zapatos y de otros productos. Su sitio web mostraba 31 modelos básicos de calzado, los cuales iban desde sandalias hasta botas de niños para la lluvia y zapatos diseñados para profesionales, como enfermeras, que deben estar de pie todo el día. Algunos de sus zapatos se fabricaban bajo un contrato de licencia con Disney e incorporaban a los personajes de Disney. Además, Crocs ofrecía cuatro modelos de zapatos (CrocsRX) diseñados específicamente para satisfacer las necesidades de quienes tenían problemas médicos que afectaban los pies, como la diabetes. La empresa ofrecía 17 modelos de zapatos colegiales que estaban hechos de colores de escuela y con los logos de éstas. Las universidades como USC, UCLA, Notre Dame, Cal y Ohio State participaron en el programa (al inicio del año académico de agosto de 2007, Crocs esperaba incluir a muchas otras instituciones en su catálogo de zapatos con logos universitarios). Crocs patrocinó el tour de voleibol de playa AVO y ofreció dos modelos con el logo de AVP[8] (observe el cuadro 5, que presenta las fotos de los productos selectos de Crocs).

Aunque los zapatos constituían 96% de los ingresos de la corporación en 2006,[9] Crocs también se extendió hacia otros productos complementarios, como gorras, camisas, pantalones cortos, sombreros, calcetines y mochilas. Tenía algunos productos como cojinetes para rodillas y rodilleras, los cuales utilizaban el material denominado croslite para proporcionar funcionalidad. También vendía inserciones decorativas que podían ponerse en los orificios de ventilación de los zapatos, originalmente fabricados por una empresa familiar (Jibbitz), que Crocs compró en diciembre de 2006.

Crocs hizo otras adquisiciones en 2006 y, a principios de 2007, en el mercado de equipos para protección deportiva y en el de ropa de fantasía, así como en el calzado. Dichas adquisiciones ampliaron su línea de productos, y además se introdujeron productos que incorporaban materiales convencionales como piel (vea el cuadro 6 donde se presenta una lista de las adquisiciones de Crocs).

La producción de un zapato Crocs

Las materias primas del croslite que se utiliza en los zapatos Crocs son químicos relativamente baratos que se compran con base en moldes específicos a proveedores como Dow Chemical. Posteriormente, estos químicos se combinan en un proceso denominado composición, en el cual se convierten en un compuesto acuoso, se mezclan y, luego, se reforman y colocan en nuevos moldes. Como parte del proceso de composición, se añaden pinturas colorantes. Es entonces cuando los moldes formados están listos para moldearse en función de los productos de croslite.

[8] Vínculos de productos de la página web de Crocs: http://www.crocs.com/home.jsp (fecha de acceso: 24 de abril de 2007).
[9] Forma 10K de Crocs para 2006, p. F-27.

CUADRO 5 Productos seleccionados de Crocs

Beach Era el modelo más popular de la compañía. Beach y Cayman dieron cuenta de 62% de las ventas de zapatos en 2006.	**Cayman** Beach y Cayman fueron los dos primeros productos de Crocs y fueron la base de algunos otros modelos de zapatos.	**Disney beach** Disney beach era una versión del modelo Beach producido con licencia de Disney.
Professional Estaba dirigido a personas, como las enfermeras, que pasan todo el día trabajando de pie.	**Jibbitz** Los productos Jibbitz se usaban para personalizar los zapatos de Crocs llenando sus orificios de ventilación.	**Rodilleras** Crocs fabricaba artículos como rodilleras los cuales aprovechaban las ventajas del material croslite.
Muñequera Crocs 1″ Crocs ofrecía algunos accesorios de marca como muñequeras, gorras y calcetines.	**Cloud** Cloud se diseñó para satisfacer las necesidades especiales de los pacientes diabéticos.	**Playera Block Letter** Crocs ofrecía una variedad de camisas y pantalones cortos.

Fuente: Sitio web de Crocs (www.crocs.com. Fecha de acceso: 23 de abril de 2007). Images © Crocs, Inc., reimpreso con permiso.

CUADRO 6 Adquisiciones de Crocs, 2004-2006

Adquisición, fecha de adquisición, Precio de compra[2]	Descripción
Foam Designs (anteriormente Finproject NA) Junio de 2004	Productor original de los productos Crocs y titular de la propiedad intelectual de croslite.
Fury (anteriormente 55 Hockey Products) Octubre de 20061	Productor de artículos de hockey y lacrosse. Equipo de protección de Crocs basado en el material croslite, el cual ofrece peso ligero, absorción de energía y resistencia a los microbios.
EXO Italia Octubre de 20061	Diseñador de los productos del acetato de etileno vinilo (EVA), principalmente para la industria del calzado.
Jibbitz Diciembre de 2006 13.5 millones de dólares	Compañía familiar especializada en productos de colores con broche de presión diseñados como accesorios para el calzado de Crocs.
Ocean Minded, LLC Enero de 2007 1.75 millones de dólares más una utilidad ganada hasta de 3.75 millones de dólares.	Diseñador y productor de sandalias de piel de alta calidad y basadas en el material EVA para la playa, la aventura y los mercados de deportes de acción. Usa materiales reciclados y reciclables siempre que ello sea posible. Los productos están dirigidos a hombres y mujeres jóvenes que desean sandalias a la moda y de alta calidad con un énfasis en el estilo y en la comodidad.

Notas:
1. El precio de compra agregado de Fury y EXO Italia fue de 9.6 millones de dólares.
2. Los precios de compra incluyen los costos de adquisición relacionados.

Fuente: Forma 10K de Crocs para el año que terminó el 31 de diciembre de 2006, pp. F-11, F-12, F-30.

Los componentes del material croslite para los productos Crocs se elaboran a través de un moldeado por inyección. Esto requiere de una máquina de moldeado por inyección que hace los moldes de cada estilo y tamaño. Después de que las partes se moldean, deben ensamblarse. Ello podría implicar el engomado de las partes del croslite, o la costura, cuando los componentes están hechos de piel, de lona, o de otros materiales que se añadieron a la línea de productos de Crocs a finales de 2006 y principios de 2007. Entonces, los productos terminados se etiquetan y se colocan en cajas que contienen 24 pares de zapatos para su distribución a los minoristas. La práctica estándar de la industria era que cada empaque de 24 contuviera sólo un estilo y color; sin embargo, Crocs configuraba en forma personalizada para el cliente 24 empaques para satisfacer las necesidades de sus consumidores más pequeños.

CROCS REVOLUCIONA LA CADENA DE SUMINISTRO DEL CALZADO

La industria del calzado se orientaba en torno a dos temporadas: primavera y otoño. La práctica estándar era que las compañías de calzado en preparación para la próxima temporada de otoño llevaran sus productos a las exhibiciones en todo el mundo en enero. Los compradores reservarían órdenes para las entregas del otoño después de las exhibiciones (prereservaciones).

Las órdenes del otoño que se recibían al inicio del año se sometían a una planeación para entregas en agosto, septiembre, octubre y noviembre. Estos embarques programados daban impulso al plan de producción. Los productores aumentaban cierta cantidad a las cargas de producción, por lo común de cerca de 20% de las órdenes prereservadas, para tomar ventaja de las posibles órdenes adicionales. Una empresa muy agresiva podría añadir hasta 50% a la carga de producción, pero todos los productos se manufacturaban antes de que empezara la temporada. La mayor parte de los zapatos se fabricaban en Asia (sobre todo en China y Vietnam) y algunos se producían en Sudáfrica.

Este modelo de producción y de oferta tenía algunas limitaciones obvias. Los minoristas debían estimar lo que desearían sus clientes con mucha anticipación a la temporada de ventas. Si hacían una estimación insuficiente, tendrían los estantes vacíos y abandonarían ventas potenciales. Si hacían una estimación excesiva, se quedarían paralizados con un inventario no vendido al final de la temporada y se verían obligados a realizar ventas de remate para deshacerse de inventario excesivo a precios con descuento. Un aspecto que hacía esto incluso más difícil era la consideración de que la moda estaba sujeta a tendencias difíciles de predecir, la historia era de valor limitado, particularmente con nuevos productos que incorporaban elementos de diseño innovadores, los cuales podrían volverse extraordinariamente populares o fracasar.

La cadena de suministro de Crocs

Crocs contemplaba la cadena de suministro a partir de una perspectiva muy distinta respecto de las compañías tradicionales de calzado. Con sus antecedentes de manufactura en el área electrónica, Snyder y otros ejecutivos de Crocs estaban acostumbrados a producir lo que necesitaba el cliente, cuando lo necesitaba, y a responder rápidamente a los cambios en la demanda; por ello, tomaron la decisión de desarrollar un modelo concentrado en las necesidades de los consumidores: cuando un cliente necesitara más productos, los obtendría. Snyder describió el nuevo modelo como sigue: "si los productos se llegan a vender extremadamente bien, fabricaremos más en la temporada y volveremos a recargar nuestros estantes en sólo algunas semanas. Y fabricaremos incluso más y más en esa misma temporada. No esperaremos a sacar un novedoso producto hasta el año siguiente, cuando es de esperar que la misma tendencia todavía esté viva".

Con el modelo de Crocs, los minoristas no necesitarían correr un gran riesgo en enero colocando órdenes grandes para su temporada del otoño; podrían colocar órdenes más pequeñas prereservadas y ordenar más cuando vieran qué tan bien se estaban vendiendo los productos. Por lo regular, los clientes tenían que adivinar qué productos serían más populares y no podían pedir más cantidades de un producto que tuviera una demanda más alta de lo que habían estimado (y debían correr el riesgo de ventas de fin de temporada para descargar los inventarios excesivos a precios reducidos). Crocs quería que los clientes pudieran obtener más cantidad de un producto durante la temporada para aprovechar una demanda inesperadamente alta. Para ello, debía tener la capacidad de hacer los productos durante la temporada y embarcarlos a los clientes con rapidez. Un analista observó lo siguiente: "¡Han sorprendido a todo mundo! Nunca se había escuchado sobre un sistema de reabastecimiento como ese en el ambiente del calzado al menudeo".[10]

La relación positiva que Crocs desarrolló con sus minoristas dio como resultado beneficios adicionales. A medida que se volvía más importante para los minoristas grandes, se acercaron a la empresa para sugerir el aumento de la presencia de Crocs. Snyder citó a un minorista importante: "Tráiganos nuevos productos, tráiganos indumentaria de vestir, accesorios, playeras, calcetines, sombreros, Jibbitz y les proporcionaremos un área destinada sólo a los productos de Crocs y a cualquier otra cosa nueva que presenten". Snyder observó lo siguiente: "Una vez que uno tiene un espacio para el comercio al menudeo, es muy valioso".

Desarrollo de la cadena de suministro de Crocs

Fase uno: hacerse cargo de la producción. Como se mencionó, al tomar el área de producción, una de las primeras acciones de Snyder fue la compra del productor de los zapatos Crocs (Foam Designs) en junio de 2004, de modo que pudiera tener la propiedad de la patente de la resina del material croslite y controlar la manufactura. En ese punto, Crocs adquirió los moldes de materia prima a una variedad de compañías en Europa y Estados Unidos, y los embarcaba a una empresa de tercerización de composición ubicada en Italia. La compañía italiana ha-

[10] Jim Duffy de Thomas Weisel Partners, citado en Anderson, loc. cit.

bía sido el padre de Foam Designs y anteriormente había hecho su composición; por lo tanto, continuar usándola para esta función evitó interrupciones en la cadena de suministro.

Los moldes compuestos una vez coloreados se embarcaban entonces otra vez a Foam Designs en Canadá, donde los zapatos se moldeaban y ensamblaban. Los productos terminados se embarcaban a una empresa de distribución que operaba como un tercero en Denver y que almacenaba los zapatos y los embarcaba a los clientes.

Fase dos: producción global utilizando productores por contrato Crocs inició la producción en China a principios de 2005, empleando un productor de contratos de gran tamaño. La materia prima todavía se estaba enviando a Italia para la composición, pero los moldes compuestos se enviaban ahora tanto a Canadá como a China. Los zapatos que se fabricaban en China se embarcaban al almacén de Denver para el empacado de las órdenes y la distribución.

Crocs comenzó a ingresar a los mercados asiáticos y europeos en la primavera de 2005. Como se describió, la estrategia de la compañía era hacer un lanzamiento en todo el mundo y, por lo tanto, recurrió a una capacidad de manufactura suficiente para dar apoyo a este enfoque. Añadió capacidad a través de productores por contrato en Florida, México e Italia (debido a la presencia local de la compañía de composición).

Habiendo provenido de la industria de manufactura por contratos, Snyder y su equipo esperaban que los beneficios de la manufactura por contratos que experimentaron en la industria de la electrónica también estuvieran presentes en este nuevo negocio. Los productores de contratos en el área electrónica de todas partes del mundo eran altamente receptivos a las demandas de los clientes y eran muy rápidos para aumentar o detener la producción cuando se requería; pero descubrieron pronto que éste no era el caso en la manufactura del calzado. Al respecto, Snyder comentó:

> Rápidamente nos dimos cuenta de que los productores en terciarización en nuestro nuevo modelo no iban a funcionar (fuera de Asia), pues este modelo es absolutamente grandioso ahí. Los asiáticos son muy flexibles; pueden ser tanto flexibles como sujetarse a altos volúmenes. Se mueven con gran rapidez y están dispuestos a toman riesgos con nosotros, como comprar equipo. Invierten para ayudarnos a hacer crecer el negocio. Ningún otro productor de terciarización de otros países estaba dispuesto siquiera a contemplarlo. Hubiéramos tenido que darles pronósticos a largo plazo, contratos a largo plazo; hubiéramos tenido que cederles las ganancias de los próximos años. Para ser honestos, no parecía bueno emplear contratistas en cualquier otra parte del mundo[…]
>
> [Los productores de terciarización fuera de Asia] necesitarían saber lo que estaríamos embarcando con cuatro meses de adelanto contados a partir de ahora, y no para la siguiente semana. Nosotros les decíamos: "no, en realidad necesitamos que el cambio se haga mañana y tenemos que empezar a embarcar cosas diferentes la siguiente semana, si eso es lo que se requiere, ya que eso es nuestro modelo". Y, entonces, ellos replicaban: "oh no, no, no podemos hacer eso".

Fase tres: emplazamiento interno de la cadena global de suministro Cuando Snyder comprendió que los productores por terciarización fuera de Asia no podrían adoptar el modelo de la cadena de suministro de la compañía, desarrolló operaciones de manufactura propias en México y en Italia. Crocs estableció una operación de manufactura en Brasil, cuya apertura se programó para finales de junio de 2007. También exploraba sitios potenciales de manufactura en la India y esperaba iniciar la producción ahí al final del año.

Crocs utilizó un productor por contrato en Rumania para servir a los clientes europeos y consideró varias opciones para reemplazar al contratista, incluyendo la compra del contratista, el establecimiento de una nueva operación en Rumania o el hecho de buscar en alguna otra parte. También, los contactó una compañía ubicada en Bosnia, la cual fabricaba zapatos para Nike y parecía entender el modelo de Crocs. Las dos empresas convinieron en un acuerdo a través del cual Crocs poseería el equipo de moldeado y los moldes, empleando al personal de la otra compañía para que pusiera la mano de obra. Si este enfoque no satisfacía las necesidades de Crocs en cuanto a flexibilidad y una respuesta rápida de la demanda, entonces optaría por una instalación de manufactura totalmente poseída por la empresa.

El productor por contrato chino, que podía satisfacer las necesidades de Crocs en cuanto a flexibilidad y receptividad, se mantuvo. (En 2006, 55% del volumen unitario de Crocs se produjo en China).[11] Asimismo, Crocs mantuvo al productor por contrato de Florida, que sólo elaboraba un producto con un alto volumen y podía hacer embarques con una etiqueta de "Hecho en Estados Unidos", y además continuó manufacturando en Canadá.

Aunque el hecho de manufacturar en cada región geográfica añadió tanto capacidad como la habilidad para responder a los clientes locales, hacer que la composición se llevara a cabo en Italia condujo a ineficiencias en la cadena de suministro. El material compuesto tuvo que enviarse de Italia a cada sitio de producción en las cantidades correctas y los colores indicados; lo que ocasionó no sólo un embarque ineficaz de materiales alrededor del mundo, sino que redujo la flexibilidad de la manufactura en cada localidad, ya que se podía procesar únicamente los colores que se tenían en el almacén. La materia prima era poco costosa y, por lo tanto, la centralización de la composición no dio como resultado ahorros significativos a través de la consolidación del inventario.

En 2006, Crocs tomó el control de la actividad de composición, creando instalaciones de composición con una tecnología de punta en Canadá, China y México, de manera que podía ahora embarcar materia prima a cada una de estas plantas, las cuales procesarían el material a

[11] Forma 10K de Crocs para 2006, p. 8.

medida que se necesitara en la producción, demorando la decisión de fijación del color hasta que se necesitara un producto con un color específico. Snyder describió los resultados de la siguiente manera:

> Podemos obtener un pedido ahora y ni siquiera tenemos que hacer la composición y el coloreado todavía, y podemos embarcarlo en dos semanas. Por lo tanto, ahora el modelo está realmente empezando a tomar forma y no tenemos que correr riesgos o incluso decisiones de composición del color en este momento. Ahora, tenemos esto instalado, lo cual implica una enorme diferencia.

El emplazamiento interno de la composición también ofrecía la protección sobre propiedad intelectual (IP) para el compuesto de croslite.

Además, Crocs cambió su modelo de almacenamiento. La compañía recurría a una empresa de almacenamiento y de distribución en Colorado que manejaba todos sus embarques. Toda la producción llegaba a granel al almacén del contratista en Colorado, donde cada zapato se extraía, etiquetaba y, posteriormente, se almacenaba. En ese momento, las órdenes de los clientes se abastecían a partir del almacén central. Este arreglo era ineficiente, ya que las órdenes a granel provenientes de clientes importantes podrían haberse embarcado directamente de la fábrica si el almacenamiento y la distribución se hubieran localizado cerca de cada fábrica.

Para tratar estos problemas, la corporación añadió operaciones de almacenamiento en cada fábrica, incluyendo el etiquetado y otras actividades que agregaban valor como la instalación de etiquetas manuales y la colocación de los productos en bolsas o cajas. En el caso de los consumidores que ordenaban grandes cantidades, como Nordstrom, Dillard's, o Dick's Sporting Goods, las órdenes podían embarcarse directamente desde el almacén chino, que era propiedad de uno de los proveedores de Crocs, pero era administrado por el personal y con los sistemas de Crocs, que tenía otros almacenes o se sujetaban a una transición para quedar bajo su propiedad (como en el caso de Japón). La intención era que Crocs controlara las actividades de abastecimiento de las órdenes en Asia.

Crocs tuvo una experiencia con los contratistas de almacenamiento similar a sus experiencias con los productores por contrato. La empresa intentó emplear a cierto número de almacenadores en terciarización en Estados Unidos y en otras regiones. Crocs detectó que tales compañías hacían un buen trabajo durante un tiempo breve, pero pronto perdían el interés. Como lo hizo notar Snyder: "No perdemos interés en nuestras propias cosas", y ello condujo a la decisión de hacer que la organización tomara el control del almacenamiento.

Consideraciones y beneficios adicionales del modelo de la cadena de suministro de Crocs

Clientes al menudeo pequeños versus grandes Las primeras ventas de Crocs se efectuaron a minoristas pequeños. Estas tiendas estaban dispuestas a tomar más riesgos que las cadenas grandes y a trabajar con un proveedor nuevo y de rápido crecimiento;particularmente, uno que aportara un alto nivel de apoyo y un rápido embarque de los productos. Las tiendas pequeñas estaban dispuestas a trabajar con Crocs a pesar de problemas como faltantes de inventarios y demoras de los embarques —por lo común, los minoristas grandes imponían sanciones financieras por tales problemas—. Crocs vio a los minoristas pequeños como importantes para el fortalecimiento de la marca y para proporcionar una presencia de marca, incluso pese a que la mayoría de las ventas eran para los minoristas grandes.

Tras el éxito inicial de Crocs en las tiendas pequeñas, los minoristas grandes se pusieron en contacto con la compañía, una vez que constataron la aceptación del mercado de los zapatos de Crocs; pero ahora la empresa estaba en una posición de negociación mucho más fuerte que la que tenía antes en su desarrollo: podía negociar términos favorables, los cuales no incluían las sanciones financieras que se requerían anteriormente. A mediados de 2007, aproximadamente 75% de los ingresos provenía de minoristas grandes, los cuales se dividían de una manera más o menos uniforme entre tiendas de zapatos, de departamentos y de artículos deportivos. El resto de los ingresos provenía de un alto número de tiendas pequeñas que representaban a muchos segmentos diferentes como tiendas de regalos, minoristas de bicicletas, minoristas de alimentos especializados, tiendas de salud y de belleza, tiendas de tablas para surf y quioscos. Estas tiendas pequeñas daban cuenta de un porcentaje mucho más grande de órdenes (aunque a niveles de dólares mucho más bajos) que los minoristas grandes, los cuales requerían un enfoque distinto de distribución.

Para satisfacer las necesidades de los clientes pequeños, el producto se enviaría al almacén propiedad de Crocs en Colorado, donde las órdenes se configuraban y se embarcaban. Snyder explicó el enfoque de la empresa para el abastecimiento de las órdenes de estos clientes como sigue:

> Debíamos tener la capacidad de atender a la base de clientes (minoristas pequeños), porque era una porción muy grande de nuestro negocio. Estos colaboradores no podrían llevar nunca las cosas directamente desde la fábrica. Por lo tanto, consideramos que todavía era necesario tener un almacén de embarques rápidos para los colaboradores grandes y para los reabastecimientos de las unidades independientes pequeñas que no tienen las mismas capacidades de almacenamiento que tendrían los colaboradores más grandes. Y como casi ninguno de ellos cuenta con centros de distribución, nosotros debíamos hacer los embarques directamente a sus tiendas. De este modo, todavía requerimos la operación de Denver, la cual embarca cerca de la mitad de nuestros productos ahora.

Aunque estas tiendas podían enviar pedidos a Crocs por fax para que se entregaran cantidades pequeñas directamente a sus tiendas, los minoristas grandes tenían un modelo de abastecimiento totalmente distinto. Estas compañías poseían sus propios centros de distribución y

enviaban los pedidos en forma electrónica. Sus órdenes se recogían y embarcaban en las fábricas de Crocs al centro de distribución del cliente y éste, entonces, las embarcaba a la tienda minorista apropiada.

Manera de afrontar el crecimiento explosivo La cadena de suministro de Crocs logró apoyar el crecimiento explosivo de la compañía capacitando a la empresa para dirigir la ola de entusiasmo de los clientes por sus productos; por ejemplo, Snyder describió una nueva pantufla que se introdujo en 2006. Ésta era el primer producto de Crocs en este segmento y la organización no sabía cuántas se comprarían. Ya que era un artículo único y extremadamente cómodo, tomaron la decisión de fabricar 250 000 pares, mucho más de las órdenes prereservadas que tenían y, probablemente, tantas como cualquier modelo que se vendía en esa categoría a escala mundial.

En la primera parte de la temporada de ventas, había indicadores de que la pantufla iba a ser incluso más popular de lo que ellos esperaban y, por lo tanto, Crocs se aseguró de que hubiera exceso de capacidad de las máquinas de moldeado por inyección y moldes disponibles. Continuó obteniendo pedidos y fabricó más productos para abastecer las nuevas órdenes. Al final de la temporada, en septiembre, habían embarcado casi 2.5 millones de pares, más de 10 veces lo que hubieran embarcado si hubieran operado con el modelo tradicional de elaborar la totalidad de la producción de la temporada antes de la época correspondiente con base en las órdenes prereservadas.

Lo requisitos primarios para añadir capacidad eran tener una cantidad suficiente de máquinas de moldeado por inyección y contar con moldes suficientes para el producto deseado. Crocs le compraba máquinas de moldeado a dos proveedores básicos, quienes podían en principio entregar nuevas máquinas en aproximadamente tres meses; sin embargo, cuando los proveedores observaron el rápido crecimiento de Crocs, hicieron arreglos para tener las nuevas máquinas disponibles más rápido, en abril de 2007, la corporación podría obtenerlas por lo general dentro de seis semanas. Casi siempre los moldes empezaban a llegar dentro de seis semanas, pero se requerían casi tres meses antes de que Crocs tuviera el conjunto total de todos los tamaños.

Crocs desplazaba el equipo de una localidad a otra para satisfacer mejor sus necesidades de producción. Las máquinas de moldeado no se transferían con frecuencia, pero cuando ello sucedía, la compañía trataba de tener máquinas sólo de un proveedor en cada sitio. No obstante, los moldes se transferían a menudo entre las localidades de producción. Si se necesitaba una respuesta rápida para satisfacer una demanda creciente en Estados Unidos, la producción podía desplazarse a México, que se ubicaba más cerca de los clientes.[12] En el caso de los productos que tenían una gran cantidad de órdenes prereservadas, un pronóstico relativamente confiable y un alto volumen, la producción podría enviarse a China.

Como parte del contrato de licencia con Disney, Crocs introdujo un zapato con una cabeza de Mickey Mouse, la cual cubría un nicho de mercado de Crocs. El producto llegó a ser muy popular y la empresa decidió que necesitaba flexibilidad en la producción y, por lo tanto, transfirió los moldes a México para satisfacer la demanda de Estados Unidos. A pesar de ello, los productos destinados para los clientes de Asia se fabricaban en China, y los productos destinados a los clientes europeos, en Europa.

Con el fin de responder en forma inmediata a los aumentos en la demanda, Crocs mantenía la capacidad total de manufactura en cerca de 1 millón de pares por mes más allá del plan real de producción. Esta capacidad podría activarse con una notificación instantánea. La organización también planeaba su infraestructura (tanto de sistemas como de personal) de un modo ligeramente anticipado a la demanda, de manera que pudiera responder con rapidez. En marketing, hacía gastos de acuerdo con lo que podía pagar; cuando las ventas ascendían, aumentaban los gastos de marketing. En consecuencia, tenía campañas publicitarias listas para activarse dentro de una semana si el negocio mostraba una actividad suficiente para dar apoyo a los gastos adicionales.

Cambios en la producción encaminados a reducir los pagos de impuestos arancelarios La industria del calzado estaba sujeta a una cantidad considerable de impuestos arancelarios; por ejemplo, Estados Unidos imponían tasas sobre todos los zapatos de Crocs que provenían de China, con aranceles que iban de 3 a 37.5% dependiendo de los materiales del zapato. El calzado que era totalmente moldeado tenía un arancel bajo, mientras que aquel que usaba piel u otros materiales tenía un arancel alto.[13] Por otra parte, en conformidad con el North American Free Trade Agreement, Crocs no pagaba derechos arancelarios por los productos que se fabricaban en México y que se embarcaban a Estados Unidos. Existen acuerdos comerciales entre muchos países que permiten embarques libres de derechos arancelarios; por ejemplo, no había derechos sobre los zapatos mexicanos que se vendían en Europa.

La situación de los derechos arancelarios se consideró desde las primeras etapas del desarrollo de nuevos productos. Las personas del área de operaciones le indicarían a los diseñadores cuáles serían los costos de los derechos arancelarios en los que se incurriría con base en los materiales incluidos en el nuevo producto. También contemplarían los procesos necesarios para elaborar el nuevo producto. Esto se incluiría en la estrategia del producto. Si un producto fabricado en China poseía un arancel alto,

[12] Si un estilo fallaba en el ámbito de mercado (lo cual todavía no había sucedido en abril de 2007), los moldes podían reprocesarse para elaborar diferentes estilos.

[13] La clasificación del arancel era extremadamente difícil de determinar. Crocs presentaba los moldes a las autoridades aduanales para que establecieran una resolución. Si ellos consideraban que un producto se había colocado en una categoría con un arancel demasiado alto, ellos apelaban. Para darse una idea de la muy compleja naturaleza de las clasificaciones arancelarias, vea United States International Trade Commission, "Harmonized Tariff Schedule of the United States (2007){Rev. 1) Section XII, Chapter 64", http://hotdoes.usitc.gov/docs/tata/hts/bychapter/0701c64.pdf (consultado el 7 de mayo de 2007).

ellos considerarían la producción en una localidad con aranceles bajos; sin embargo, si el producto requería de procesos de producción que todavía no estaban disponibles en el país con un arancel bajo, esos procesos podrían desarrollarse como parte del nuevo plan del producto. Asimismo, Crocs podría fabricar un zapato con aranceles altos en China al principio, con un plan para reducir los costos posteriormente mediante la movilización de la producción.

La operación canadiense de manufactura se retuvo en parte debido a las consideraciones sobre derechos arancelarios; por ejemplo, Canadá e Israel tenían una relación de derechos libres. Los zapatos de Crocs eran muy populares en Israel, habiendo vendido 1.2 millones de pares en el país en 2006. (La operación canadiense también fue muy útil para hacer ventas dentro de Canadá, dado que en la etiqueta de "Hecho en Canadá" brindaba una ventaja importante del marketing).

Productos nuevos y más complicados En 2007, Crocs amplió sus líneas de productos más allá de los zapatos moldeados con el material croslite. En parte debido a su adquisición de febrero de 2007 de Ocean Minded, empezó a fabricar zapatos con partes superiores hechas de piel y otros materiales convencionales de calzado, utilizando el material croslite para la suela de los zapatos. Esto introdujo complicaciones adicionales dentro del proceso de producción. La piel y otros materiales también eran más costosos que el croslite.

Incluso, con un proceso de producción más complicado, Crocs trató de aplicar el mismo modelo de respuesta rápida que había traído de Flextronics y que optimizó para los zapatos moldeados. Al respecto, Snyder comentó:

> Ahora, ciertamente se vuelve más complejo —las personas podrían lanzar dardos a esto diciendo: "[…] pero ellos solamente fabrican zapatos moldeados por inyección y, por lo tanto, tienen una ventaja sobre otros productores de zapatos en el área". Sí, ciertamente era así. Pero ahora tenemos el mismo modelo para zapatos más estándar, donde podría tener un fondo hecho de croslite y partes superiores más comunes—, podría tener lona, piel, gamuza, cualquier cosa que fuera. Pero todavía estamos usando el mismo modelo, allí donde algo es popular o en las grandes temporadas, siempre podremos fabricar más. Puede no ser tanto como en el primer año, como los 2 millones adicionales que obtuvimos de la pantufla, pero incluso ésta fue un proceso difícil. No sólo tenía que moldearse, poseía una técnica especial de engomado y muchas cosas más.
>
> Pero el modelo todavía está ahí. No vamos a decir no a una demanda de un nuevo producto muy popular. Eso va a conseguir que nuestro modelo avance y todavía tenemos una gran cantidad de espacio para mejorar en nuestros sitios flexibles de manufactura. Seguimos trabajando en México, Canadá y Europa para hacer esto incluso más flexible y poder llevar la mercancía al mercado más rápido: de 2, 4, 6 semanas, cualquier cosa que se necesitara ahora dependiendo de la capacidad o de la demanda en una fábrica dada.

Introducción de nuevos productos En sus primeros años de ventas, Crocs observó que todos los productos se vendían igualmente bien en cada mercado alrededor del mundo. Esto otorgaba una oportunidad atractiva. Podía probarse un nuevo modelo de zapato en la temporada primavera/verano en el hemisferio sur y los resultados podrían usarse para indicar cómo podría ser aceptado en Estados Unidos y Europa. Si el producto resultaba ser un éxito enorme, la producción podía planearse acorde con el lanzamiento del hemisferio norte. Por otra parte, si el producto se vendía con lentitud, aquellos que no se compraran en el hemisferio sur podrían venderse en el hemisferio norte en su temporada de primavera/verano.

Snyder hizo el siguiente planteamiento:

> Nos encontramos ahora en una situación en la que podríamos presentar nuevos productos que podrían tener más complejidad en la cadena de suministro: más piel y una mayor cantidad de otro tipo de materiales, arandelas, máquinas de coser, cualquier cosa que se necesitara. Podemos lanzar ese producto en la mitad de los países, podemos todavía ser agresivos en nuestra producción, todavía podemos fabricar mucho más que las cantidades prereservadas, pensando que un producto determinado va a ser un éxito. Suponga que primero lanzamos un producto en América del Norte. Tenemos otras temporadas que se están efectuando en otras partes del mundo y otras 10 mil a 15 mil tiendas en las que podemos lanzar este producto nuevo en particular muy rápidamente. Por lo tanto, no corremos un gran riesgo al hacer esto. No corremos muchos riesgos al ordenar materias primas adicionales ni tampoco al formar un inventario adicional de zapatos cuando lancemos el producto. Si se vende fuera de Estados Unidos, fabricamos más, y si todo se vende, entonces, el proyecto es muy bueno (haremos otro lanzamiento en Europa o en Asia el año siguiente).

Planeación de la cadena de suministro A mediados de 2007, Crocs usaba un sistema de base de datos alimentado internamente construido para su planeación que evolucionó a lo largo del tiempo; sin embargo, estaba en proceso de adoptar un sistema comercial empresarial de planeación de recursos. Habían lanzado el módulo del inventario, el cual les daba una perspectiva global del inventario y les proporcionaba información para el sistema de planeación. El nuevo sistema de planeación se estaba poniendo en línea.

Crocs contaba con personal del área de planeación en Estados Unidos, Asia y Europa. Cada país debía generar su propio plan de necesidades, pero también había una actividad global de planeación en cada tipo de modelo. El personal de planeación global trabajaba con el local en las necesidades de cada mercado.

La planeación de los productos se basaba en reservaciones previas para cada modelo, así como en infor-

mación sobre qué minoristas estaban adoptándolo. Crocs analizaba las ventas esperadas de cada modelo, pero elaboraba el producto real después de observar el éxito de la demanda para evitar tener que terminar con un inventario no vendido.

Aunque Crocs no acumulaba inventarios en exceso de las órdenes esperadas, la compañía ciertamente adquiría un exceso de capacidad (algunas veces dos a tres veces la capacidad esperada) bajo la forma de moldes o máquinas de moldeado de modo que pudiera aumentar rápidamente la capacidad en caso de que el producto despegara.

MOVIMIENTOS FUTUROS

Crocs fue enormemente exitoso desde sus primeras ventas en 2003 y hasta el primer trimestre de 2007. Desarrolló una cadena de suministro que era muy revolucionaria en la industria y que fue un factor fundamental de este éxito. Tenía productos que fueron muy populares en el ámbito de mercado. Tenía Mantenía relaciones positivas con sus clientes minoristas. ¿Cómo podría construir mejor su éxito?

Preguntas de análisis

1. ¿Cuáles son las competencias principales de Crocs?
2. ¿Cómo explotarán estas competencias en el futuro? Considere las siguientes alternativas:

   a) Una mayor integración vertical en los materiales
   b) Crecimiento por adquisiciones
   c) Crecimiento por extensión de productos

3. ¿En qué medida se ajustan las alternativas de la pregunta dos a las competencias básicas de la compañía y en qué grado desvían a la empresa de sus competencias básicas?
4. ¿Cómo debería Crocs planear su producción y su inventario? ¿Cómo afectan los márgenes brutos de la organización a esta decisión?

El 11 abril 2002, Rob Pincombe, gerente de compras de Unifine Richardson en St. Mary's, Ontario, recibió una llamada telefónica de Joanna Killian de Harrington Honey, su principal proveedor de miel, para informarle que la Canadian Food Inspection Agency (CFIA) había encontrado recientemente huellas de cloranfenicol en la miel china. Y no solamente eso, sino que incluso China desarrolló una medida confiable para comprobar la existencia de tal sustancia prohibida, y Canadá y Europa rechazarían sus exportaciones. Cuando Pincombe colgó el teléfono, estaba particularmente preocupado por satisfacer las demandas de su cliente. Su compañía dependía mucho de la miel importada de China y el inventario de miel de su proveedor chino se agotaría totalmente el 17 de mayo de 2002.

UNIFINE RICHARDSON

Unifine Richardson manufacturaba aderezos para ensaladas, coberturas para helados, salsas y jarabes con base en una operación de tres turnos con 110 empleados. La compañía era subsidiaria de Cosum, una cooperativa de agricultores de azúcar con sede en los Países Bajos y sucursales en toda Europa y Norteamérica. La empresa vendía sus productos al mercado de restaurantes y proveedores de alimentos, minoristas (cadenas autoservicio y productos artesanales) y clientes industriales (productores de alimentos).

La empresa compraba aproximadamente 1 millón de libras de miel anualmente, lo cual representaba entre 3 y 5% de los gastos totales de la empresa. Casi todas sus compras de miel consistían en una mezcla de 50-50 de miel china y canadiense que tenía un costo de 1.08 dólares por libra. Los precios históricos se muestran en el cuadro 1.

Harrington Honey compraba miel no pasteurizada a una variedad de agricultores y corredores internacionales. Después de que la miel se pasteurizaba, se vendía a granel a productores y distribuidores, como Unifine Richardson, la cual dividía la miel a granel en paquetes más pequeños que personalizaba de acuerdo con las especificaciones del cliente. 80% de las ventas recientes de miel de la organización habían sido para un operador grande de franquicias minoristas que la usaba en la elaboración de una salsa para sus pollos fritos sobre una base de "costo extra", por ejemplo, costo extra de 15%. La parte restante se vendía a otros operadores de franquicias o se empleaba en cantidades más pequeñas, como la salsa de miel-mostaza de Unifine Richardson. Pincombe sabía que estos clientes exigían consistencia en el producto.

LA INDUSTRIA DE LA MIEL

Como se ilustra en el cuadro 2, China, Estados Unidos y Argentina dominaron la producción mundial de miel de 1997 a 2001. Cada uno era un exportador mayoritario a Canadá, que, a su vez, era un productor importante de miel; en 2001, Canadá era el décimo productor más grande de miel del mundo. Como satisfactor, el precio de la miel se fijaba con base en su clasificación por color (desde blanco acuático hasta ámbar oscuro), sabor (por ejemplo, canola, trébol, flores mezcladas), aroma y pureza.

La CFIA supervisaba el alimento y la salud de los animales y las plantas para garantizar que los productores y los importadores cumplieran con las disposiciones federales en cuanto a calidad y seguridad. El 8 marzo de 2002, modificó las disposiciones de importación para la miel preempacada y a granel proveniente de Grecia, China y Argentina. De acuerdo con este reporte, la Unión Europea impuso una prohibición sobre todos los productos animales provenientes de China, incluyendo la miel, debido a ciertas preocupaciones por la falta de control de las drogas veterinarias es ese país. Un muestreo reciente de los productos tanto griegos como chinos de la CFIA reveló una adulteración de la miel con drogas veterinarias. Además, Estados Unidos había impuesto un arancel *antidumping* sobre la miel proveniente tanto de China como de Argentina y necesitaba asegurarse de que no se desviara de estos dos países a Canadá para ser exportada a Estados Unidos.[1] El reporte de la CFIA hizo notar que, en Canadá, toda la miel griega sería inventariada y retenida hasta recibir los resultados del laboratorio, lo cual no debería llevar más de 20 días. La miel argentina sería probada, pero podría liberarse antes de los resultados de laboratorio. Si se descubría que las muestras no cumplían con los requisitos, la CFIA determinaría la acción más apropiada, la cual podría incluir multas, remoción del mercado y la devolución de la miel contaminada al país de origen, todo ello bajo los gastos del productor.

Al leer la noticia de la disposición a principios de marzo, Pincombe le llamó a Harrington Honey, su único proveedor de suministro de mezcla china-canadiense, para conocer su reacción. Se le garantizó que la oferta no se vería afectada ni interrumpida. De acuerdo con el

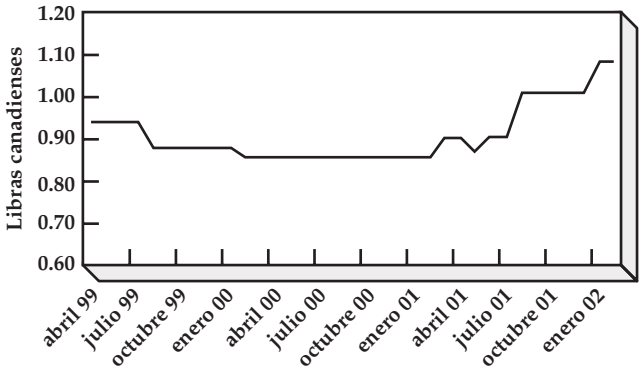
[1] El dumping se define como la venta de bienes por debajo del costo en mercados selectos (APICS 10th Annual Dictionary). Por instigación de la industria estadounidense, el Departamento de Comercio de Estados Unidos, con el consenso de la International Trade Commission, impuso aranceles antidumping sobre productos importados selectos en un esfuerzo por proteger a los productores estadounidenses contra una competencia de precios injusta.

El profesor Carol Prahinski preparó este caso únicamente como material para realizar debates en clase. El autor no pretende ilustrar un manejo eficaz o ineficaz de una situación administrativa y puede haber encubierto ciertos nombres y otra información de identificación para proteger la confidencialidad.

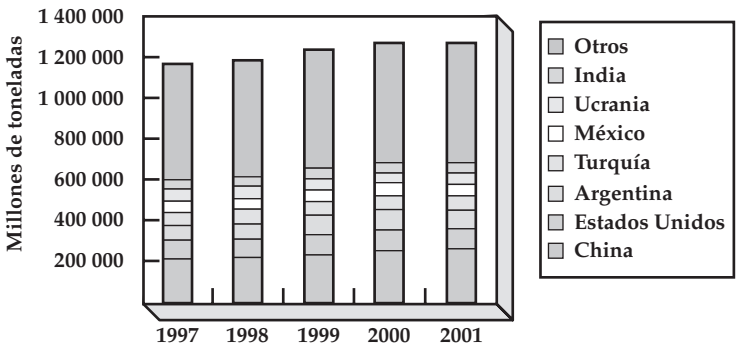
Ivey Management Services prohíbe cualquier forma de reproducción, almacenamiento o transmisión sin su permiso puesto por escrito.

Copyright © 2002, Ivey Management Services.

CUADRO 1 Precios de la miel



CUADRO 2 Producción internacional de la miel



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2002.

reporte de CFIA y de Harrington Honey, el CFIA ni siquiera tenía un medio para analizar la evidencia de algunas drogas, como el cloranfenicol.

CLORANFENICOL

El cloranfenicol es un antibiótico que fue aprobado para su uso humano sólo en Canadá como último recurso de tratamiento médico en infecciones de bacterias que ponían en peligro la vida. Se prohibió para usarse en animales que se consumían como alimento en muchos países porque se detectó que estaba asociado con una anemia aplástica en un pequeño porcentaje de casos. La anemia aplástica es un serio desorden sanguíneo que, de ordinario, es fatal en los casos severos.[2]

Pincombe consideraba que, debido al hecho de que las abejas eran a menudo resistentes a los antibióticos, los chinos usaron el cloranfenicol para remediar un contagio en su población de abejas; y que el gobierno chino no contempló las repercusiones asociadas con el antibiótico. Pincombe escuchó estimaciones de que se necesitarían aproximadamente 15 meses para eliminar las huellas de cloranfenicol en las colmenas.

A principios de abril, el gobierno canadiense desarrolló una forma de medir el cloranfenicol. Casi de inmediato, un embarque de miel proveniente de China y destinado a un competidor de Harrington Honey se examinó y se le encontró un residuo superior al límite legal de 0.001 partes por millón (ppm).

LA LLAMADA TELEFÓNICA

El 11 de abril de 2002, Killian llamó para anunciar que Harrington Honey tomó la decisión de descontinuar la importación de miel china hasta que dicho país desarrollara un medio para probar el cloranfenicol y pudiera detectar y rechazar la miel contaminada; y esperaba que el inventario de miel china de Harrington quedara totalmente agotado el 17 de mayo de 2002.

Sin embargo, debido a posibles retiros de productos de consumo, el proveedor recomendaba que sus clientes cambiaran inmediatamente a una fuente alternativa y propuso tres opciones principales: 100% de miel canadiense pura, 100% de miel estadounidense, o una mezcla de 50-50% de miel canadiense-argentina. Killian notó con rapidez que, debido a que la oferta disponible de miel en el mercado mundial había disminuido en aproximadamente 20%, los precios de la miel no China habían ascendido de manera significativa. Además, existía preocupación respecto de la disponibilidad del producto indistintamente del precio. Y, finalmente, recomendó que Pincombe considerara un contrato a largo plazo para cerrar un precio específico.

[2] *Fuente:* Gordon L. CoPpoc. Chloramphenicol and Relatives, Purdue Research Foundation, 1996.

Killan proporcionó los siguientes precios: 100% de miel canadiense estaba disponible a 1.75 dólares por libra, 100% de miel estadounidense estaba disponible a 1.10 por libra en dólares estadounidenses, y la miel al 50-50% canadiense-argentina estaba disponible a 1.42 dólares por libra.

Mientras Rob Pincombe colgaba el teléfono, se preguntaba qué debería recomendar. Su cliente principal de miel era conocido por tener normas muy rigurosas y por comprar muchos productos de Unifine además de la miel. Por otro lado, él consideraba que la mezcla canadiense-argentina no tenía tan buen sabor como la canadiense pura o la estadounidense pura y que sus clientes, probablemente, estarían de acuerdo con él. Así, estimó que tenía cerca de un día para tomar su decisión y actuar con base en ella.

Preguntas de análisis

1. ¿Qué riesgos de la cadena de suministro presenta la situación actual?
2. Como Rob Pincombe, ¿qué alternativas consideraría usted? ¿Cuáles son los pros y los contras de cada alternativa? ¿Qué alternativa recomienda y por qué?
3. ¿Qué modificaciones, si es que hay alguna, haría usted en su relación con Harrington Honey?
4. ¿Cuáles son los problemas estratégicos a largo plazo que deberían estudiarse?

Caso de estudio eBags: administración del crecimiento

A principios de 2004, Jon Nordmark y su equipo administrativo (cuadro 1) se sentaron para revisar las cifras de ventas más recientes de la temporada de vacaciones con mucha anticipación. Hasta ese momento, todo marchaba bien para la administración de eBags. La compañía sobrevivió a la explosión tecnológica de 2000 a 2002 saliendo relativamente ilesa y fue uno de los pocos minoristas de internet que obtuvo una utilidad. En diciembre, fue nombrado uno de los 50 principales sitios web de la revista Internet Retailer. Ahora, los estados financieros que tenían enfrente indicaban que su organización podría hacer alarde de un séptimo trimestre consecutivo con un flujo de efectivo positivo y un segundo trimestre consecutivo de utilidades.

Aunque Nordmark y su equipo se sentían optimistas en relación con el estado actual de eBags, ellos comprendieron que el comercio electrónico evolucionaba con rapidez y que, de las elecciones estratégicas que hicieran a lo largo de los siguientes meses, dependería el crecimiento futuro de su empresa. Hasta el momento, el equipo administrativo concentraba sus esfuerzos en la comercialización y en la mercadotecnia, pero comprendió que la expansión requeriría de una perspectiva más holística del negocio.

El equipo concluyó que eBags debería buscar corrientes adicionales de ingresos para sostener su alto nivel de crecimiento. Tenía dos propuestas de expansión a considerar: una implicaba la expansión del modelo actual de negocios a Europa; mientras que la otra proponía la inclusión de zapatos a la cartera de productos de eBags. Aunque ambas se veían prometedoras, Nordmark sabía que habría desafíos desde el punto de vista de las operaciones y quería asegurarse de que comprendiera totalmente las implicaciones de cada opción.

HISTORIA DE EBAGS

En la primavera de 1998, Jon Nordmark convenció a otras cuatro personas, Peter y Eliot Cobb, Frank Steed y Andy Youngs, para unir fuerzas y crear una tienda en línea de equipaje y de productos de viaje. La elección de un negocio que proporcionará una amplia variedad de equipajes, bolsas, mochilas y accesorios de viaje no fue sorprendente dado que Nordmark, Peter Cobb, Youngs y Steed eran altos ejecutivos en Samsonite USA y American Tourister. De manera conjunta, ellos contemplaban a la internet como una oportunidad para explotar su experiencia y construir una compañía minorista de dimensiones mayores.

Eso era una alternativa riesgosa para todos. Con el fin de arrancar la empresa, cada uno aportó 50 000 dólares y estuvo de acuerdo en trabajar en forma gratuita hasta que la organización pudiera establecer un financiamiento proveniente de fuentes externas. Mientras luchaban para obtener el financiamiento inicial, Nordmark retiró efectivo de sus tarjetas de crédito, pidió dinero prestado a su familia y contrató una segunda hipoteca sobre su casa para mantener la compañía a flote. En un punto a finales de 1998, tanto Nordmark como eBags estaban completamente en quiebra.

En enero de 1999, Benchmark Capital, una compañía líder en capital de riesgo de Silicon Valley, entró en la escena con el financiamiento. Robert Kagle, un socio de Benchmark, felicitó a Nordmark tanto en su calidad de visionario como de hombre de negocios pragmático. Al poco tiempo, después de la inversión inicial, otros capitalistas de negocios "olieron sangre" y empezaron a aportar capital con inversiones que alcanzaron un total de 6.8 millones de dólares.

En marzo de 1999, se lanzó oficialmente eBags.com, que consiguió un mayor flujo de dinero de capital de negocios y, para noviembre de ese año, contaba con más de 30 millones de dólares de financiamiento. Con una gran cantidad de capital, Nordmark y su equipo se concentraron en impulsar el crecimiento en ventas y en estimular las ofertas de marcas. Al final del primer año de operaciones, eBags alcanzó un crecimiento promedio de ventas mensuales de 98% y amplió sus ofertas de productos de 6 a 56 marcas. El 2001 determinó un cambio radical para eBags ya que *Catalog Age* la nombró sitio web del año y tuvo su primer mes rentable en diciembre. En los años siguientes, obtuvo numerosos reconocimientos de mercadotecnia y comercialización.

A principios de 2004, eBags era el proveedor en línea más grande de bolsas y accesorios y llevaba más de 200 marcas y 8 000 productos. Había vendido más de 2.5 millones de bolsas y había sido una organización consistentemente rentable, una de las primeras empresas .com que sobrevivió y que prosperó por sí misma.

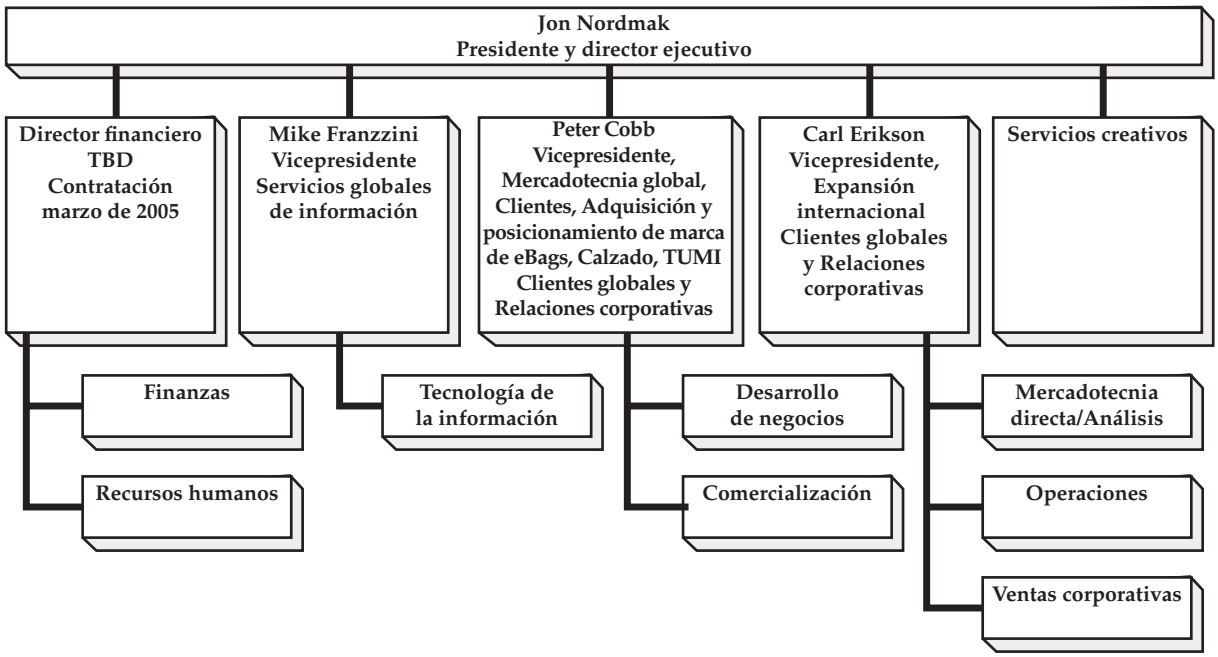
LA INDUSTRIA DEL EQUIPAJE[1]

Al igual que la mayoría de las industrias estadounidenses, la del equipaje experimentó un crecimiento y una innovación significativos como resultado de la transformación de la nación después de la Segunda Guerra Mundial. Los materiales como el nylon a prueba de rupturas, la fibra de vidrio, los plásticos, el aluminio, la piel y las telas simuladas desarrollados durante el tiempo de guerra ahora se aplicaban a la industria. Los productores diseñaban artículos duraderos y, al mismo tiempo, lo suficientemente ligeros para satisfacer las disposiciones

[1] "Luggage", *Encyclopedia of American Industries*, Online Edition. Gale, 2004. Reproducido en Business and Company Resource Center. Farmington Hills, MI.: Gafe Group, 2005. http://galenet.galegroup.com/servlet/BCRC.

Este caso fue preparado por Timothy M. Laseter, profesor auxiliar de administración de empresas en Darden; Elliot Rabinovich, profesor auxiliar, y M. Johnny Rungtusanatham, profesor asociado, ambos de la W. P. Carey School en Arizona State University, con la asistencia de Todd Lappi (MBA '05) y Ken Heckel (MBA '06). Se escribió como punto de partida para debates escolares en lugar de pretender ilustrar el manejo eficaz o ineficaz de una situación administrativa. Copyright © 2005 por la University of Virginia Darden School Foundation, Charlottesville, VA. Se reservan todos los derechos. Reimpreso con permiso de the Darden School Foundation.

CUADRO 1 Organigrama



federales de los viajes aéreos. Durante la década de 1970, se prestaba gran atención a las modas y estuvo en boga el diseño del equipaje. También, a medida que los viajes aéreos se volvieron más eficientes, el énfasis fue sobre la velocidad y los productores empezaron a fabricar un equipaje de mano que le permitía a los viajeros evitar las colas de registro y las áreas para el reclamo del equipaje. En la década de 1980, el equipaje se volvió símbolo del estatus. Los consumidores exigían que su equipaje mostrara su riqueza, su estatus y su preferencia por las modas. En respuesta, los productores elaboraban una amplia variedad de estilos, colores, tamaños y materiales, lo cual condujo a un incremento en la amplitud y en la fragmentación de la industria. Aunque la moda continuaba siendo un determinante clave, la década de 1990 y la primera parte de la década que inició en 2000 vieron un regreso al énfasis sobre los servicios, ya que los viajes internacionales de negocios hicieron explosión en la nueva economía global.

El mercado del equipaje nacional, de 1 280 millones de dólares en 2000, se fragmentó con una amplia variedad de productos que se distinguían, principalmente, por la calidad , el uso y el precio. El mercado de equipaje incluía bolsas tradicionales para viaje, maletas, maletines, mochilas, bolsas de mano, portafolios para computadora y otros accesorios de viaje. La porción alta del mercado consistía en productos de alta calidad con características muy amplias y con nombres de marca muy prestigiados. Dichos artículos llevaban etiquetas con un precio muy elevado y se distribuían de manera selectiva a tiendas especiales y a algunos minoristas importantes. La porción intermedia del mercado mantenía un número considerable de mercancías que se diferenciaban por características, nombre de marca y precio. En esta porción, la distribución era muy amplia, con productos que llegaban a tiendas especializadas, minoristas de gran tamaño y tiendas de descuento. La porción inferior del mercado se integraba con productos de etiqueta privada y sin marca. Éstos tenían sólo algunas características que los diferenciaban y se vendían en volúmenes significativos a precios bajos, lo cual daba como resultado márgenes bajos para los minoristas y los productores.

Debido a la fragmentación del ámbito de mercado, sólo existían algunos competidores destacados con participaciones representativas en el mercado nacional; esto es, Samsonite, American Tourister, JanSport y Eastpak. El resto del mercado se dividió en marcas nacionales o regionales más pequeñas que funcionaban como un nicho específico. Las marcas como North Face, Kate Spade, Totes, Eagle Creek y Liz Claiborne eran sólo algunos de los muchos nombres reconocibles identificados en el mercado.

La manufactura se administraba a través de un abastecimiento global y se concentraba en los procesos de costos más bajos que satisfacían las normas y las especificaciones de calidad del producto; por ejemplo, Samsonite, el único productor de equipaje verdaderamente global, operaba 11 instalaciones de manufactura en todo el mundo, dos en Estados Unidos, tres en Europa occidental y la parte restante en las regiones en vías de desarrollo de Europa oriental, México, la India y China. JanSport contaba con cerca de 20 productores por contrato en su sitio web incluyendo cinco en Estados Unidos, cuatro en China, tres en El Salvador y dos en México. Otros lugares incluían Vietnam, Madagascar, Indonesia, Singapur, Malasia Honduras, Macao y Yakarta.

Asimismo, la base fragmentada de los productores de equipaje y el amplio rango de segmentos calidad/pre-

cio condujo a un amplio y dividido mercado al menudeo. El equipaje y los accesorios para viaje podían adquirirse a través de minoristas que iban desde tiendas de departamentos, tiendas especializadas en equipaje, tiendas de descuento y, en algunos casos, puntos de distribución propiedad del productor. Los programas de mercadotecnia se concentraban en una publicidad de marca que reforzaba las cualidades únicas del artículo. Además, la estrategia de mercadotecnia se apoyaba en una serie de programas de punto de venta en la tienda y de actividades promocionales.

Fue la naturaleza fragmentada del mercado del equipaje y su experiencia con Samsonite lo que condujo a Jon Nordmark a lanzar a eBags como una solución innovadora de negocios.

MODELO DE NEGOCIOS DE eBAGS

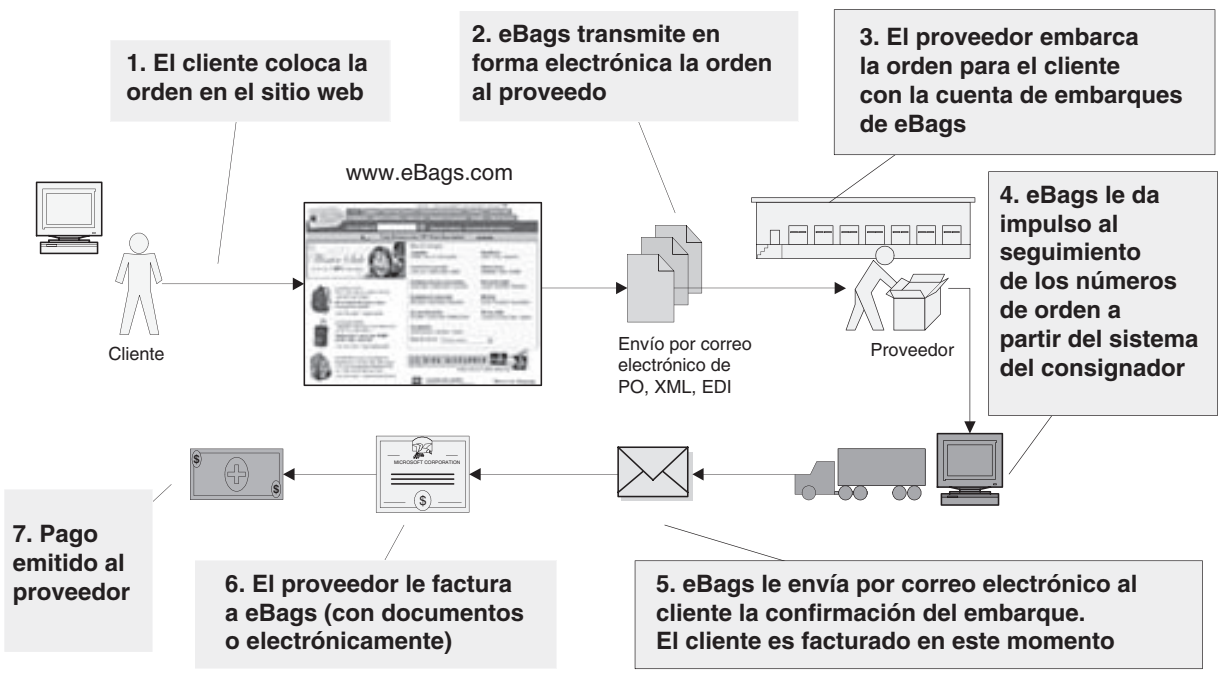
Nordmark y la experiencia de su equipo en la industria del equipaje brindaron un fundamento muy importante para el éxito, pero el modelo de negocios de eBags representaba una desviación más grande con respecto del modelo tradicional de negocios. eBags trataba de reducir la fragmentación de la industria y de llevar al cliente más cerca del productor al colocar una colección diversa de artículos de marca en una tienda en línea.

Así, empezó por desarrollar fuertes relaciones con los grandes productores y comercializando cuatro líneas de productos: bolsas, portafolios de negocios, bolsas de mano y mochilas. La compañía buscaba artículos en estas categorías que cubrieran los tres segmentos del mercado (porción superior, intermedia y baja). eBags vendío su concepto a los productores resaltando el valor añadido y estableciendo un contacto más cercano entre una amplia variedad de segmentos de clientes. Además, el frente comercial en línea acortaba la cadena de suministro al ofrecer la oportunidad de obtener ahorros considerables en los costos del inventario. A cambio de sostener un contacto más próximo con el productor, eBags colocó el modelo de inventario de envío directo (vea cuadro 2) sobre los productores. En este modelo, el inventario se administraba al nivel del productor o del distribuidor. Al servir como intermediario para el cliente, eBags colocaba órdenes diarias para el proveedor, quien entonces las embarcaba de modo directo al cliente. Tal modelo eliminaba el riesgo de obsolescencia del inventario de eBags, lo cual resultaba una consideración fundamental en un mercado impulsado más bien por el estilo que por la funcionalidad.

Dado que la mayoría de los productos se vendían en cajas de cartón para embarques, el modelo de envío directo no representaba una desviación notable para los principales proveedores de equipaje y les daba más realimentación inmediata de los clientes que el tradicional al menudeo. Para eBags, el modelo de envío directo prácticamente eliminaba la necesidad de inventarios, reduciendo, con ello, los costos de mantenimiento por debajo de los minoristas tradicionales. Además, eBags podía ofrecer una variedad virtual mucho más amplia que un minorista tradicional de equipaje que se enfrentara a restricciones físicas de espacio y/o que necesitara de un costoso espacio para la expansión.

Para alcanzar con eficacia a los posibles clientes, eBags construyó un sitio web con una tienda muy variada en donde se comercializaban los productos con base en la demanda y la disponibilidad. El principal argumento de venta al cliente era la habilidad de eBags para llevar una amplia gama de productos a una localidad. Sin este portal, los clientes tenían que gastar dinero y tiem-

CUADRO 2 Proceso de cumplimiento del pedido mediante envío directo



po viajando a diferentes tiendas especializadas o tiendas departamentales en busca del producto perfecto. Con el sitio de eBags, los consumidores podrían buscar por tipo, marca, línea de producto y precio. La empresa tomó la decisión consciente de no competir en el precio; más bien, optó por hacerlo en la amplitud, la selección y la conveniencia de productos. Por lo tanto, aquellos que se ofrecían en el sitio de eBags mostraban el precio al menudeo sugerido por el productor. Ya que la capacidad para tener una tienda comparativa en un mercado segmentado era fundamental para el cliente, el sitio de eBags se juzgó como exitoso para alcanzar el mercado fijado como meta.

Los desafíos de eBags provenían del hecho de tener que perturbar la cadena de valor tradicional que existía entre los productores y los minoristas. Las tiendas de departamentos y las especializadas presentaban una fricción significativa para el sistema en línea. Cuando eBags lanzó inicialmente su sitio en 1999, el comercio en línea sólo daba cuenta de 1% de las ventas del mercado, pero, con base en el éxito de Amazon.com y eBay, las cosas estaban claras. Los minoristas argumentaban que le ofrecían a los productores una demanda consistente y un inventario de seguridad, ventajas que eBags no podía brindar. eBags contraatacó con el argumento de que su modelo de negocios llevaba más clientes a los productores a un ritmo más rápido y que esas ventajas superaban los costos de mantenimiento del inventario. Con el tiempo, los datos del mercado en línea estarían disponibles para que los productores estimaran mejor la demanda y el manejo del inventario. Adicionalmente, argumentó eBags, este modelo de negocios les permitía concentrarse con mayor holgura en la promoción del producto y en las actividades de mercadotecnia que incrementarían los niveles de ventas. La compañía asumió la responsabilidad de mantener el sitio web, de tomar fotografías de los productos y de comercializar y promover los artículos y los nombres de marca.

A medida que los productos y las marcas iniciales experimentaron un éxito en ventas, eBags logró construir una red de proveedores que iba de 10 a 300, con líneas de artículos que aumentaban de 1 000 a más de 15 000 unidades alojadas en el inventario. Para aumentar la conciencia, eBags desarrolló un programa afiliado que motivaba a los sitios web no minoristas para que promovieran eBags. A cambio de poner un vínculo a su sitio web independiente en el sitio de eBags, la afiliada obtenía una comisión tan alta como de 20% por cada venta de eBags que provenía de un consumidor que hacía clic en el vínculo de eBags. Ello servía como una opción de bajo costo para comercializar a eBags y para impulsar las ventas en segmentos de mercado que antes no se aprovechaban.

A medida que la base de proveedores se ampliaba, eBags vio la necesidad de atender mejor a la porción inferior del mercado, la cual era sensible a los costos. La realimentación que arrojó el sitio web reveló que los clientes buscaban productos genéricos de viaje que fueran confiables, pero con un costo bajo. En respuesta, eBags lanzó su propia etiqueta privada la cual se abastecía mediante productores asiáticos de bajo costo. De esta manera, consiguió satisfacer el extremo inferior del mercado con márgenes decentes. El problema surgió cuando tuvo que mantener un inventario para la etiqueta privada, dado que el modelo de envío directo no podía aplicarse con eficiencia con sus productores asiáticos por contrato.

MODELO DE OPERACIONES DE eBAGS

Con la finalidad de eliminar los altos costos de mantenimiento del inventario asociados con más de 8 000 distintos artículos de equipaje y 15 000 unidades, eBags utilizó el modelo de envío directo (cuadro 2),[2] el cual daba cuenta de 85% de sus embarques; sin embargo, existían tanto ventajas como desventajas al obtener márgenes de utilidad más bajos en comparación con los minoristas tradicionales y la incapacidad para controlar los programas de embarque de los productores.

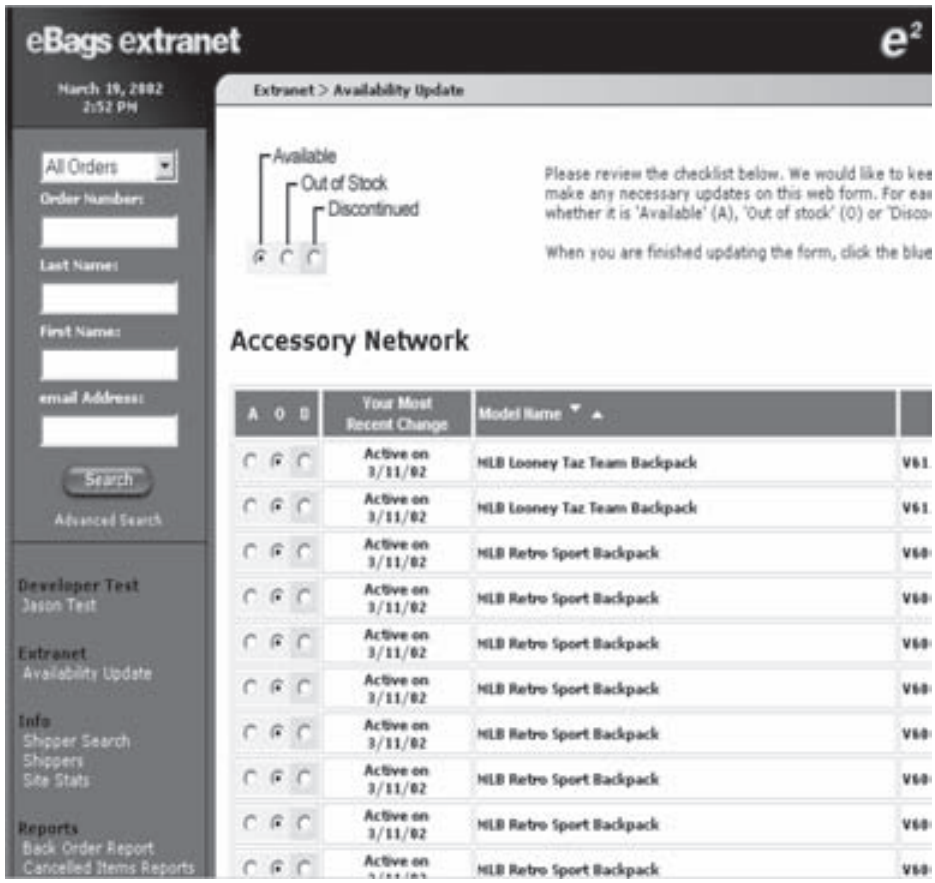
Con el desarrollo de la etiqueta privada, eBags incorporó el modelo habitual de inventario especulativo. La etiqueta privada consistía en 15% de los embarques, con aproximadamente 1 000 unidades alojadas en el inventario, las cuales se mantenían en un almacén de eBags en Dallas, Texas. De acuerdo con su estrategia de costos limitados en el mantenimiento del inventario, eBags se esforzó por conservar un nivel estimado de dos meses de ventas de un inventario de etiqueta privada y en minimizar las corridas de producción, cuidando, al mismo tiempo, las mismas metas de puntualidad y exactitud que sostenía para los productos de envío directo. Al abastecer en forma global la manufactura de la etiqueta privada por medio de una red de productores asiáticos de costo bajo y una rigurosa administración del inventario, eBags logró satisfacer a los consumidores preocupados por los costos y, a la vez, pudo disfrutar de un saludable margen de utilidad.

La administración de datos tenía una importancia fundamental para la eficiencia operativa de eBags, por lo que la compañía entabló fuertes relaciones con el proveedor mediante el mantenimiento de un alto grado de transparencia. Intercambiaba datos con los proveedores sobre una base diaria a través de un sistema denominado *eBags Partner Network* (EPN). Esta interfase basada en la web constituía 60% del intercambio de datos, mientras que el protocolo usual de transferencia de archivos y el intercambio electrónico de datos representaban el 40% restante. La EPN le permitía a los proveedores actualizar el estatus del inventario de las unidades de inventario sobre una base de tiempo real, identificándolas como unidades en existencia, no disponibles o descontinuadas (vea cuadro 3). A la vez, capacitó a eBags para comercializar de un modo más efectivo las líneas de productos entre los clientes, garantizando que éstos no solicitaran artículos que el productor no pudiera entregar.

La organización incorporó un sistema de indicadores de proveedores en la EPN, el cual permitía darle un seguimiento a ciertos parámetros claves como ventas de productos, devoluciones de artículos, evaluaciones de

[2] "Looking Big: How Can Online Retailers Carry So Many Products?", *Wall Street Journal*, 28 de abril de 2003.

CUADRO 3 Muestra de una pantalla de la EPN: actualización del inventario del proveedor



clientes y testimonios (cuadro 4). La información sobre los indicadores del proveedor serviría como una herramienta de motivación para que mejoraran su desempeño operacional sobre elementos operativos como las tasas de órdenes pendientes de cumplir, el tiempo de entrega y las tasas de procesamiento. eBags estableció metas muy exigentes para sus proveedores y se esforzó en lograr objetivos generales para el mantenimiento de una tasa de entregas puntuales de 95%, una exactitud de embarques de 99.995%, una tasa de devoluciones de órdenes de menos de 1% y un tiempo de procesamiento de los pedidos de menos de dos días. El indicador del proveedor era una herramienta valiosa que le permitía a eBags mantener la visibilidad de los proveedores y reforzar un desempeño positivo capaz de incrementar la satisfacción del consumidor y de conducir a un fuerte crecimiento en ventas.

Los embarques se manejaban a través de un transportista primario —United Postal Service (UPS)—. Los productos se enviaban de manera directa del proveedor o del propio almacén de eBags al cliente. De manera que cualquiera de ellos podían darle un seguimiento al estatus del embarque del producto por medio del sistema en línea de UPS. La empresa era responsable por el costo del embarque al consumidor, así como por el costo del embarque de devolución para cualquier producto que no satisfacía las expectativas del cliente. eBags enviaba una etiqueta prepagada de embarque de UPS directamente al consumidor, quien, simplemente, devolvía el paquete al productor o a eBags, dependiendo del acuerdo con el proveedor individual.

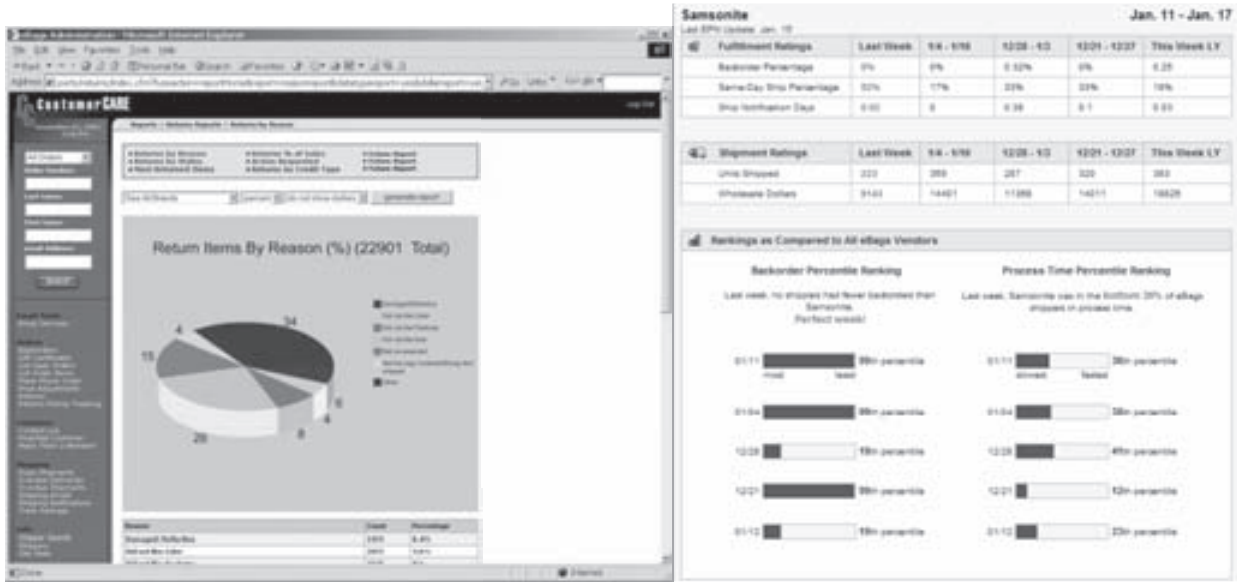
La política de devolución era liberal, pero consistente con la de otros minoristas de internet. La corporación ofrecía un periodo de gracia de 30 días para las devoluciones gratuitas. Las tasas de devolución del equipaje tenían un promedio de entre 6 y 7% de las bolsas vendidas, que eran relativamente bajas. Se pensaba que esto se debía sobre todo a la capacidad del cliente para evaluar y entender el producto antes de la compra. Los determinantes clave del tamaño, el material, el color y el propósito eran fáciles de comunicar mediante una fotografía del artículo en el sitio web.

LA INDUSTRIA DEL CALZADO[3]

En 2003, la industria nacional del calzado de Estados Unidos era un mercado de 40 700 millones de dólares, lo cual lo hacía casi tres veces más grande que el del equipaje y accesorios de viaje que era el que eBags atendía. Como sucedía con la industria del equipaje, la del calzado era

[3] "Footwear in the USA", http://www.euromonitor.com/mrm/ scripts (fecha de acceso: junio de 2004).

CUADRO 4 Muestra de una pantalla de la EPN: actualización del inventario del proveedor



altamente competitiva y extremadamente segmentada. Los cinco principales productores de calzado en Estados Unidos eran Nike Inc., Jones Apparel Group, Reebok International Ltd., Timberland Company y Brown Shoe Company Inc., y ninguno de los competidores mantenía más del 8% de la participación del mercado. La naturaleza competitiva de la industria condujo a la fragmentación, ya que los zapatos se distinguían por rendimiento, diseño, calidad del producto, conocimiento de la moda, estilo y, finalmente, el precio. Con casi 30% de consumidores estadounidenses que demostraban una fuerte lealtad hacia la marca, era imperativo que los productores desarrollaran artículos consistentes y confiables, capaces de satisfacer la demanda del mercado fijada como meta.

El mercado de consumidores se dividía en tres segmentos: mujeres (50.4% de las ventas), hombres (40.3%) y niños (9.3%). El consumo personal del calzado daba cuenta de 15% del gasto general en prendas de vestir, donde las mujeres invertían en promedio 80% más que los hombres. A medida que los minoristas de descuento ingresaron al mercado, el precio que se pagaba por los zapatos disminuyó a tal punto que los de un precio inferior a 100 dólares daban cuenta de 36% de las ventas totales del calzado en Estados Unidos. Asimismo, el mercado era estacional y ocurrían puntos máximos durante los periodos de regreso a la escuela, Navidad y Pascua.

La distribución se administraba principalmente a través de tiendas especializadas (47% del mercado), tiendas de departamentos (20.6%) y comerciantes en masa (16.7%). Las tiendas especializadas se concentraban en un tipo específico de calzado, como los zapatos deportivos de la marca Locker. Por lo común más pequeñas que los comerciantes en masa, las tiendas especializadas ofrecían un menor número de marcas y estilos que aquéllos. A diferencia de los minoristas de descuento como Walmart, los comerciantes en masa vendían sólo calzado y brindaban una amplia variedad de tipos porque la oferta de nombres de marcas múltiples les aportaba una extensa gama de productos de bajo precio para ofrecerlos a los clientes.

A principios de 2000, la sensibilidad al precio de los consumidores aumentó de manera significativa y los comerciantes en masa como Famous Footwear, DSW y Payless Shoes se interesaron en una estrategia de bajo precio, lo cual continuó atrayendo a su canal a los consumidores. Como resultado de ello, las tiendas especializadas experimentaron un decremento de importancia como un canal minorista en el mercado nacional estadounidense de calzado. eBags esperaba explotar dicha sensibilidad al precio en el ámbito de mercado, aparejada con las ventajas de un seguimiento cercano a un nivel electrónico.

De muchas maneras, la extensión de productos hacia el calzado le parecía algo lógico a eBags. Al apalancar sus fortalezas en mercadotecnia y en el comercio, la empresa tenía confianza en que pudiera explotar la similarmente segmentada industria del calzado mediante el suministro de centros de compras integrados en un solo sitio para los clientes. La amplitud de productos y el comportamiento del consumidor eran parecidos al de la industria del equipaje aunque los zapatos, ciertamente, presentaban algunos desafíos únicos en comparación con el equipaje y los accesorios de viaje. Los clientes debían probarse los zapatos antes de que estuvieran satisfechos con el producto y el comportamiento de compras en línea indicaba que los consumidores con frecuencia compraban pares múltiples de zapatos en forma simultánea, abiertamente con la intención de devolver aquellos que no les quedaran bien o que, de alguna forma, dejaran de satisfacer sus expectativas.

Otro desafío para eBags provenía del hecho de tener que desarrollar la conciencia de marca del consumidor, pues el nombre eBags no le indicaba al consumidor pro-

CUADRO 5 Muestra de una pantalla de la EPN: actualización del inventario del proveedor

Categoría del producto	Frecuencia de compra	Costo de devolución %	Conteo de modelos	Conteo unidades de inventario	Precio de venta promedio	Margen bruto promedio	Ciclo de vida del producto	Tasa de rendimiento del producto
Mochilas	1.08	15.1	621	1,486	$53.00	46%	2 años	7%
Portafolios de negocios	1.05	12.3	330	557	$55.00	49%	5 años	6%
Accesorios para camión	1.06	20.2	383	873	$25.00	48%	4 años	6%
Bolsas de mano	1.23	12.9	1,913	4,571	$55.00	52%	3 meses	10%
Equipaje	1.14	10.8	832	1,818	$90.00	47%	6 años	6%
Zapatos (Shoedini)	*1.16*	*9.8*	*73,123*	*92,218*	*$68.00*	*48%*	*3-6 meses*	*25%*

medio que el calzado podía comprarse en el sitio web. Así que necesitaba un enfoque para superar esta barrera, ya sea a través de adquisiciones/fusiones de sitios web, programas afiliados o publicidad y mercadotecnia. En 2004, existían en el mercado más de 36 minoristas de calzado en línea; cada uno se visualizaba como una adquisición/fusión potencial para eBags. Los programas afiliados consistían en acuerdos entre eBags y otros sitios web que no eran minoristas. Al promover a eBags en sus sitios web, estos afiliados recibían una comisión por cada venta que ocurriera como resultado de que el cliente navegara a través del sitio web de la afiliada.

Una comparación con un candidato potencial de una adquisición, Shoedini, puso de relieve muchas diferencias entre el calzado y las líneas actuales de productos de eBags (cuadro 5). Si se tenía éxito en el mercado del calzado, eBags veía la capacidad futura de extenderse al mercado de prendas de vestir e indumentaria de fantasía, el cual era el mercado más grande minorista en línea.

EL MERCADO EUROPEO

Se consideraba que el mercado del equipaje europeo estaba exactamente tan fragmentado como el estadounidense que eBags atendía. La mayoría de los minoristas europeos de equipaje eran tiendas pequeñas administradas por familias que operaban con horas de venta limitadas y que ofrecían una línea de productos menos diversa. A medida que aumentaron los viajes internacionales, estos minoristas dejaban de satisfacer las exigencias de sus clientes de una manera adecuada, pues éstos buscaban una selección y variedad más amplia, junto con una mayor amplitud de estilo y de utilidad, y, algo incluso más importante, quienes estaban en una ciudad tenían prioridades diferentes a las de las personas que se encontraban en un país vecino; por ejemplo, los consumidores alemanes le concedían un alto valor a la funcionalidad, mientras que los franceses e italianos valoraban el estilo, el color y la estacionalidad árida. Los clientes británicos buscaban un equilibrio en su selección de equipaje; ellos preferían una mezcla de funciones, valor y calidad.

Una motivación fundamental para el desarrollo del mercado del equipaje europeo era el alto nivel de uso de internet que Europa había alcanzado en 2002. Una población estimada de 190 millones de usuarios de internet se esparcía a través de Europa y rebasó la cantidad de 165 millones de usuarios de internet en Estados Unidos. Además, la tasa de penetración del internet (porcentaje de población con acceso al internet) tenía un promedio de casi 50% entre las 12 primeras naciones de Europa (cuadro 6). Y, finalmente, los niveles de ventas en línea al menudeo en las dos regiones más grandes (Alemania y el Reino unido) aumentaron de modo espectacular desde 1997, alcanzando un total de 1 940 millones de dólares en 2002 (cuadro 7). eBags estimaba que el mercado europeo que podría alcanzar se expandiría hasta 17 000 millones en 2004, una estimación apoyada por un crecimiento anual proyectado del mercado de comercio electrónico europeo de 33%.[4] El éxito reciente de los minoristas en línea Amazon.com y eBay en los mercados europeos le proporcionaron una motivación.

Existía un vacío considerable en el espacio del mercado europeo que eBags pretendía ocupar. Los proveedores europeos todavía debían entablar relaciones significativas con minoristas en línea e eBags podía capitalizar la oportunidad de consolidar el canal de distribución y reducir la segmentación. El establecimiento de una experiencia de compras en un centro único para los clientes en el mercado europeo podía aportar el mismo nivel de éxito que eBags logró en Estados Unidos.

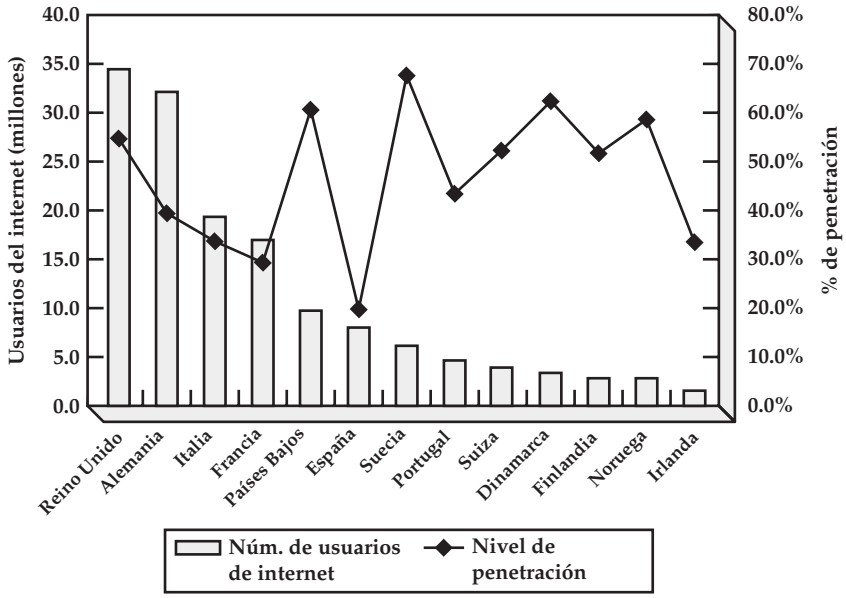
Sin embargo, existían algunos desafíos al llevar el modelo de negocios de eBags a ultramar: barreras del lenguaje asociadas con el empaque y el etiquetado, requisitos de embarques, conocimiento de la marca, mantenimiento de la interfase EPN y administración de la página web.

¿DÓNDE VAMOS DESPUÉS DE AQUÍ?

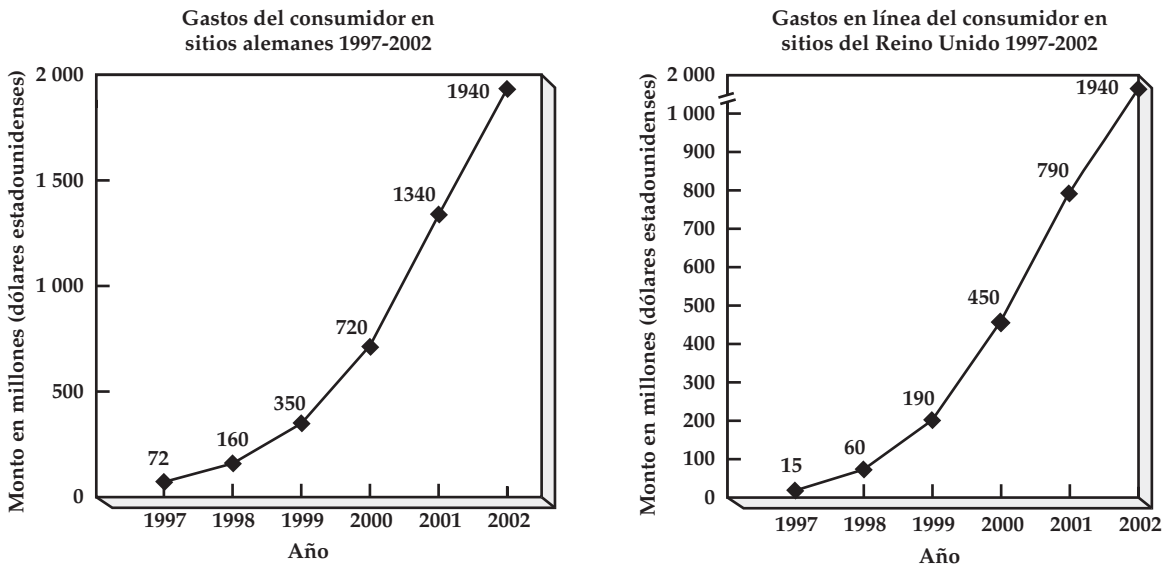
Jon Nordmark se recostó en su silla y contempló la decisión que tenía frente a él. El éxito del cual había disfrutado eBags era el resultado de un pensamiento innovador y de una administración agresiva que creó una oportunidad única para consolidar el fragmentado mercado del equipaje. Ahora, era evidente que eBags necesitaba una estrategia para proyectar este éxito hacia el futuro.

[4] "Online Retailers Look Overseas", *New York Times*, 10 de enero de 2005.

CUADRO 6 Uso de internet en Europa



CUADRO 7 Gastos del consumidor europeo en línea



¿Debería eBags considerar la extensión del producto hacia el calzado, con la esperanza de una mayor ampliación en el mercado al menudeo de prendas de vestir en línea? ¿Debería considerar la empresa la expansión del negocio hacia Europa? En caso de ser así, ¿a qué mercados europeos debería ingresar y se podría introducir también la expansión de productos del calzado en el mercado europeo? Cada opción presentaba su propio conjunto de ventajas y desafíos únicos.

Como era claro, el futuro del comercio minorista en línea iba en ascenso. Los consumidores disfrutaban la comodidad, la variedad, la velocidad y la confección personal que los mercados en línea presentaban para su experiencia de compras. Este fenómeno se esparcía más allá del equipaje hacia todos los segmentos de los mercados al menudeo. ¿Cuál era la mejor forma para eBags de apalancar sus fortalezas y beneficiarse del crecimiento continuo del comercio electrónico?

Preguntas de análisis

1. Contraste y compare las cadenas de suministro que se requieren para la etiqueta privada eBags y aquellas que resultan de embarques directos de los productores.

2. Si eBags fuera a ingresar al negocio del calzado, ¿qué nuevas capacidades de la administración de la cadena de suministro se requerirían en comparación con las que existen en el mercado actual de la compañía?
3. Si eBags fuera a incursionar al mercado europeo del equipaje, ¿qué desafíos presentaría ello para la administración de la cadena de suministro?
4. Desde una perspectiva de negocios, ¿qué decisiones debería tomar Jon Nordmark en relación con la expansión europea y los mercados de calzado? ¿Cuál es la mejor forma en la que eBags podría apalancar sus puntos fuertes y beneficiarse de un crecimiento continuo del comercio electrónico?

Caso de estudio Merriwell Bag Company

eXcel Merriwell Bag Company es una corporación pequeña propiedad de una familia, la cual se localiza en Seattle, Washington. El capital de la compañía se divide por partes iguales entre los cinco miembros de la familia (esposo, esposa y tres hijos), pero el líder reconocido es el fundador y patriarca, Ed Merriwell, quien formó la empresa hace 20 años cuando renunció como supervisor de una fábrica de gran tamaño dedicada a la producción de papel. Irónicamente, el mismo fabricante creó una división de contenedores hace cinco años y, en la actualidad, es uno de los competidores de Merriwell.

ESTRATEGIA DE LA COMPAÑÍA

La familia atribuye el éxito de Merriwell Bag Company al hecho de que encontró un nicho de mercado que no tenía una *seria* competencia. Merriwell suministra bolsas de mercancía a muchas tiendas de cadenas pequeñas esparcidas a lo largo de una amplia área geográfica. Embarca las bolsas directamente a pequeños almacenes regionales o las envía de forma directa a las tiendas. La familia llegó a la conclusión de que los grandes productores de bolsas no pueden brindar en forma rentable un servicio a cuentas pertenecientes a esa escala tan pequeña. De hecho, Ed Merriwell fundó el negocio con una máquina de embolsado de segunda mano para proporcionar bolsas a una cadena pequeña de tiendas de descuento y a una cadena regional de farmacias. Esas dos organizaciones se expandieron a lo largo de los años y Ed Merriwell señala con orgullo que la empresa de bolsas creció con ellas. En la actualidad, ambos clientes son los más importantes de Merriwell.

La familia Merriwell no quiere que su negocio dependa de cualquier cliente en específico. Por lo tanto, tienen la política de que ningún cliente por sí sólo puede dar cuenta de más de 15% de las ventas. De hecho, Merriwell Bag Company ha motivado a sus principales clientes para que establezcan fuentes opcionales de suministro de bolsas como seguridad contra faltantes de inventario debido a escasez del papel, dificultades en las líneas de fletes, huelgas en las compañías locales de transporte y almacenamiento y problemas de producción que pueden afectar localmente la capacidad de Merriwell para suministrar bolsas.

Merriwell no persigue de una manera agresiva la obtención de nuevos clientes de bolsas; sin embargo, posee más de 500 clientes. Los más pequeños ordenan cinco embalajes por año (es decir, la orden más pequeña procesada y embarcada) y la orden más grande es de 15 000 embalajes por año. El número de bolsas por embalaje oscila de acuerdo con el peso del papel usado y el tamaño de la bolsa. Merriwell manufactura únicamente bolsas generales de mercancía, las cuales varían de tamaño desde bolsas pequeñas para lápices de 2" × 10" hasta bolsas grandes de 20" × 2" × 30", las cuales se usan para artículos más grandes que se venden en las tiendas de descuento. No fabrican bolsas con fondo plano (para abarrotes) o que requieran de una impresión sofisticada (bolsas de especialidad). Las etiquetas de las bolsas se restringen a una cobertura de carátula de 20% y un solo color de tinta que se coloca sólo de un lado. Por lo tanto, la estrategia central de la empresa se construye en torno de un costo unitario de producción bajo debido a la estandarización, lo cual permite un precio de venta que sea competitivo con los grandes productores de bolsas. Al mismo tiempo, Merriwell aporta los servicios de embarque y de inventarios, los cuales son de una escala demasiado pequeña para la mayoría de los productores grandes. La familia Merriwell está orgullosa de atender a un cliente que tenga una necesidad de emergencia de bolsas adicionales o a la que le gustaría que Merriwell almacenara una orden de bolsas durante un tiempo determinado debido a problemas de almacenamiento en sus bodegas.

PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

El suministro de este servicio personal requiere de un riguroso control del inventario y de la programación de la producción en la planta de bolsas de la empresa. Un pronóstico de demanda altamente exacto le posibilita a Merriwell atender las peticiones especiales de los clientes utilizando sus propias instalaciones de almacenamiento y los programas de rutas de la línea de camiones de la compañía. Anteriormente, Ed Merriwell podía administrar el pronóstico de la demanda y la programación de la producción por intuición; no obstante, debido al creciente número de cuentas y de cambios en los departamentos de personal y de compras de los clientes, la exactitud de sus pronósticos va en declive con rapidez. El porcentaje de cuentas deficientemente embarcadas para ciertos tipos de bolsas crece de modo alarmante. En contraste, el almacén se sobrecarga con otros tipos de bolsas. Como resultado, recientemente se pagó una severa sanción por retraso en la descarga de tres vagones de mercancía de rollos de papel en proceso de entrega porque el almacén de papel se usó de manera parcial para almacenar bolsas terminadas que ya no cupieron en el almacén destinado para ellas. Esto ocasionó la demora en la descarga hasta que pudo hacerse espacio en el almacén de materias primas.

El pronóstico de la demanda ha sido históricamente difícil de realizar debido a la naturaleza estacional del producto. Siempre hay un aumento en la demanda de bolsas antes de una temporada de vacaciones. La oportunidad exacta del incremento en la demanda para tipos específicos de bolsas depende de las políticas de almacenamiento del cliente y las fechas en las que empiecen las actividades promocionales de los días festivos.

La familia Merriwell necesita un método de pronóstico que tome en consideración tal factor estacional. Además, quiere un método que muestre estabilidad porque su mercado es relativamente estable con un alto número

Reimpreso con permiso de Charles E. Merrill Publishing Company.

CUADRO 1 Ventas mensuales, 2000-2004.

	Ventas (en número de embalajes)				
Mes	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
Enero	200.00	300.00	200.00	500.00	5 000.00
Febrero	300.00	400.00	500.00	400.00	2 000.00
Marzo	300.00	300.00	500.00	400.00	3 000.00
Abril	300.00	500.00	300.00	200.00	2 000.00
Mayo	400.00	500.00	400.00	500.00	7 000.00
Junio	600.00	800.00	600.00	700.00	6 000.00
Julio	700.00	300.00	700.00	1 000.00	8 000.00
Agosto	600.00	800.00	1 000.00	1 400.00	10 000.00
Septiembre	1 000.00	1 200.00	1 500.00	1 600.00	20 000.00
Octubre	1 200.00	1 200.00	1 500.00	1 600.00	20 000.00
Noviembre	1 400.00	1 600.00	1 800.00	2 000.00	22 000.00
Diciembre	800.00	1 000.00	800.00	1 200.00	8 000.00
	78 000.00	89 000.00	98 000.00	115 000.00	113 000.00

de clientes repetitivos. Finalmente, desea un método de pronóstico que anticipe los patrones de crecimiento de sus clientes respectivos. Un método de pronóstico con estas especificaciones mejoraría mucho la capacidad de la organización para su rentabilidad de mercado. Se considera que si tal sistema pudiera aplicarse a una demanda de pronóstico, el mismo método podría emplearse para obtener una exactitud adicional pronosticando la demanda de sus clientes más grandes. Al tener un pronóstico exacto de la demanda agregada y de la demanda de los clientes más grandes, las necesidades de los más pequeños podrían procesarse dentro del almacén actual y con flexibilidad en los embarques.

Para desarrollar ese método, la familia Merriwell compiló los datos de la demanda agregada que se muestran en el cuadro 1. Estos datos exponen las ventas mensuales de bolsas durante los últimos cinco años.

Preguntas de análisis

1. Desarrolle y justifique un método de pronóstico que cumpla con las especificaciones de la compañía.
2. Pronostique la demanda agregada por mes para el 2008.
3. Además de pronosticar la demanda de los clientes más grandes y la demanda agregada, ¿como podría mejorarse la exactitud del pronóstico?
4. ¿Qué papel debería interpretar la intuición de Ed Merriwell en relación con el mercado en el establecimiento de nuevos pronósticos de ventas?

Caso de estudio Lawn King, Inc.

eXcel John Conner, gerente de marketing de Lawn King, contemplaba la belleza del paisaje mientras administraba las oficinas corporativas de Moline, Illinois. John le solicitó a su jefa, Kathy Wayne, gerente general de Lawn King, que convocara a una reunión para revisar las cifras más recientes del pronóstico para el año fiscal 2009.[1] Cuando llegó a la planta, la reunión estaba lista para empezar. Otras personas que asistieron a la junta eran James Fairday, gerente de la planta; Joan Peterson, contralora; y Harold Pinter, director de personal.

John inició la reunión repasando la situación más reciente: "acabo de regresar de nuestra reunión anual de ventas y considero que perdimos más ventas el año pasado de lo que pensaba, debido a condiciones de pedidos pendientes de cumplir en la fábrica. También, revisé el pronóstico para el año siguiente y considero que las ventas serán de 110 000 unidades en el año fiscal 2009. El departamento de marketing estima que este pronóstico es realista y que podría superarse si todo va bien".

En ese momento, James Fairday interrumpió diciendo: "John, eso tiene que ser una broma. Hace apenas tres meses todos nos sentamos en este mismo salón de juntas y tú previste ventas de 98 000 unidades para el año fiscal 2009. Ahora aumentaste el pronóstico en 12%. ¿Cómo podemos hacer un trabajo razonable de planeación de la producción cuando tenemos un objetivo que se mueve?"

Kathy exclamó: "Jim, te agradezco tu preocupación, pero debemos ser receptivos a las condiciones cambiantes del mercado. Aquí estamos en septiembre y todavía no tenemos un plan firme para el año fiscal 2009, el cual acaba de empezar. Quiero usar el nuevo pronóstico y desarrollar un plan agregado para el año siguiente tan pronto como sea posible".

John añadió entonces: "Hemos hablado con nuestros mejores clientes y se quejan acerca de pedidos atrasados en el periodo pico de ventas. Algunos de ellos nos han amenazado con suspender la línea de productos si no obtienen un mejor servicio el año siguiente. Debemos producir no sólo una cantidad suficiente de productos, sino también los modelos correctos para atender a nuestros clientes".

PROCESO DE MANUFACTURA

Lawn King es un productor de tamaño mediano de equipos para podadoras de césped. El año pasado, las ventas fueron de 14.5 millones de dólares y las utilidades antes de impuestos fueron de 2 millones de dólares, como se muestra en el cuadro 1. La compañía elabora cuatro líneas de podadoras de césped: una podadora de 18 pulgadas, una de 20 pulgadas, una podadora con motor de 20 pulgadas y una de lujo con motor de 22 pulgadas. Todas estas podadoras se elaboran en la misma línea de ensamble. Durante el año, la línea de ensamble se modifica de una podadora a la siguiente para satisfacer la demanda real y la proyectada.

El costo del cambio de la línea de producción depende del tipo de podadora que se produzca y del siguiente modelo de producción que se planeó; por ejemplo: resulta relativamente sencillo cambiar de la podadora de 20 pulgadas a la de motor de 20 pulgadas, ya que el marco es el mismo. La podadora de motor cuenta con una unidad de propulsión adicional y un dispositivo de transmisión ligeramente más grande. La empresa estimó los costos del cambio de la línea como se muestra en el cuadro 2.

Lawn King fabrica los marcos y las partes de metal para sus podadoras en su propio taller de maquinados. Estas partes fabricadas se envían a la línea de ensamble junto con las adquiridas de forma directa a los proveedores. Durante el año pasado, se compraron aproximadamente 8 millones de dólares de partes y de suministros, incluyendo motores, pernos, pintura, ruedas y hojas de metal. Se mantiene un inventario de 1 millón de dólares en partes compradas para abastecer el taller de maquinados y la línea de ensamble. Cuando una podadora en particular se trabaja en la línea de ensamble, las partes sólo se mantienen algunos días en la planta, ya que el inventario ingresa constantemente a la fábrica.

En la planta principal, ubicada en Moline, labora un total de 100 empleados. Éstos incluyen a 60 trabajadores en la línea de ensamble, 25 en el taller de maquinados, 10 de mantenimiento y cinco oficinistas. A un trabajador principiante en la línea de ensamble se le pagan 10.15 dólares por hora más 2.90 dólares por hora en beneficios. Los empleados senior de mantenimiento y del taller de maquinados ganan 17 dólares por hora.

CUADRO 1 Estado de pérdidas y ganancias ($000)

	Año fiscal 2007	Año fiscal 2008
Costo de los bienes vendidos	$11 611	$14 462
Materiales	6 340	8 005
Mano de obra directa	2 100	2 595
Depreciación	743	962
Gastos indirectos	256	431
Total costo de los bienes vendidos	9 439	11 993
Gastos generales y de administración	270	314
Gastos de ventas	140	197
Total gastos	9 849	12 504
Utilidad antes de impuestos	1 762	1 958

[1] El año fiscal de 2009 de Lawn King va desde el 1 de septiembre de 2008 hasta el 31 de agosto de 2009.

Este caso se preparó como fundamento para realizar debates escolares y no para ilustrar el manejo eficiente o ineficiente de una situación administrativa.

CUADRO 2 Matriz de costos de conversión de la línea

		Cambiado de			
		18″	20″	20″ SP*	22″ SP
	18″	—	$2,000	$2 000	$2 500
	20″	$2 000	—	$ 500	$1 500
Cambiado a	20″ SP	$2 000	$ 500	—	—
	22″ SP	$2 500	$1 500	$1 500	—

*SP denota la podadora de motor. El costo de conversión de la línea incluye los sueldos de la fuerza de trabajo que se utilizan para ajustar la línea de ensamble de la configuración de un modelo a otro.

CUADRO 3 Datos de ventas en unidades

	Año fiscal 2007 Pronóstico	Año fiscal 2007 Real	Año fiscal 2008 Pronóstico	Año fiscal 2008 Real	Total Año fiscal 2009 Pronóstico
18″	30 000	25 300	23 000	22 300	24 000
20″	11 900	15 680	20 300	23 500	35 500
20″ SP	15 600	14 200	20 400	21 200	31 500
22″ SP	10 500	14 320	21 300	17 600	19 000
Total	68 000	69 500	85 000	84 600	110 000

Comúnmente, se necesitan cerca de dos semanas para que un nuevo empleado alcance su productividad total en la línea de ensamble. Después de tres meses, si desea más variedad en el puesto de trabajo, un trabajador puede solicitar su rotación a otros puestos en la línea, pues algunos perciben que el trabajo es muy repetitivo y monótono.

La planta está sindicalizada, pero las relaciones entre el sindicato y la compañía siempre han sido cordiales; sin embargo, la rotación de empleados es alta. El año pasado, aproximadamente 50% de los empleados abandonaron la empresa, representando un costo total de capacitación de 42 000 dólares para el año. También existe un absentismo considerable, en especial los lunes y los viernes, lo cual ocasiona interrupciones en la producción. Para manejar tal situación, se mantienen seis sustitutos en la fuerza de trabajo para reemplazar a quienes se ausenten; y también contribuyen a capacitar a los nuevos empleados cuando no son necesarios para un trabajo directo de producción.

PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Las ventas y los pronósticos reales se presentan en el cuadro 3. Las ventas no sólo son altamente estacionales, sino que las ventas totales dependen del clima. Si éste es bueno a principios de la primavera, los clientes estarán más inclinados a comprar una nueva podadora. Una buena temporada de crecimiento del pasto también fomenta las ventas durante el verano.

Parece ser que los consumidores tienen más probabilidades de adquirir las podadoras con motor de alto precio en los periodos económicos positivos. En los de recesión, la podadora de 18 pulgadas tiene un mejor desempeño.

La estrategia de producción actualmente en uso podría describirse como una estrategia con un nivel de fuerza de trabajo de un turno que utiliza tiempo extra a medida que ello es necesario. La fuerza de trabajo no es siempre exactamente uniforme debido a la rotación y a las necesidades de producción a corto plazo; no obstante, la política estriba en mantener la fuerza de trabajo tan uniforme como sea posible. Se emplea tiempo extra cuando la fuerza de trabajo regular no puede satisfacer las necesidades de producción.[2]

La producción y las ventas reales de cada mes para el año fiscal 2008 se muestran en el cuadro 4. Las diferencias entre las ventas y la producción las absorbía el inventario. Si ocurrían faltantes de inventarios, la orden se reportaba como pendiente y se abastecía a partir de la siguiente corrida de producción disponible. Lawn King utilizaba un costo de mantenimiento de 30% por año para el inventario.[3]

Cada mes de junio, se preparaba un plan agregado de producción para el siguiente año fiscal. El plan representa el nivel de producción para cada tipo de modelo y cada mes del año. El plan agregado se usa para la planeación de personal y del inventario, y la preparación de presupuestos. Cada mes durante el año, el plan se revisa con base en las condiciones y en los datos más recientes.

DE REGRESO A LA JUNTA

La reunión continuó con la intervención de Joan Peterson: "debemos encontrar la manera de reducir nuestros

[2] El tiempo extra se paga a razón de 150% del tiempo regular.

[3] Estos costos incluyen los de capital (20$), la obsolescencia (5%) y los de almacenamiento (5%).

CUADRO 4 Unidades de producción y de ventas, año fiscal de 2008

		18"	20"	20" SP	22" SP	Horas de tiempo
Inventario inicial		4 120	3 140	6 250	3 100	**extra**
Sep 07	Producción	3 000	3 100	—	—	—
	Ventas	210	400	180	110	
Oct 07	Producción	—	—	3 400	3 500	—
	Ventas	600	510	500	300	
Nov 07	Producción	3 000	3 800	—	—	—
	Ventas	1 010	970	860	785	
Dic 07	Producción	—	—	4 400	3 750	
	Ventas	1 200	1 420	1 030	930	1 000
Ene 08	Producción	4 000	4 100			
	Ventas	1 430	1 680	1 120	1 120	1 500
Feb 08	Producción	—	—	4 400	3 500	
	Ventas	2 140	2 210	2 180	1 850	1 620
Mar 08	Producción	3 000	3 000	2 000	—	
	Ventas	4 870	5 100	4 560	3 210	1 240
Abr 08	Producción	—	—	2 000	4 500	
	Ventas	5 120	4 850	5 130	3 875	—
May 08	Producción	3 000	2 000	2,000	—	
	Ventas	3 210	3 310	2,980	2 650	—
Jun 08	Producción	1 000		2 000	3 000	
	Ventas	1 400	1 500	1 320	800	—
Jul 08	Producción	2 000	3 000	2 000		
	Ventas	710	950	680	1 010	—
Ago 08	Producctión	2 000	2 000		2 000	
	Ventas	400	600	660	960	—
Total Año fiscal 08	Producción	21 000	21 000	22 200	20 250	
	Ventas	22 300	23 500	21 200	17 600	
Inventario final (31/8/08)		2 820	640	7 250	5 750	
Producción nominal Tasa/día (un turno)		420	400	350	300	

costos. El año pasado llevamos demasiado inventario, lo cual requirió una gran cantidad de capital. A un costo de mantenimiento de 30%, no podemos darnos el lujo de acumular tanto inventario otra vez durante el año siguiente".

Harold Pinter añadió: "si reducimos nuestros inventarios dándole un seguimiento más cercano a nuestra demanda, la fuerza de trabajo fluctuará de mes a mes y nuestros costos de despidos aumentarán. Actualmente, se tiene un costo de 800 dólares para contratar a un empleado, esto incluye la baja productividad sobre la línea durante el periodo de capacitación y el esfuerzo requerido para hallar nuevos empleados. También, creo nos cuesta 1 500 dólares despedir un empleado, incluyendo los costos de indemnizaciones y los beneficios complementarios de desempleo que debemos pagar".

James Fairday expresó su preocupación en el sentido de que se pudiera agregar un nuevo turno para satisfacer el pronóstico más alto: "ya estamos trabajando a toda la capacidad de la planta y las unidades adicionales

en el nuevo pronóstico no pueden fabricarse en un solo turno. Quiero estar seguro de que estos pronósticos de ventas sean realistas antes de que nos comprometamos con los problemas de contratar la totalidad de un segundo turno".

La hora de la comida llegó y la reunión se cerró. Kathy Wayne resaltó que desea que se desarrolle pronto un nuevo plan de producción. "Jim, quiero que desarrolles un plan agregado de producción que considere los costos del inventario, el tiempo extra, las contrataciones y los despidos. Si tu plan da como resultado órdenes pendientes, tendremos que incurrir en costos mayores más tarde durante el año para satisfacer la demanda. No permitiré la misma situación de faltantes de inventario que experimentamos el año pasado". En ese momento la reunión se pospuso para ir a comer.

Preguntas de análisis

1. Desarrolle un pronóstico que pueda usarse como una base para la planeación agregada de la producción.
2. Plantee un plan de producción agregada por mes para el año fiscal 2009. Considere el empleo de varias estrategias diferentes de producción. ¿Qué estrategia recomienda usted? El uso de Excel ahorrará mucho tiempo en la elaboración de estos planes.

The World Industrial Abrasives Company produce un cierto tipo de arena, la cual se usa en la manufactura de papel de lija y en otros productos. El proceso de producción empieza ya sea con óxido de aluminio o con carburos de silicón como materia prima primaria que es embarcada a la planta de trituración de la empresa en carros de ferrocarril. La materia prima pasa a través de una serie de rodillos de trituración, un tratamiento de hornos y operaciones de selección para producir la arena terminada en los tamaños y en las formas deseadas. La arena resultante se pega, entonces, a materiales de respaldo para formar el papel de lija y otros productos abrasivos.

EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

En el cuadro 1 se muestra una representación esquemática del proceso de producción de la arena. Se alimenta un mineral crudo a una operación primaria de trituración que produce una arena del tamaño de un guisante, la cual se denomina *cinco y más fino*. Se dispone de tres pares de rodillos secundarios de trituración para el procesamiento del tamaño de la arena cinco y más fino; un par se dedica al óxido de aluminio; otro, al carburo de silicón y el tercero puede usarse para triturar cualquier mineral. Pueden emplearse diversas operaciones o arreglos de máquinas para triturar el tamaño de la arena cinco y más fino. Cada operación secundaria de trituración produce, por lo general, tres tipos de tamaños de arenas, los cuales se denominan particiones, y una arena de tipo misceláneo. Ya que las operaciones de trituración no pueden generar arenas individuales, la sobreproducción de algunas arenas es, con frecuencia, inevitable.

Casi siempre, la producción proveniente de las operaciones de trituración se sujeta a un tratamiento térmico, dadas las características minerales y adecuadas que se exigen para la adherencia al respaldo. La capacidad de tal operación por medio de tratamientos de hornos es la restricción primaria sobre el tiempo de procesamiento del sistema.

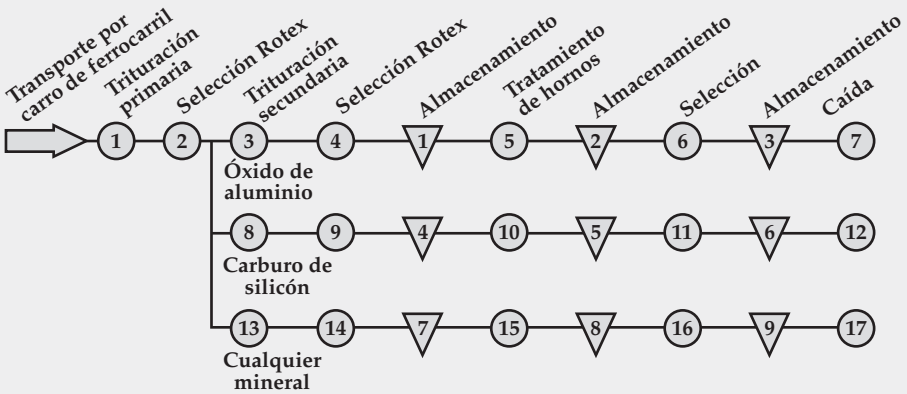
Ocho máquinas de selección, de las cuales cada una cuenta con varios tiempos de preparación, están disponibles para separar las particiones tratadas por los hornos en arenas individuales. Es la combinación de la trituración secundaria y de las operaciones de selección lo que determina el rendimiento relativo de cada arena. Un paso final de espolvoreado, conocido como *caída*, purifica las arenas individuales. Cerca de 10% del insumo hacia la operación de caída es rechazado porque está fuera del rango de tolerancia de la calidad.

La acumulación tanto de los inventarios en proceso como de los inventarios terminados de arenas es una consecuencia inevitable del proceso de manufactura. El inventario de producción en proceso es necesario para descifrar las diversas etapas de la producción. Los inventarios excesivos de arenas terminadas son la consecuencia de las características de las operaciones de trituración, donde no pueden fabricarse de forma selectiva arenas individuales. El almacenamiento de estos inventarios excesivos representa otra restricción sobre la producción. Las limitaciones de la capacidad de almacenamiento en el sitio demandan el transporte de algunos minerales a una zona remota de almacenamiento a un costo considerable.

Un segundo resultado inevitable del proceso de producción es la retrituración de aproximadamente 20% del mineral previamente triturado. A esta función se dedican operaciones secundarias específicas de trituración. Los gastos adicionales de dichas operaciones requieren que se elijan operaciones originales de trituración y de selección para minimizar las necesidades de retrituración.

Adicionalmente, la dificultad de satisfacer las necesidades en forma exacta con frecuencia da como resultado la necesidad de comprar arenas terminadas y graduadas a proveedores externos a un precio especial. Esto, combinado con los problemas de un inventario excesivo y de la retrituración, exige que el programador tome decisiones entre ventajas y desventajas. El reconocimiento de los

CUADRO 1 Diagrama del proceso del flujo del sistema de trituración de arena



Este caso se preparó como punto de partida para realizar debates en clase y no para ilustrar el manejo eficaz o ineficaz de una situación administrativa.

costos asociados con cada negociación al respecto facilita el desarrollo de un plan de producción para minimizar los costos totales.

PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Cada semana, se entrega al programador de la producción un listado en el cual se especifican las cantidades de cada tamaño de arena. Tales necesidades las genera el programa de MRP que considera la demanda final, el inventario disponible y el plazo de espera de producción. El trabajo del programador es establecer la cantidad de insumos (dióxido de silicón y óxido de aluminio) y las mejores operaciones de trituración y de selección que deberán usarse para fabricar las cantidades requeridas de cada tamaño de arena. En la mayoría de los casos, no pueden satisfacerse todas las necesidades, pero el programador procura acercarse tanto como pueda a las cantidades solicitadas de cada tamaño de arena.

El desarrollo de un programa para las operaciones de trituración y de selección empieza con la determinación de las necesidades netas por tipo de arena. El programador analiza los requisitos de la MRP para un periodo de ocho semanas, con un énfasis fundamental en las cuatro semanas siguientes.

Tras revisar las necesidades, el programador selecciona una combinación particular de trituraciones y selecciones y un peso de insumo de material de dióxido de silicón o de óxido de aluminio. Partiendo de esas condiciones, se calcula el resultado final del proceso de producción. La ejecución del alto número de cálculos es un proceso largo y tedioso. Los porcentajes históricos de productos finales provenientes de cada operación de trituración y de selección se obtienen a partir de una serie de cuadros y se emplean para producir los rendimientos de las arenas individuales. A continuación, dichos rendimientos deben compararse con las necesidades. Si la comparación resulta desfavorable, debe repetirse la totalidad del proceso de cálculo recurriendo a una combinación opcional de trituraciones y de filtraciones. Debido al tiempo involucrado en la realización de los cálculos, sólo puede considerarse un número limitado de opciones. Por lo tanto, se requiere de personal con experiencia para seleccionar las combinaciones preferidas en un número reducido de ensayos. En forma conjunta, existen 19 distintas configuraciones de trituración, 19 operaciones diferentes de selección primaria y 4 operaciones secundarias de filtración que el programador puede seleccionar.

EL PROBLEMA

Al evaluar el caso, Judy Samson, una analista de sistemas del departamento de manufactura, consideraba que la situación podría mejorarse mediante el uso de un programa interactivo de computación. El sistema propuesto ayudaría al programador a evaluar las opciones de trituración y de filtración. Era muy deseable que se llegara a identificar una solución óptima, pero dicha condición no es requerida por el departamento de programación. El objetivo es satisfacer los requisitos de mineral triturado a un costo razonablemente bajo.

Preguntas de análisis

1. Desarrolle un diagrama de flujo detallado que replique el método manual que es actualmente usado por el programador.
2. Evalúe la conveniencia de utilizar programación lineal, simulación, reglas heurísticas o el método actual de programación para resolver este problema.
3. Desarrolle un modelo conceptual para la resolución de este caso. Especifique los insumos, los productos y el algoritmo computacional que usted emplearía.

Caso de estudio Consolidated Electric

Joe Henry, el único propietario y presidente de Consolidated Electric Company, reflexionaba acerca de sus problemas de administración de inventarios. Era un prestigiado proveedor al mayoreo de equipos y suministros para contratistas eléctricos y su negocio dependía de una administración eficiente de los inventarios para satisfacer las necesidades de sus clientes. Aunque edificó una empresa muy exitosa, se acercaba a la edad del retiro y quería dejar un buen sistema de administración de inventarios.

Los dos yernos de Henry eran empleados de la compañía. Carl Byerly, el mayor de los dos, contaba con una licenciatura en matemáticas y estaba muy interesado en las fórmulas de inventarios y en las computadoras. El otro yerno, Edgard Wright, tenía una licenciatura en biología y era el administrador de los almacenes mayoristas de la empresa.

Joe Henry inició Consolidated Electric Company en la década de 1940 y la hizo un negocio altamente rentable. En 2004, la compañía logró 10 millones de dólares de ventas y obtuvo 1 millón de dólares en utilidades antes de impuestos. Consolidated Electric se convirtió en el duodécimo mayorista más grande del país.

La empresa opera a través de cuatro almacenes en Iowa (Des Moines, Cedar Rapids, Sioux City y Davenport). Desde estos sitios, se abastece a los contratistas en Iowa, Minnesota, Nebraska, Wisconsin, Illinois y Missouri con una amplia variedad de equipos eléctricos, incluyendo alambres, cajas eléctricas, conectores, enseres de alumbrado y controladores eléctricos. La corporación almacena 20 000 líneas de artículos en un inventario comprado a partir de 200 diferentes productores. Una línea de un artículo se define como un producto particular que se lleva en una localidad específica. Esta mercancía abarca desde menos de 1 centavo por unidad hasta varios cientos de dólares para los controladores eléctricos más grandes.

De los 20 000 artículos, una gran cantidad se destinan a abastecer una línea entera de servicio; por ejemplo: los 2 000 principales dan cuenta de 50% de las ventas y los 10 000 de la parte inferior sólo lo hacen de 20%. Los 8 000 productos restantes aportan 30% de las ventas.

La organización depura en forma continua sus 20 000 artículos del inventario para llevar sólo aquellos que se demandan por lo menos una vez al año. Como lo afirma Henry: "nos desvivimos por prestar un buen servicio a los clientes a un precio de venta razonable. Si no satisfacemos este objetivo, el consumidor irá con otro mayorista o comprará directamente a los productores".

Henry explicó que administra el inventario usando el concepto de *gana y rota*. De acuerdo con él, el margen de ganancias multiplicado por la razón de rotación del inventario debe ser igual a un valor constante de 2.0; por ejemplo: si un artículo eléctrico en concreto tiene un costo de seis dólares al comprarse al mayoreo y se vende en 10 dólares, entonces el margen de ganancias es de cuatro dólares y la razón de ganancias para este producto es de $4/$10 = $0.40. Si este artículo tiene una razón de rotación de 5 veces por año (las ventas son de 5 veces el promedio del inventario que se lleve), entonces el resultado de la ganancia y de la rotación es de 0.4(5) = 2.0. Si otro artículo gana más, puede rotar con mayor lentitud; si gana menos, debe rotar más rápido.

Cada año, Henry establece una razón de ganancias-rotación como meta y un valor para cada línea de productos. Las metas se basan en los costos estimados de las operaciones y en la meta de rendimiento sobre la inversión de la compañía. Como se mencionó, la razón actual fijada como meta para el negocio es de 2.0. Los agentes de compras y los administradores del inventario de cada localidad se miden por su capacidad para satisfacer las razones ganancias-rotación establecidas sobre sus líneas de productos. Las razones reales se reportan en forma mensual.

Aunque las razones ganancias-rotación son muy efectivas para controlar la rentabilidad del negocio y todas las líneas de productos, no funcionan muy bien en el caso de los artículos individuales del inventario. Algunos de éstos tienden a tener una oferta excesiva, mientras que otros con frecuencia muestran faltantes de inventarios.

El inventario se administra por el sistema de cardex. Se lleva una tarjeta para cada producto en un archivo grande y un empleado registra las transacciones en la tarjeta a medida que se reciben o se extraen las unidades, manteniendo así un saldo actualizado de inventario a la mano. En forma periódica, un agente de compras revisa las tarjetas de un proveedor en especial. Posteriormente, usando el punto de reorden y la cantidad impresa en la tarjeta, el agente de compras coloca un pedido para todos los artículos que están por debajo de su punto de reorden.

Si las cantidades totales de todos los productos requeridos de un proveedor no satisfacen los mínimos para el descuento sobre compras de un lote equivalente a una carga de camión, se añaden a la orden artículos adicionales cerca de su punto de reorden. Esto no se hace cuando el tamaño total de la orden está demasiado alejado de los mínimos, ya que se acumularían inventarios excesivos.

La cantidad de la orden y el punto de reorden impresos en cada tarjeta se basan en el criterio y en la experiencia anterior. Por lo general, se ordena un suministro de tres meses para mercancías de bajo costo y una cantidad tan pequeña como un suministro de un mes para la costosa. La mayoría de las líneas se revisan sobre una base mensual.

A lo largo de los dos últimos años, Consolidated Electric principió a convertir sus registros de inventarios al sistema computarizado. En el momento actual, se mantiene un saldo disponible en la computadora y se lleva una historia exacta de todas las órdenes colocadas, de las entradas y

Este caso se preparó como punto de partida para realizar debates escolares y no para ilustrar el manejo eficaz o ineficaz de una situación administrativa.

CUADRO 1 Diagrama del proceso del flujo del sistema de trituración de arena.

$$\text{Demora de la entrega} = \frac{\text{Tiempo de espera máximo} - \text{Tiempo de espera promedio}}{\text{Tiempo de espera promedio}}$$

$$\text{Provisión de seguridad} = \text{Consumo} \times \text{Tiempo de espera promedio} \times .8 \times \text{Demora de la entrega}$$

$$\text{Punto de reorden} = \text{Consumo} \times \text{Tiempo de espera promedio} + \text{Provisión de seguridad}$$

$$\text{EOQ} = \sqrt{\frac{2 \times 4.36 \times \text{Consumo diario} \times 365}{28 \times \text{Costo unitario}}}$$

$$\text{Punto de la línea} = \text{Consumo diario} \times 7 + \text{Punto de reorden}$$

$$\text{Cantidad a ordenar} = (\text{Punto de la orden}) - (\text{Cantidad ordenada}) - (\text{Cantidad disponible}) + \text{Cantidad asignada} + \text{EOQ}$$

Nota: El punto de la línea se usa para generar órdenes para todos los artículos en una línea que se encuentran dentro de una semana de sus puntos de ordenamiento. Estas órdenes pueden emplearse para satisfacer mínimos de camiones de carga o para comprar mínimos con descuentos.

de las salidas de almacén. En el apéndice 1 se presenta una historia de la demanda de un artículo común.

Henry tenía un gran interés en automatizar el cálculo de los puntos de reorden y de las cantidades de ordenamiento, pero no se sentía seguro de las fórmulas exactas que debería manejar. Utilizando libros de texto comunes en el campo de la administración de inventarios, Henry y Carl Byerly desarrollaron las fórmulas que se ilustran en el cuadro 1. La fórmula EOQ emplea un costo de mantenimiento de 28% y uno de ordenamiento de 4.36 dólares por orden colocada. Estas cifras se basaron en la historia de costos de la compañía.

Las fórmulas se programaron en la computadora y se probaron sobre una base piloto. Para algunos artículos, parecían muy eficaces, pero, para otros, daban como resultado desviaciones muy fuertes respecto de la práctica actual y del sentido común; por ejemplo: en una caja eléctrica, las fórmulas hubieran ordenado un suministro de dos años. Henry quería que el nuevo sistema computarizado funcionara tan pronto como fuera posible, pero no estaba seguro de que las fórmulas actuarían de manera adecuada; se preguntaba si podrían satisfacer los objetivos de cliente-servicio de la empresa. ¿Podrían aprovechar las ventajas de los lotes equivalentes a una carga de camión o los descuentos sobre compras cuando fuera apropiado?, ¿darían como resultado niveles razonables de inventarios?

Preguntas de análisis

1. Diseñe un sistema de control de inventarios para la organización.
2. Describa el modo en que el sistema que usted propone ayudará a la compañía a satisfacer los objetivos de cliente-servicio y de costos.

APÉNDICE 1 Demanda histórica de un artículo común

LISTADO SEGUIMIENTO DE AUDITORÍA
PROVEEDOR-ABMO CATÁLOGO NÚM. 700N200A1 SUCURSAL DES MOINES

TIPO DE REGISTRO	CLIENTE NÚMERO	NÚMERO DE RECIBO	CANTIDAD	FECHA	U N	COSTO	VENTA
VENTAS	12000-00	730606-0	1	8/10/08	E	16.32	21.60
VENTAS	19461-00	729425-0	60	8/02/08	E	16.32	18.72
VENTAS	22315-00	695421-0	65	7/31/08	E	16.32	18.72
VENTAS	34515-00	728883-0	2	7/30/08	E	16.32	21.60
VENTAS	02691-00	723670-0	1	7/24/08	E	16.32	21.60
VENTAS	02145-00	723482-0	1	7/23/08	E	16.32	21.60
VENTAS	81666-00	720920-0	8	7/23/08	E	16.32	18.72
VENTAS	02535-00	722026-0	4	7/20/08	E	16.32	21.60
VENTAS	81666-00	722637-0	6	7/16/08	E	16.32	18.72
VENTAS	01209-00	722413-0	7	7/13/08	E	16.32	18.72
VENTAS	81666-00	722409-0	8	7/13/08	E	16.32	18.72
VENTAS	23556-00	722001-0	1	7/13/08	E	16.32	18.72
VENTAS	51616-00	722418-0	3	7/11/08	E	16.32	21.60
VENTAS	81666-00	722408-0	6	7/11/08	E	16.32	18.72
VENTAS	26535-00	721861-0	20	7/11/08	E	16.32	18.72

LISTADO S0015643 SEGUIMIENTO DE AUDITORÍA
PROVEEDOR-ABMO CATÁLOGO NÚM. 700N200A1 SUCURSAL DES MOINES

TIPO DE REGISTRO	CLIENTE NÚMERO	NÚMERO DE RECIBO	CANTIDAD	FECHA	U N	COSTO	VENTA
VENTAS	86190-00	721088-0	1	7/11/08	E	16.32	21.60
VENTAS	18954-00	722080-0	4	7/10/08	E	16.32	18.72
VENTAS	32550-00	698856-0	1	7/06/08	E	16.32	21.60
VENTAS	53726-00	722205-0	4	7/05/08	E	16.32	21.60
VENTAS	80925-02	721015-0	4	7/03/08	E	16.32	24.00
VENTAS	39132-00	721235-0	6	7/02/08	E	16.32	21.60
VENTAS	22315-00	695420-0	65	6/27/08	E	16.32	18.72
VENTAS	15951-00	713019-0	5	6/26/08	E	16.32	18.72
VENTAS	77137-00	712992-0	6	6/26/08	E	16.32	21.60
VENTAS	14468-00	713269-0	2	6/25/08	E	16.32	21.60
VENTAS	63180-00	701603-0	15	6/22/08	E	16.32	18.72
VENTAS	12000-00	709765-0	2	6/15/08	E	16.32	21.60
VENTAS	32550-00	709795-0	2	6/14/08	E	16.32	21.60
VENTAS	29058-00	710405-0	1	6/13/08	E	16.32	21.60
VENTAS	17862-00	710524-0	1	6/12/08	E	16.32	18.72

LISTADO S0015626 SEGUIMIENTO DE AUDITORÍA
PROVEEDOR-ABMO CATÁLOGO NÚM. 700N200A1 SUCURSAL DES MOINES

TIPO DE REGISTRO	CLIENTE NÚMERO	NÚMERO DE RECIBO	CANTIDAD	FECHA	U N	COSTO	VENTA
VENTAS	81666-00	699732-0	6	6/12/08	E	16.32	18.72
VENTAS	26535-00	710223-0	40	6/11/08	E	16.32	18.72
VENTAS	34515-00	710679-0	1	6/04/08	E	16.32	21.60
VENTAS	99940-00	710659-0	1	5/30/08	E	16.32	16.32
VENTAS	15951-00	699254-0	5	5/29/08	E	16.32	18.72
VENTAS	69576-00	710367-0	1	5/25/08	E	16.32	24.00
VENTAS	15951-00	695114-0	1	5/25/08	E	16.32	18.72
VENTAS	22315-00	695419-0	65	5/21/08	E	16.32	18.72
VENTAS	12051-00	701595-0	2	5/18/08	E	16.32	21.60
VENTAS	20631-00	701454-0	1	5/16/08	E	16.32	18.72
VENTAS	40315-00	701018-0	20	5/14/08	E	16.32	18.72
VENTAS	12051-00	700314-0	34	5/07/08	E	16.32	18.72
VENTAS	39132-00	700208-0	2	5/04/08	E	16.32	21.60
VENTAS	40315-00	691238-0	10	5/04/08	E	16.32	18.72
VENTAS	74607-02	699132-0	2	4/30/08	E	16.32	18.72

LISTADO S0015607 SEGUIMIENTO DE AUDITORÍA
PROVEEDOR-ABMO CATÁLOGO NÚM. 700N200A1 SUCURSAL DES MOINES

TIPO DE REGISTRO	CLIENTE NÚMERO	NÚMERO DE RECIBO	CANTIDAD	FECHA	U N	COSTO	VENTA
VENTAS	22315-00	689584-0	65	4/26/08	E	16.32	18.72
VENTAS	99999-00	698384-0	1	4/20/08	E	16.32	21.60
VENTAS	39132-00	695746-0	2	4/19/08	E	16.32	21.60
VENTAS	34515-00	695597-0	1	4/17/08	E	16.32	21.60
VENTAS	99999-00	695286-0	1	4/13/08	E	16.32	24.00
VENTAS	39132-00	695198-0	3	4/13/08	E	16.32	21.60

APÉNDICE 1 (*continuación*)

LISTADO S0015607 SEGUIMIENTO DE AUDITORÍA
PROVEEDOR-ABMO CATÁLOGO NÚM. 700N200A1 SUCURSAL DES MOINES

TIPO DE REGISTRO	CLIENTE NÚMERO	NÚMERO DE RECIBO	CANTIDAD	FECHA	U N	COSTO	VENTA
VENTAS	12000-00	694933-0	2	4/13/08	E	16.32	21.60
VENTAS	36348-00	694138-0	2	4/11/08	E	16.32	18.72
VENTAS	99940-00	694352-0	12	4/10/08	E	16.32	16.32
VENTAS	40315-00	694047-0	25	4/06/08	E	15.36	17.52
VENTAS	19760-00	691495-0	5	4/04/08	E	15.36	20.16
VENTAS	17862-00	691365-0	5	4/04/08	E	15.36	17.52
VENTAS	17862-00	691364-0	20	4/04/08	E	15.36	17.52
VENTAS	34515-00	691409-0	1	4/03/08	E	15.36	20.16
VENTAS	83226-00	691303-0	5	4/03/08	E	15.36	20.16

LISTADO S0015588 SEGUIMIENTO DE AUDITORÍA
PROVEEDOR-ABMO CATÁLOGO NÚM. 700N200A1 SUCURSAL DES MOINES

TIPO DE REGISTRO	CLIENTE NÚMERO	NÚMERO DE RECIBO	CANTIDAD	FECHA	U N	COSTO	VENTA
VENTAS	14966-00	691504-0	2	4/02/08	E	15.36	20.16
VENTAS	74607-02	689937-0	5	3/29/08	E	15.36	17.52
VENTAS	34515-00	690284-0	4	3/28/08	E	15.36	20.16
VENTAS	21333-00	690394-0	1	3/27/08	E	15.36	20.16
VENTAS	01209-00	689985-0	1	3/23/08	E	15.36	17.52
VENTAS	86190-00	690018-0	2	3/21/08	E	15.36	20.16
VENTAS	02535-00	689959-0	2	3/20/08	E	15.36	20.16
VENTAS	32550-00	670521-0	3	3/16/08	E	15.36	20.16
VENTAS	17862-00	683189-0	1	3/14/08	E	15.36	17.52
VENTAS	21333-00	681910-0	2	2/27/08	E	15.36	20.16
VENTAS	48477-00	682354-0	10	2/26/08	E	15.36	17.52
VENTAS	18954-00	682573-0	4	2/23/08	E	15.36	17.52
VENTAS	19461-00	682104-0	50	2/22/08	E	15.36	17.52
VENTAS	61842-00	681738-0	1	2/20/08	E	15.36	23.28
VENTAS	74607-02	678243-0	12	2/20/08	E	15.36	17.52

LISTADO S0015573 SEGUIMIENTO DE AUDITORÍA
PROVEEDOR-ABMO CATÁLOGO NÚM. 700N200A1 SUCURSAL DES MOINES

TIPO DE REGISTRO	CLIENTE NÚMERO	NÚMERO DE RECIBO	CANTIDAD	FECHA	U N	COSTO	VENTA
VENTAS	74607-00	678239-0	7	2/20/08	E	15.36	17.52
VENTAS	74607-02	681673-0	5	2/19/08	E	15.36	17.52
VENTAS	02535-00	681458-0	2	2/13/08	E	15.36	20.16
VENTAS	63180-00	678329-0	12	2/12/08	E	15.36	17.52
VENTAS	99899-00	678188-0	1	2/07/08	E	15.36	23.28
VENTAS	99940-00	677897-0	1	2/02/08	E	15.36	15.36
VENTAS	40315-00	677869-0	8	2/02/08	E	15.36	17.52
VENTAS	79638-00	675976-0	4	2/01/08	E	15.36	17.52
VENTAS	19461-00	668836-0	10	1/30/08	E	15.36	17.52
VENTAS	39132-00	675497-0	1	1/26/08	E	15.36	20.16
VENTAS	72650-00	670481-0	25	1/24/08	E	15.36	17.52
VENTAS	39132-00	675474-0	10	1/23/08	E	15.36	20.16
VENTAS	15951-00	656858-0	2	1/15/08	E	15.36	17.52
VENTAS	22315-00	646309-0	100	1/15/08	E	15.36	17.52
VENTAS	67974-00	669143-0	2	1/12/08	E	15.36	17.52

LISTADOS ARCHIVO DE ARTÍCULO DE INVENTARIO Des Moines

CATÁLOGO DEL PROVEEDOR ABMO 700N200A1	NÚMERO 700N200A1	DESCRIPCIÓN CONTROL RELAY	INV/CLS A	FACTURAS LLEVADAS EN S

CANTIDAD DISPONIBLE	CANTIDAD ORDENADA	CANTIDAD ASIGNADA	PUNTO DE ORDENAMIENTO	EOQ		TIEMPO DE ESPERA
371	200	0	38	453	1	11
					2	10
					3	15
					MÁX	20

CANTIDAD VENDIDA POR MES	JUNIO 121	MAYO 154	ABRIL 76	Marzo 203
CANTIDAD VENDIDA POR TRIMESTRE	ENERO-MARZO 356	OCTUBRE-DICIEMBRE 292	JULIO-SEPTIEMBRE 505	ABRIL-JUNIO 201

Caso de estudio Southern Toro Distributor, Inc.

Joe Melaney, administrador general y propietario de la distribuidora de Toro en Galveston, Texas, y su hijo, Joe Jr., mantuvieron la siguiente conversación:

Joe: Te llamé esta mañana para discutir el futuro de la compañía. Considero que deberías participar más en la toma de decisiones aquí porque pronto te estarás haciendo cargo de la empresa. Roger Kirk, el administrador de ventas de distrito de Toro, se pondrá en contacto con nosotros la siguiente semana para nuestra orden de la temporada de verano. Entonces necesitaremos colocar una orden para toda la línea de irrigación (vea cuadro 1).

Como sabes, hemos tenido diversos cambios en la oficina. Uno de los principales fue la adquisición del sistema de cómputo RyTech. Una corrida de computadora que recibí esta mañana combinada con la próxima fecha de la orden empezó a hacerme pensar acerca de las cifras de la nueva computadora. Estaba reflexionando de nuevo en las circunstancias que nos condujeron a su compra hace un año, en octubre de 2008. Con la forma en la que los costos se disparan debía disminuir mi inventario sin reducir el servicio. El representante de RyTech dijo que podría reducir el nivel de nuestro inventario en 30%, lo cual me sonó muy bien. Por lo tanto, contraté a RyTech para la adquisición del nuevo programa de cómputo.

Max, nuestro gerente de irrigaciones, tiene mucha confianza en las cifras que obtiene para las cantidades de las órdenes. Cuando este paquete se instaló en la computadora, los representantes de RyTech afirmaron que me convenía mucho hacerlo funcionar correctamente, pero no confío del todo en ellos, recordarás como batallaron para hacerlo funcionar. Si ellos tienen ese tipo de problemas, ¿cómo podría confiar en tal programa cuando me diga cómo gastar varios millones de mis dólares?

Joe Jr.: Tú mencionaste que RyTech instaló el programa para nosotros. ¿Cómo seleccionaron la regla de decisión que se usó al establecer las cantidades de las órdenes?

Joe: No puedo contestar eso. Los consultores que vinieron me comentaron que la mejor forma de determinar las cantidades de las órdenes para mi compañía era emplear la cantidad económica de la orden (EOQ) y un punto de reorden para cada artículo (vea cuadro 2). Ellos señalaron que eso era lo mejor porque tenemos tres puntos fijos de reordenamiento durante el año. Me siento bien con el punto de reorden, pero no estoy seguro de la EOQ. Te puedo decir cómo hicieron la EOQ para nosotros. La basaron en las cantidades de la demanda provenientes de los cuatro últimos años (vea cuadro 3). RyTech afirmó que no veía necesidad de cualquier medida adicional. También, indicó que funcionaría con mucha uniformidad puesto que no era necesario cambiar la EOQ una vez que se adoptara.

Como lo dije antes, no estoy convencido de la EOQ. Tú sabes cómo dependía de mi intuición hacia el mercado. Siempre ordené las partes con base en el consumo histórico. Posteriormente, ajusto los números según la cantidad de campos de golf que espero que se construyan o que se modifiquen y con base en los comentarios de los contratistas y de los instaladores acerca de cómo esperan que vaya la primavera en términos del número de instalaciones. También, me reúno con mis amigos de la industria de la construcción, para ver qué es lo que esperan en términos de inicios de viviendas para la primavera. Mis únicos

CUADRO 1 Irrigation Products, Inc., inventarios actuales, 15 de octubre de 2009

Descripción del producto	Inventario actual (unidades)	Inventario actual ($000)	Ventas del año fiscal 2009 ($000)
Controladores libres serie 150-4 + 8	283	12	15
Controladores de clientes serie 123-8 + 11	68	8	12
Tableros de control serie 176-11 + 23	51	15	26
$\frac{3}{4}$ + 1" válvula esférica/ángulo en línea	4 430	46	78
$1\frac{1}{2}$ + 2" válvula esférica/ángulo en línea	281	6	62
Válvulas de latón serie 216	334	4	7
Cuerpos con mecanismo de expulsión	50 841	20	77
Boquillas serie 570	90 056	14	68
Rotores de corriente serie 300	2 043	13	144
Dispositivos de lluvia serie 320	1 782	12	26
Rotativo impulsado por engranes serie 600	1 086	10	22
Rotativo impulsado por engranes serie 620	681	21	39
Rotativo impulsado por engranes serie 640	2 627	81	194
Rotativo impulsado por engranes serie 670	973	36	180
Totales	155 536	298	950

Preparado para usarse como una discusión de clase por Roger G. Schroeder, E.R. Kunde y Sue Flach.

CUADRO 2 Reglas actuales del sistema de cómputo

Para el tamaño de la cantidad óptima de la orden *

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{ic}}$$

A = costo de colocar una orden, $
D = demanda anual en unidades
i = tasa de interés por mantener el inventario durante un año como proporción del costo unitario
c = costo unitario del artículo, $/unidad
EOQ = cantidad económica de la orden

Para el punto de reorden:

R = demanda promedio a lo largo del tiempo de entrega + inventario de seguridad

R es el punto de reorden en el cual se coloca una orden solicitando más inventario. Actualmente, se emplea un tiempo de entrega de 12 semanas para todos los artículos al fijar el punto de reorden.

*El sistema de cómputo actual utiliza un costo de mantenimiento de i = 30% (20% de costo de capital, 5% de obsolescencia y 5% de costo de almacenamiento) y un costo de ordenamiento de $10 por orden.

CUADRO 3 Demanda de los años fiscales 2006-2009

Parte #1-7287 Motor de tiempo con ensamblado de engranes (para controladores de monitor)

Distribuidor neto $12.00
Precio de venta $26.00

	2006	2007	2008	2009
Ventas unitarias	30	19	22	31

Inventario actual = 9 unidades
Punto de reorden = 16 unidades, EOQ = 12 unidades

Válvulas serie 230, 1"

Distribuidor neto $10.35
Precio de venta $13.75

	2006	2007	2008	2009
Ventas unitarias	5210	3650	4441	5673

Inventario actual = 4 430 unidades
Punto de reorden = 2 070 unidades, EOQ = 173 unidades

Tablero de control serie 176

Distribuidor neto $301.46
Precio de venta $400.00

	2006	2007	2008	2009
Ventas unitarias	21	12	41	65

Inventario actual = 51 unidades
Punto de reorden = 22 unidades, EOQ = 2 unidades

otros ajustes los efectúo cuando pienso que un producto en particular no se mueve. Pienso que todos los artículos deberían rotar por lo menos tres veces al año. Hay dos por los cuales estoy preocupado en el momento actual y exactamente ése es el problema. Uno es el motor de tiempo con ensamblado de engranes (parte #1-7287), una parte de servicio de bajo volumen que se lleva para reparaciones de los controladores del monitor, y el otro es el tablero de control (serie 176) el cual se lleva como un producto final de *seguridad* para algunos clientes especializados (vea cuadros 4 y 5 donde se presentan descripciones detalladas del tablero de control y de la válvula Series 230).

Joe Jr.: No he escuchado que menciones el problema de quedarnos sin productos. Hemos tenido un gran problema al experimentar faltantes de la válvula de 1 pulgada de la serie 230, una parte con una alta demanda que usamos todo el tiempo. ¿Cómo manejarías esto en el ordenamiento? Sé que tendemos a no estar de acuerdo en cuanto a qué nivel de inventarios debería mantenerse. No creo que estés llevando un

CUADRO 4 Serie 230 & 240: válvulas automáticas ¾" y 1" con versiones eléctricas e hidráulicas normalmente abiertas, tipo de perno, 24 V.A.C. eléctrico

Serie 230 Y 240: Válvulas automáticas

¾" y 1" con versiones eléctricas e hidráulicas normalmente abiertas, tipo de perno, 24 v.a.c. eléctrico

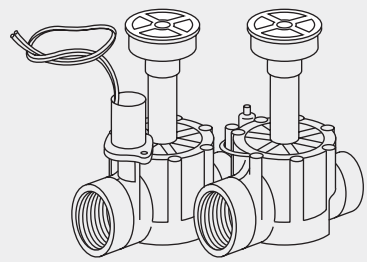
Aplicación

- Sistemas automáticos subterráneos con una demanda G.P.M. de 1 G.P.M. a 50 G.P.M.
- Residencial o comercial
- Sistemas eléctricos
- Normalmente sistemas abiertos: agua sucia o limpia
- Sistemas de tipo de perno: agua limpia

Características

Todas
- Válvula esférica para una fácil instalación
- Económica/precio competitivo
- Flujo alto/pérdida de presión baja
- Purgado manual
- Suavidad al abrir y al cerrar
- Abre y cierra con un flujo y presión bajas
- Puertos de purgado protegidos con un filtro incorporado 3 / 4"
- Resistente a la corrosión, construcción de vidrio con relleno de nylon
- Tamaño pequeño, alto rendimiento

1"
- La serie 230 tiene un control manual de flujo
- Resistente a la corrosión, Cycolac® y construcción de acero inoxidable
- Solenoide reforzado de acero inoxidable
- Cuello de acero inoxidable sobre desembocaduras enroscadas 1" IPS



1" – SERIE 230 ELÉCTRICA O HIDRÁULICA CON CONTROL DE FLUJO

Especificaciones

3/4"
- 24 V.A.C.
  .36 amps de corriente
  .18 amps de mantenimiento
- Presión de funcionamiento
  150 PSI máximo
  25 PSI mínimo
- 3/4" I.P.S. entrada macho enroscada
- Dimensiones: 3"H, 4"W

1"
- Modelos eléctricos 24 V.A.C.
  .400 amps de corriente
  .200 amps de mantenimiento
- Presión de funcionamiento
  150 PSI máximo
  10 PSI mínimo
- Dimensiones: 230-6"H, 41/2"W
  240-41/2"H,41/2"W

nivel de inventario suficientemente alto sobre todas las partes para satisfacer a nuestros clientes. Siempre dices que es fundamental para la supervivencia de la compañía que los tengamos satisfechos. Me inclinaría a pensar que esto requeriría que siempre contáramos con lo que ellos necesitan tener disponible. El otro problema que veo como resultado de los faltantes de inventarios es una pérdida de clientes en favor de nuestros competidores. Cualquier cliente cuya orden no pueda satisfacerse irá a Rainbird, Weather Matic o Nelson. Cualquiera de estos competidores le podría proporcionar al cliente un equipo comparable y, una vez que hayan hecho el cambio, ¿cómo podremos recuperarlos?

Joe: No tengo suficiente capacidad de almacenamiento para llevar un inventario que nos permita protegernos de tener alguna vez un faltante. Mi filosofía ha sido que no siempre puede satisfacerse al cliente a partir del inventario disponible, pero es mejor tenerlos satisfechos 90% del tiempo. Cuando no se tiene un artículo a la mano, por lo general puede obtenerse de otro distribuidor. Por lo común, es un proceso bastante rápido porque recibimos las partes por avión. Es muy malo que no podamos colocar pedidos urgentes con Toro; sin embargo, nos tienen bajo su política estándar de ordenamiento (cuadro 6).

Eso me recuerda que debemos enfrentarnos a un posible problema de faltantes de inventarios este

CUADRO 5 Serie 170: Controladores automáticos de Monitor II: estación 11 y 23, hidráulico y eléctrico

TORO®

Series 170: Tableros de control de monitor II

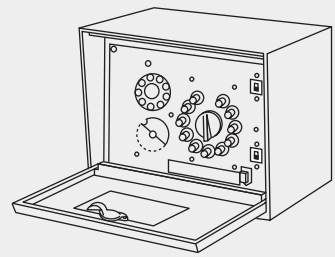
Estación 11 y 23, hidráulico y eléctrico

Aplicación

- Comercial para trabajos pesados
- Exteriores: paredes o pedestales
- Parques-escuelas-cementerios-condominios-edificios comerciales

Características

- Cronometraje de 0-60 minutos por estación (ajuste infinito)
- Capacidad de programación a 14 días: fácil de fijar
- Operación automática, semiautomática o manual
- Programa de ciclos múltiples: fácil de fijar
- Protección de circuitos fusionados: inscrito en U.L.
- Programación dual en modelos eléctricos (el pasto puede regarse con más frecuencia que los arbustos)
- Pueden operarse hasta cuatro válvulas eléctricas TORO en cada estación de modelos eléctricos
- Sin retraso de tiempo entre estaciones
- Circuito de arranque de la bomba estándar (también, puede usarse como un circuito maestro de control de la válvula)
- Se proporcionan chapas para la cobertura del mecanismo de cronometraje y para la puerta del gabinete del pedestal
- En los modelos hidráulicos, se incluye un filtro del conducto de abastecimiento
- Los modelos hidráulicos resisten los daños relacionados con el congelamiento
- El controlador puede operarse manualmente incluso si el mecanismo de cronometraje debe removerse (use el Modelo 995-24 accesorio para modelos eléctricos)
- En los modelos eléctricos se proporciona un transformador interno
- El alojamiento es de acero reforzado y graduado, tratado con un inhibidor contra la oxidación y pintado de verde bosque
- Incluye una plantilla de montaje de fácil instalación en concreto



TABLERO DE CONTROL SERIE 176

Especificaciones

- Transformador incluido de 45 V.A., 24 V.A.C. (incorporado)
- Dispositivos de protección contra relámpagos disponibles para áreas propensas a rayos
- Dimensiones -Montura de pared 8 1/2″ × 10 1/4″ × 8 1/2″

Montura del pedestal 8 1/4″ × 12 5/8 × 3 1/8″

- 115 V.A.C de entrada-24 V.A.C de salida
- Se requieren dos líneas de tierra separadas para utilizar el programa dual
- Al emplear válvulas normalmente abiertas, la longitud del entubado desde el controlador hasta la válvula no debería exceder de 100 pies
- Refiérase a la página 30 donde se presenta un número máximo de válvulas permisibles por estación y otros datos técnicos.

CUADRO 6 Programa de almacenes para la división de irrigación año fiscal 2009-2010, términos para los distribuidores del sur

Colocación de la orden	Periodo de embarque	Términos de fechas
33% del pronóstico de 2009 15 oct -30 oct	Diciembre y enero	1/2 15 mayo: Neto 1/2 15 jun: Neto
33% del pronóstico de 2010 15 feb-30 feb	Mayo y junio	1/2 15 sep: Neto 1/2 15 oct: Neto
33% del pronóstico de 2010 15 jun-30 jun	Agosto y septiembre	1/2 15 nov: Neto 1/2 15 dic: Neto

CUADRO 7 Información del mercado de Galveston

SFDHH* $15-19M	SFDHH $20-24M	SFDHH $25-34M	SFDHH $35+	Total SFDHH	Población total
228 545	182 607	151 110	89 375	757 000	3 640 000

Número de campos de golf: 158
Número de hoyos en los campos de golf: 2 259
Mercado potencial de irrigación (en compras a Toro)†

Prados pequeños‡	$403 380
Prados grandes‡	267 048
Partes	75 160
Total	$848 038

Número de cementerios: 71
Número de parques: 14
Número de escuelas: 170

*Número de personas que viven en hogares donde habita una sola familia (SFDHH).
†Ésta es una estimación del tamaño de mercado para Toro en el área.
‡Los prados pequeños se refieren a instalaciones residenciales mientras que, los grandes, a campos de golf y a otras instalaciones comerciales.

año. Cuando estuve en el country club la semana pasada, George, el gerente general del club, hablaba acerca del número de veces que su sistema de aspersión falló. George mencionó que habló con la junta directiva en relación con la posibilidad de reemplazar el sistema. Aunque la junta directiva no podía comprometerse hasta la reunión anual de diciembre, George consideró que se iba a aprobar. Si ellos instalaban el sistema, querían que estuviera listo para funcionar en su torneo anual a principios del mes de abril. George mencionó que su primera elección seríamos nosotros si pudiésemos proporcionar el sistema dentro del tiempo especificado. Este contrato sería altamente rentable. Como tú sabes, el campo es de 390 acres y la totalidad del sistema tendría que reemplazarse. El sistema de reemplazo dependería mucho del uso de las válvulas serie 230.

Debido al tamaño del sistema del club, verifiqué con mi banco el costo del financiamiento. Los pagarés bancarios se cotizaron en 9%. No estoy seguro de que debería arriesgarme a un financiamiento y, por lo tanto, estoy buscando la forma de reducir el área de refacciones, donde se encuentra comprometida una gran cantidad de nuestro efectivo. Calculo que tenemos 25% de nuestro inventario simplemente colocado en el almacén y acumulando polvo. Muchos de estos artículos sólo los usan algunos de nuestros clientes. Si tomo una decisión contra la última técnica, tendríamos que rentar espacio de almacenamiento para administrar las partes para la instalación del campo de golf. Cuando verifiqué esto el día de ayer, me dieron una cotización de $3.27 por pie cuadrado por año para espacios rentados para almacenamiento.

Para ayudar en la determinación de las cantidades apropiadas y obtener algunos indicios respecto de la probabilidad de que el club instale el sistema, esta mañana le llamé al National Weather Service. Ellos dijeron que esperaban la primavera más seca en los cinco últimos años. No estoy seguro de hasta dónde esto pueda influir en las ventas de los productos para irrigación. Para ayudar a determinar el efecto del tiempo sobre las ventas, revisé las cifras de la demanda y el tiempo correspondiente durante los últimos cinco años. En 2000 y 2007, acumulé una

CUADRO 8 Estado de resultados (años fiscales que terminaron el 30 de junio)

	2007	2008	2009
Ventas netas	$3 900 000	$3 500 000	$4 200 000
Costo de los bienes vendidos	2 800 000	2 700 000	$3 200 000
Utilidad bruta	$1 100 000	$ 800 000	$1 000 000
Gastos			
Gastos de ventas	$ 440 000	$ 272 000	$ 350 000
Gastos operativos	455 000	318 000	400 000
Gastos fijos	95 000	100 000	115 000
Gastos totales	$ 990 000	$ 690 000	$ 865 000
Utilidad neta proveniente de las operaciones	$ 110 000	$ 110 000	$ 135 000
Otros gastos	$ 75 000	$ 60 000	$ 85 000
Ingresos	15 000	10 000	25 000
Utilidad neta antes de impuestos	$ 50 000	$ 60 000	$ 75 000
Impuestos	12 000	27 000	36 000
Utilidad neta	$ 38 000	$ 33 000	$ 39 000

CUADRO 9 Balance general (años fiscales que terminaron el 30 de junio)

	2007		2008		2009	
Activos						
Efectivo		$ 10 000		$ 35 000		$ 5 000
Cuentas por cobrar	$492 000		$ 622 000		$647 000	
Menos cuentas de cobro dudoso	17 000		22 000		22 000	
Cuentas por cobrar, neto		475 000		600 000		625 000
Inventario		620 000		600 000		1 000 000
Total activos circulantes		$1 105 000		$1 235 000		$1 630 000
Gastos pagados por adelantado		$ 30 000		$ 30 000		$ 20 000
Equipo (neto del departamento)		35 000		40 000		45 000
Total activos fijos		$ 65 000		$ 70 000		$ 65 000
Total activos		$1 170 000		$1 305 000		$1 695 000
Pasivos						
Documentos por pagar (a bancos)		$ 207 000		$ 329 000		$ 700 000
Posición circulante de los pasivos a largo plazo		20 000		20 000		20 000
Total pasivo circulante		$ 227 000		$ 349 000		$ 720 000
Pasivos a largo plazo		160 000		140 000		120 000
Total pasivos		$ 387 000		$ 489 000		$ 840 000
Capital social		$ 200 000		$ 200 000		$ 200 000
Utilidades retenidas		583 000		616 000		655 000
Capital contable		$ 783 000		$ 816 000		$ 855 000
Total pasivos y capital contable		$1 170 000		$1 305 000		$1 695 000

CUADRO 10 Análisis departamental del año fiscal 2009 ($000)

	Total	Productos del consumidor	Productos comerciales	Productos de irrigación	Partes	Servicio
Ventas netas	$4 200	$1 800	$850	$950	$550	$50
Costo de los bienes vendidos	3 200	1 435	650	750	350	15
Utilidad bruta	$1 000	$365	$200	$200	$200	$35
Utilidad bruta	23%	20%	23%	21%	36%	70%
Inventario final	$1 000	$275	$250	$295	$180	

gran cantidad de inventarios excesivos. Durante estos años, el tiempo fue extraordinariamente húmedo y nublado. Durante 2008, se presentaron las condiciones opuestas. Fue una temporada anormalmente seca y tuvimos un inventario muy pequeño de la mayoría de nuestros productos (vea cuadro 7 donde se presentan más características del mercado).

Joe Jr.: Con un negocio sujeto a los caprichos de la naturaleza, ¿por qué permanecer en él? ¿Realmente vale la pena golpearse la cabeza contra la pared para obtener el tipo de rendimiento sobre la inversión que hemos estado ganando? Aun cuando obtengamos un margen de ganancia de 25% sobre todos los productos de irrigación, los resultados no siempre aparecen en la utilidad neta. Tal vez pudiéramos administrar mejor nuestros inventarios y hacer que el negocio valiera realmente la pena (vea cuadros 8, 9 y 10).

Joe: En el pasado permanecí en esta empresa porque yo empecé el negocio. Es mi bebé. Siento una gran cantidad de realización a partir de él. Siempre pensé en pasarte la compañía a ti y dejar que seas tú quien la opere. Ahora, es tiempo de que decidas cómo la administrarías si tú estuvieses a cargo de ella y si el rendimiento sobre la inversión es lo suficientemente bueno para que tú estés satisfecho. Asimismo, tenemos que decidir qué debemos ordenar a Roger Kirk cuando llegue la siguiente semana y qué debemos hacer en cuanto al uso del sistema RyTech. Ahora tengo otra reunión, pero me gustaría reanudar esta discusión más tarde.

Preguntas de análisis

1. ¿Qué recomienda usted que haga Joe Jr., suponiendo que toma el control de Southern Toro?
2. Evalúe la importancia del inventario y de su administración para la distribución de Southern Toro tanto para productos de irrigación como para refacciones. ¿Debería reducirse el inventario?
3. Evalúe el sistema actual de administración del inventario de Southern Toro. ¿Qué sistema de administración de inventarios recomendaría usted?

Caso de estudio ToysPlus, Inc.

eXcel Dale Long, vicepresidente de manufactura de ToysPlus, Inc., terminó de leer el reporte semanal de producción que concluyó el 18 de septiembre de 2009. Los inventarios subieron otra vez y los niveles de servicio eran más bajos de lo esperado. Dale se preguntaba por qué no podían solucionarse tales problemas de una vez por todas. El año pasado instaló un nuevo sistema de producción y de control de inventarios en el servidor de la compañía. Aunque redujo de manera espectacular los inventarios y mejoró los niveles de servicios al principio, las cosas empeoraron a lo largo de las últimas semanas.

Dale tomó el reporte y se dirigió a la oficina de Andrea Meline, que estaba al lado. Andrea se recibió de la maestría en administración de negocios unos años antes de una escuela de negocios de gran prestigio y ahora estaba a cargo del control de la producción de la corporación. Después de intercambiar los saludos acostumbrados, Dale le preguntó a Andrea por qué no habían mejorado las últimas cifras. Andrea respondió: "Dale, continuamos recibiendo pronósticos muy deficientes de mercadotecnia y tenemos que llevar más inventarios de los que nos gustaría para protegernos contra entregas poco confiables de los proveedores. La promoción de ventas que lanzamos la semana pasada en cuanto a un excedente de camioncitos de juguete no funcionó tan bien como lo esperábamos". Entonces, Dale interrumpió: "Andrea, ya no podemos darnos el lujo de obtener este tipo de resultados. Debes encontrar una solución. Cuento contigo para que nos presentes algo que pueda mejorar la situación. De lo contrario, los dos podemos perder nuestro trabajo".

ANTECEDENTES

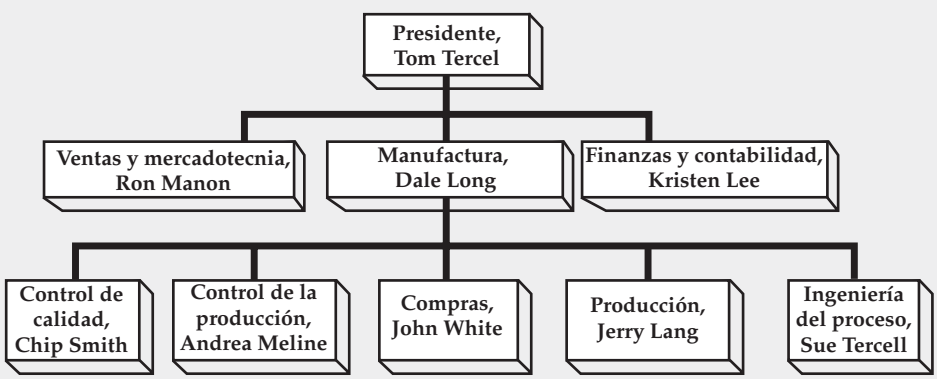
ToysPlus es una empresa pequeña y de propiedad privada que opera en la industria de los juguetes. La organización empezó en 1951 manufacturando una línea innovadora de juguetes y camiones de plástico que eran muy durables y de bajo precio. A lo largo de los años, añadió varias líneas de juguetes y ahora fabrica 22 tipos diferentes de ellos, incluyendo juegos, muñecas, vehículos de juguete y artículos de novedad. La compañía tiene una organización funcional común, como se muestra en el cuadro 1.

Como se ilustra en el cuadro 2, ToysPlus tiene resultados financieros relativamente deficientes. Las utilidades demuestran un promedio de sólo 5% de las ventas, y el rendimiento sobre los activos es menor que 10%. Para mejorar la situación, la corporación tomó la decisión de hacer un esfuerzo considerable para reducir los inventarios y mejorar el servicio al cliente. En un intento por reducir los costos, comenzó a rediseñar la manufactura de los juguetes y a automatizar su proceso de producción. La empresa considera que los costos de producción unitarios podrían reducirse por lo menos 5% por año con esos esfuerzos. Asimismo, quiere lograr por lo menos 15 rotaciones de inventario por año[1] y un nivel de servicio de 95%. El nivel de servicio se define como el porcentaje de órdenes suministradas dentro de una semana de la orden de compra. El nivel actual de servicio es de 90%.

Las operaciones de manufactura se organizaron en torno de los diferentes tipos de juguetes que se manufacturan. Cada tipo de juguete posee su propia línea de ensamble y sus propios trabajadores específicos; por ejemplo, tres juguetes de plástico —camiones, automóviles y robots— se ensamblan en la línea 1. Sólo puede ensamblarse un juguete a la vez sobre esta línea; entonces, se hace una conversión de las máquinas para el siguiente juguete. En la actualidad, la línea 1 cuenta con 10 trabajadores que participan en el ensamble, la inspección y el empacado de los productos. Algunas de las partes que se ensamblan en los artículos terminados se hacen en las máquinas de moldeado de plástico de la compañía. Otras, se compran a proveedores externos.

[1] Las rotaciones de los inventarios se basan en las razones de costo de bienes vendidos a inventarios.

CUADRO 1 Organigrama



Este caso se preparó como punto de partida para realizar debates escolares y no para ilustrar el manejo eficaz o ineficaz de una situación administrativa.

CUADRO 2 Estados financieros

Pérdidas y ganancias (en $000) año que terminó el 30 de junio de 2009

Vetas netas	$20 100
Costo de los bienes vendidos	
Mano de obra directa	$2 353
Materiales	6 794
Gastos indirectos	2 608
Total costo de los bienes vendidos	$11 755
Utilidad bruta	$ 8 345
Gastos generales y de administración	4 932
Costos de mercadotecnia	1 776
Utilidad antes de impuestos	$ 1 637
Impuestos sobre ingresos	650
Utilidad neta	$ 987

Balance general (en $000) al 30 de junio de 2009

Activos	
Activo circulante %	
Efectivo	$ 1 050
Cuentas por cobrar	2 500
Inventarios	2 400
Otros	540
Total activos circulantes	$6 490
Activos fijos	
Activos fijos netos	4 900
Total activos	$11 390
Pasivos	
Pasivos circulantes	
Documentos por pagar	$ 3 300
Cuentas por pagar	3 200
Gastos devengados	400
Total pasivo circulante	$ 6 900
Deuda a largo plazo	2 300
Total pasivos	$ 9 200
Capital social	$ 1 500
Utilidades retenidas	690
Total capital contable	$ 2 190
Total pasivos y capital contable	$11 390

El control de producción se basa en el sistema MRP. Cada semana, se prepara un programa maestro para las seis semanas siguientes; éste especifica para la línea de ensamble 1, por ejemplo, el número de camiones, automóviles y robots que se producirán en cada semana como se expone en el cuadro 3. Los pronósticos de la demanda semanal se reciben cada semana del departamento de mercadotecnia. Recurriendo a la experiencia, Andrea ajusta estos pronósticos para que reflejen estimaciones más realistas de la demanda. Asimismo, ella utiliza los tamaños de los lotes que se muestran en el programa maestro del cuadro 3 para cada uno de los tres juguetes. Estos tamaños de los lotes se basan en la práctica anterior de la organización. Se practica una filosofía de tiempo de agotamiento para programar primero el juguete que tenga la razón más baja de inventario a la demanda semanal (el tiempo de agotamiento). Como resultado, se prepara el programa maestro y se ingresa en la computadora; sin embargo, dicho programa podría ser inviable si no se dispone de la cantidad suficiente de partes en el inventario o si queda un tiempo de entrega insuficiente para ordenar más partes. En consecuencia, se verifica la factibilidad del programa maestro y se ajusta en forma acorde antes de que se apruebe un programa maestro final.

La computadora ejecuta una explosión de partes empleando la lista de materiales y los inventarios disponibles que se presentan en el cuadro 4. Cada juguete requiere de varias partes, como se indica en la lista de materiales; por ejemplo: cada automóvil necesita una carrocería, cuatro ruedas, dos ventanas laterales y un parabrisas. Estas partes se ensamblan, el producto se inspecciona y el juguete se empaca, lo cual implica un total de 0.1 horas de mano de obra por automóvil. Con 10 personas que trabajan en la línea de ensamble, actualmente, hay 350 horas de tiempo de producción disponible por semana (35 horas de cada trabajador multiplicado por 10). Si se destina la totalidad de la semana para fabricar automóviles, puede producirse un total de 3 500 automóviles (350/.1). Se necesitan 0.2 horas para fabricar un camión y 0.15 horas para producir un robot, haciendo con ello posible elaborar un máximo de 1 750 camiones o 2 333 robots si la totalidad de la línea se dedica a cualquiera de tales productos. No obstante, la producción se programa por lotes y la totalidad de la semana no necesariamente se dedica sólo a un juguete.

Entre unos productos y otros, se demanda una hora de trabajo de cada uno de los 10 empleados para cambiar la configuración de la línea, lo que implica sacar las partes del juguete antiguo, traer las partes para el juguete nuevo, arreglar las plantillas de guía y las instalaciones para el ensamblado, y hacer corridas de ensayo para asegurarse de que la calidad sea la correcta. La tasa de mano de obra del taller es de 10 dólares por hora para sueldos, las prestaciones son de 33% adicional y se hace un cargo de seis dólares por hora por concepto de gastos

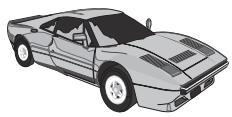
CUADRO 3 **Programa maestro preparado al 18 de septiembre de 2009**

	Semana que empieza					
	21 sept	**28 sept**	**5 oct**	**12 oct**	**19 oct**	**26 oct**
Automóvil	3 500	500				3 500
Camión		1 500	1 750			
Robot				2 333	2 333	

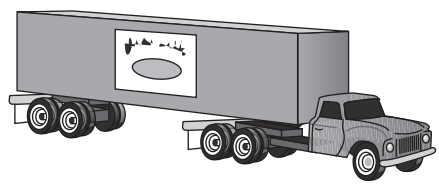
Pronóstico semanal de la demanda

	Semana que empieza					
	21 sept	**28 sept**	**5 oct**	**12 oct**	**19 oct**	**26 oct**
Automóvil	1 100	1 150	1 200	1 300	1 400	1 500
Camión	500	450	400	350	300	300
Robot	700	650	650	625	625	600

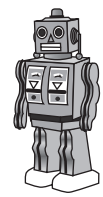
Productos



Automóvil de juguete



Camión de juguete



Robot de juguete

CUADRO 4 **Lista de materiales**

Número de parte	Descripción	Número requerido por unidad	Costo de cada uno	Tiempo de espera en semanas	Inventario actual	Ordenado
1019	Automóvil de juguete		$3.20	1	4 000	
523	Carrocería	1	1.45	3	2 500	
525	Ruedas	4	.30	2	9 800	
529	Ventanas laterales	2	.15	1	4 300	
531	Parabrisas	1	.25	2	2 620	
1021	Camión de juguete		$6.50		2 000	
615	Cabina	1	1.70	3	1 200	800 para ser entregadas el 28/9
617	Ruedas duales	8 juegos	.25	2	9 900	
619	Ruedas individuales	2	.30	2	2 500	
621	Remolque	1	2.20	4	4 600	1 200 para ser entregadas el 5/10
1023	Robot de juguete		$4.10	1	1 500	
730	Cuerpo	1	1.80	2	1 600	
732	Brazos	2	.35	2	3 500	
734	Piernas	2	.25	1	4 020	
736	Cabeza	1	1.10	2	2 150	

indirectos. Se incurre en un costo de 25% al mantener un inventario por un año. En relación con las partes y los componentes que se ordenan, se tiene un costo de 25 dólares por colocar cada orden. Cuando la línea debe modificarse, no sólo se incide en un costo de preparación para que la mano de obra la cambie, sino que se desencadena una orden para cada una de las partes que se usa en elaborar el producto final. Por lo tanto, el costo total de preparación resultante de la conversión de una línea es el total de dichos costos.

El área de compras no siempre adquiere el número exacto de partes que ordena el departamento de control de la producción. Se hacen ajustes para tomar ventaja de los descuentos de precio de los proveedores o para lograr embarques equivalentes a una carga de un camión total. En consecuencia, podrían comprarse algunas partes adicionales para reducir los costos de las compras. También, los proveedores no siempre embarcan las partes componentes cuando lo prometen. Como resultado, ToysPlus lleva un inventario de seguridad para proteger al pro-

grama maestro de producción y mantener en operación la línea de ensamble. Se lleva aproximadamente una semana de inventario de seguridad para protegerse contra entregas tardías de los proveedores. La administración ordenó que las líneas de ensamble no se detengan.

Dale Long estableció que la organización no despedirá temporalmente a los trabajadores sobre la base de semana por semana. Por lo tanto, si la demanda llega a ser inferior a la capacidad, por ejemplo, 10% en una semana, la producción se programará a la capacidad total para mantener ocupados a los empleados. Si tal condición continuase durante varias semanas, los trabajadores serían despedidos para ajustar la capacidad. De manera similar, éstos trabajarán tiempo extra para satisfacer la demanda temporalmente. Pero si ésta es superior a la capacidad normal durante algunas semanas, se añadirán más empleados.

Se aplica un programa de producción rotativo de seis semanas con base en la capacidad actual y en los tiempos de espera. Cada semana se añade una semana más para mantener el horizonte del programa maestro total en seis semanas. La producción se ajusta cada semana de acuerdo con las partes disponibles, la capacidad y la demanda observada para los juguetes.

HORA FELIZ

Andrea se dirigió al General Joe, su expendio de bebidas favorito, para pasar la hora feliz con su amigo del área de compras, John White. Andrea empezó diciendo lo siguiente:

> John, no sé qué es lo que voy a hacer. Dale Long dio órdenes terminantes de que debo reducir el inventario y mejorar los niveles de servicio. No hay alternativa o excusas en esta ocasión, debo hacerlo. No sé por dónde debo comenzar. Me gustaría tener mejores pronósticos de ventas, pero ¿es realista esperar eso? ¿Puedo depender de mercadotecnia? También, podría reducir el inventario consiguiendo entregas más confiables de nuestros proveedores. ¿Cooperarán? Tal vez tengamos que reaccionar más rápido al despedir y al contratar trabajadores para mantener la capacidad cercana a la demanda. ¿Qué piensas de esta situación? ¿Existe alguna solución?

John respondió lo siguiente:

> Debes recordar, Andrea, el mundo está lleno de tramposos y mentirosos. El personal de ventas te mintió en relación con los pronósticos para que pudiesen tener más inventarios, precisamente en caso de que los necesiten. Nosotros, en el departamento de compras, le mentimos a nuestros proveedores en cuanto a la fecha en la que requerimos las partes, de tal modo que podamos estar seguros de obtenerlas cuando realmente las necesitamos. Debemos dar un poco de colchón al programa de producción, simplemente para garantizar que pueda cumplirse con los embarques. Todos nosotros estamos tratando de cubrirnos con el fin de no quedarnos sin inventario. No hay una solución para este problema, pues lidiamos con la naturaleza humana. Me molesta tener que decirlo; pero puede ser que las expectativas de la alta administración sean poco realistas en el sentido de que el inventario deba reducirse y el servicio deba mejorarse. ¿Cómo pueden esperar que cualquier persona cumpla estas metas en un ambiente como éste?

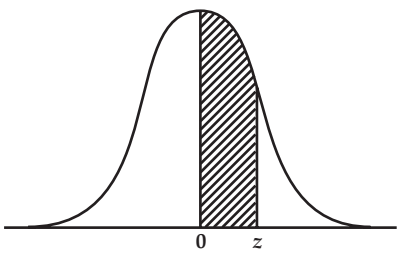
Preguntas de análisis

1. Calcule las cantidades económicas de la orden para cada uno de los tres tipos de juguetes. Se recomienda la fórmula de la cantidad económica de la orden del suplemento del capítulo 15 el cual considera una entrega de los juguetes basada en un lote uniforme.
2. Prepare un programa maestro de producción para las seis semanas siguientes utilizando las cantidades económicas de la orden que se calcularon en la pregunta 1 y una fuerza de trabajo de 10 empleados. ¿Qué razón de rotación de inventarios se logra a través de este programa maestro? ¿Cómo se compara esta rotación con los niveles históricos y con las metas de la administración?
3. Elabore una explosión de partes para dar apoyo al programa maestro. ¿Qué partes deberían ordenarse cada semana?
4. ¿Qué debería hacer Andrea Meline para satisfacer las metas de inventarios y de servicio establecidas por la administración?
5. ¿Cómo debería afrontar Andrea los problemas organizacionales en este caso?

Apéndice **A**

Áreas bajo la distribución de probabilidad normal estándar

Los valores de la tabla representan la proporción del área bajo la curva normal entre la media ($\mu = 0$) y un valor positivo de z.



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2703	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

Apéndice **B**

Tabla de números aleatorios

27767	43584	85301	88977	29490	69714	94015	64874	32444	48277
13025	14338	54066	15243	47724	66733	74108	88222	88570	74015
80217	36292	98525	24335	24432	24896	62880	87873	95160	59221
10875	62004	90391	61105	57411	06368	11748	12102	80580	41867
54127	57326	26629	19087	24472	88779	17944	05600	60478	03343
60311	42824	37301	42678	45990	43242	66067	42792	95043	52680
49739	71484	92003	98086	76668	73209	54244	91030	45547	70818
78626	51594	16453	94614	39014	97066	30945	57589	31732	57260
66692	13986	99837	00582	81232	44987	69170	37403	86995	90307
44071	28091	07362	97703	76447	42537	08345	88975	35841	85771
59820	96163	78851	16499	87064	13075	73035	41207	74699	09310
25704	91035	26313	77463	55387	72681	47431	43905	31048	56699
22304	90314	78438	66276	18396	73538	43277	58874	11466	16082
17710	59621	15292	76139	59526	52113	53856	30743	08670	84741
25852	58905	55018	56374	35824	71708	30540	27886	61732	75454
46780	56487	75211	10271	36633	68424	17374	52003	70707	70214
59849	96169	87195	46092	26787	60939	59202	11973	02902	33250
47670	07654	30342	40277	11049	72049	83012	09832	25571	77628
94304	71803	73465	09819	58869	35220	09504	96412	90193	79568
08105	59987	21437	36786	49226	77837	98524	97831	65704	09514
64281	61826	18555	64937	64654	25843	41145	42820	14924	39650
66847	70495	32350	02985	01755	14750	48968	38603	70312	05682
72461	33230	21529	53424	72877	17334	39283	04149	90850	64618
21032	91050	13058	16218	06554	07850	73950	79552	24781	89683
95362	67011	06651	16136	57216	39618	49856	99326	40902	05069
49712	97380	10404	55452	09971	59481	37006	22186	72682	07385
58275	61764	97586	54716	61459	21647	87417	17198	21443	41808
89514	11788	68224	23417	46376	25366	94746	49580	01176	28838
15472	50669	48139	36732	26825	05511	12459	91314	80582	71944
12120	86124	51247	44302	87112	21476	14713	71181	13177	55292
95294	00556	70481	06905	21785	41101	49386	54480	23604	23554
66986	34099	74474	20740	47458	64809	06312	88940	15995	69321
80620	51790	11436	38072	40405	68032	60942	00307	11897	92674
55411	85667	77535	99892	71209	92061	92329	98932	78284	46347
95083	06783	28102	57816	85561	29671	77936	63574	31384	51924
90726	57166	98884	08583	95889	57067	38101	77756	11657	13897
68984	83620	89747	98882	92613	89719	39641	69457	91339	22502
36421	16489	18059	51061	67667	60631	84054	40455	99396	63680
92638	40333	67054	16067	24700	71594	47468	03577	57649	63266
21036	82808	77501	97427	76479	68562	43321	31370	28977	23896
13173	33365	41468	85149	49554	17994	91178	10174	29420	90438
86716	38746	94559	37559	49678	53119	98189	81851	29651	84215
92581	02262	41615	70360	64114	58660	96717	54244	10701	41393
12470	56500	50273	93113	41794	86861	39448	93136	25722	08564
01016	00857	41396	80504	90670	08289	58137	17820	22751	36518
34030	60726	25807	24260	71529	78920	47648	13885	70669	93406
50259	46345	06170	97965	88302	98041	11947	56203	19324	20504
73959	76145	60808	54444	74412	81105	69181	96845	38525	11600
46874	37088	80940	44893	10408	36222	14004	23153	69249	05747
60883	52109	19516	90120	46759	71643	62342	07589	08899	05985

Créditos de fotos

Página 3: © Flying Colours Ltd./Getty Images/DAL; **4 (arriba izquierda):** Cortesía de APICS; **4 (abajo izquierda):** Cortesía de American Society for Quality; **4 (arriba derecha):** Cortesía de Institute for Supply Management™; **4 (abajo derecha):** Cortesía de CSCMP; **6:** Cortesía de Dell; **7:** © Steve Mason/Getty Images/DAL; **8:** Cortesía de monster.com; **11:** © Royalty-Free/Corbis/DAL; **16:** Cortesía de GreenPower Conferences; **17:** © Zhang-peng-Imaginechina/AP Images; **23:** © The McGraw-Hill Companies, Inc./Christopher Kerrigan, photographer/DAL; **24:** © AP Photo/ Eduardo Verdugo; **27:** © AP Photo/Phelan M. Ebenhack; **31:** © Mark Mainz/Getty Images; **34:** © The McGraw-Hill Companies, Inc./ Jill Braaten, photographer/DAL; **44:** © Monty Rakusen/Getty Images/DAL; **45:** © Royalty-Free/Corbis/DAL; **47:** © AP Photo/Jerry S. Mendoza; **49:** © Royalty-Free/Corbis/DAL; **53:** © AP Photo/Chuck Burton; **62:** © Getty Images/Digital Vision/DAL; **66:** © David Buffington/Getty Images/DAL; **69:** © Tim Boyle/Getty Images; **74:** © Spencer Platt/Getty Images; **76:** © Indranil Mukherjee/AFP/Getty Images; **84:** © AP Photo/Katsumi Kasahara; **90:** © Jupiterimages/Thinkstock/Alamy/DAL; **92:** © Ryan McVay/Getty Images/DAL; **93:** © The McGraw-Hill Companies, Inc./John Flournoy, photographer/DAL; **98:** © AP Photo/ Mustafa Quarishi; **109:** © Jack Hollingsworth/Getty Images/DAL; **111:** © PunchStock/ BananaStock/DAL; **118:** © Comstock Images/AGE Fotostock/RF; **131 (arriba):** © 2008-2009 Toyota Motor Sales, U.S.A., Inc.; **131 (abajo):** © Brian Schoenhals/Getty Images; **132:** Cortesía de Andersen Corporation; **140:** Cortesía de Honeywell International, Inc.; **143:** © David Madison/Getty Images; **148:** © Iowa Department of Natural Resources; **158:** © Doug Scott/AGE Fotostock; **164:** Cortesía de John Grout's Mistake-Proofing Center (www.mistakeproofing.com); **166:** Cortesía de Roger Schroeder; **170:** Cortesía de the United States Department of Commerce, The National Institute of Standards and Technology; **195:** © Ethan Miller/Getty Images; **213:** © AP Photo/Paul Sakuma; **217:** Cortesía de M. Johnny Rungtusanatham, Ph.D.; **224:** © Alfred Buellesbach/VISUM/The Image Works; **225:** © Fran Brandmaier/dpa/Corbis; **228:** Cortesía de ECR Europe; **230:** Cortesía de Cisco Systems; **232:** Cortesía de IBM; **238:** © Wal-Mart Stores, Inc.; **239:** © AP Photo/Will Kincaid; **244:** © Masterfile Royalty-Free; **257:** © Tim Boyle/Getty Images; **272:** © AP Photo/Jacob Reynolds; **275:** Cortesía de Roger Schroeder; **278:** © Comstock Images/Alamy/DAL; **280:** © The McGraw-Hill Companies, Inc./Jill Braaten, photographer/DAL; **285:** © Brand X Pictures/ AGE Fotostock/RF; **286:** © 2009 The Travelers Companies, Inc.; **312:** © David Young-Wolff/ PhotoEdit; **317:** © Imagesource/Jupiterimages/DAL; **319:** © AP Photo/Grand Junction Daily Sentinel/Gretel Daugherty; **320:** © Royalty-Free/Corbis/DAL; **328:** © AP Photo/ Robert Spencer; **332:** © Larry W. Smith/Getty Images; **334:** © Macduff Everton/Corbis; **345:** Logo © Microsoft, photo of image © Roberts Publishing Services; **361:** © AP Photo/ Paul Sakuma; **366:** © PhotoLink/Getty Images/DAL; **373:** © Stockbyte/PunchStock/DAL; **376:** © 2001-2009 AutoZone, Inc. All Rights Reserved; **389:** © Barry Willis/Getty Images; **392 (arriba):** Logo cortesía de 3M; **392 (abajo):** © Lester Lefkowitz/Getty Images; **398:** © Royalty-Free/Corbis/DAL; **399:** © Lester Lefkowitz/Getty Images; **405:** © Royalty-Free/ Corbis/DAL.

Índice analítico

Los números de página seguidos de una "n" indican que la entrada se encuentra en las notas

A

Abastecimiento
  de familias de partes, 146
  global, 216, 225n
Acrónimo DMAIC, 194
Actividades privadas de intercambio, 231
Acuerdos cooperativos, 284
Administración
  apoyo de la, 404
  científica de Taylor, 148
  de la cadena de suministro, 9, 16, 211, 215
    definición de la, 213
  de la calidad
    buena, 170
    de los servicios, 199
  de la demanda, 215, 282
  de la incertidumbre, 92
  de la mano de obra, 7
  de la producción, 3
  de los procesos de servicios a escala global, 97
  de los proveedores, 171
  de los puntos de almacenamiento, 217
  de operaciones, 86
  de proyectos, 332
  del conocimiento, 169
  del inventario, 356
  del proceso, 169
  del proyecto, programación de la, 330
  del suministro, 283
  participación de la, 404
  por hechos, 169
  total de la calidad, 199
Administradores de operaciones, 2
Administrar el plazo de espera de los clientes, 280
Adquisiciones electrónicas (*e-procurement*), 231
Ajuste a los datos históricos, 256
Alineación
  de la tecnología, falta de, 45
  problemas de, 45
Almacenamiento, administración de los puntos de, 217
Alta rotación laboral, 134
Ambiente
  externo, 14
  interno, 14
  sustentabilidad del, 36
American Society For Quality, 4
Amplitud de rango, 238, 241
Análisis
  ABC, 377
  del flujo del proceso, 105
  del valor, 51, 52. *Véase también* Ingeniería del valor
Analogía
  del ciclo de vida, 241
  pronóstico por, 241
Apoyo de la administración, 404
Aptitud para el uso, 157
Asociación Nacional de Administradores de Adquisiciones, 215
Asociaciones con los proveedores y los clientes, 227
Association For Operations Management, 4
Atributo(s)
  control de, 185
  del cliente, 48
  medido, 185
Automatización
  de los servicios, 95
  flexible, 76
Autoservicio, 90

B

Baja rotación laboral, 99
Barras, códigos de, 356
Base de proveedores, reducción de la, 224
Beneficios intangibles, 86
Bienes, oferta de, 3
Bienestar del cliente, 199
Black and Decker, 24
Brechas como medida de la calidad del servicio, 160
Buena administración de la calidad, 170

C

Cadena servicio-utilidad, 98-100
Cadena(s) de suministro, 3, 5, 9, 212
  administración de la, 9, 16, 211, 215
  cambios en la
    estructura de la, 223
    infraestructura de la, 227
  coordinación de la, 406
  definición de, 25, 211
    la administración de la, 213
  estrategia de la, 25
  estructura de la, 223
  función de la, 11
  global, 225
  imitativas, 26
  incertidumbre en la, 213
  infraestructura de la, 223
  innovadoras, 26
  medición del desempeño de una, 218
  socios de la, 25
  tiempo total del *throughput* de la, 219
  tipos de estrategias de la, 25-27
Calidad, 5, 31, 219
  administración total de la, 199
  casa de la, 48
  control de la, 166
  de Deming, filosofía de la, 165
  de la conformidad, 158, 161, 167
  de los servicios, administración de la, 199
  de manufactura, 160
  de Seis Sigma, 195
  definición de, 157
  del diseño, 158, 161
  del servicio, 160, 199
    brechas como medida de la, 160
    medidas de la, 7
  desde el origen, 182
  dimensiones de la, 158-159
  estándares de, 7, 163
  filosofía de la, 166
  función de la, 161
  interna del servicio, 99
  mejoramiento de la, 166, 174
  objetivo de, 31
  perfecta, 145
  siete nuevas herramientas de la, 190n
  trilogía de la, 166
Calificadores de las órdenes, 34
Cambios en la
  estructura de la cadena de suministro, 223
  infraestructura de la cadena de suministro, 227
Canal de distribución, 212
Cantidad
  de capacidad, 274
  de la orden, sistema fijo de la, 367
  económica de la orden, 363, 365, 366, 393
    de Wilson, 363
Capacidad, 5, 109, 357
  cantidad de, 274
  colchón de, 274
  de operaciones, 30. *Véase también* Ventaja competitiva
  decisiones de, 239, 270
  definición de, 271
  del proceso, 188
    índice de, 188
  efectiva, 273
  finita, programación de la, 313
  jerarquía de decisiones de, 271
  máxima, 271
  real del proceso, 190
  utilización de la, 272
  variabilidad en cuanto a la, 91
Capacidades, 158
Capacitación interfuncional de los empleados, 144
Características de
  ejecución del producto, 330
  ingeniería, 49
Carga
  del taller, programas de, 399
  uniforme sobre los centros de trabajo, 138
Carta de autorización de proyectos, 330
CAs (*customer atributes*). *Véase* Atributos del cliente
Casa de la calidad, 48
Catálogos en línea, 231
Caterpillar, 24
Causa(s)
  asignable, 183, 184
  comunes, 183, 184
  especiales, 183, 184
Causas raíz de defectos, 195
Centro(s)
  de trabajo, 62
    carga uniforme sobre los, 138
  del sistema de suministro del servicio, 96
Certificación del proveedor, 171, 181
Certificación ISO 9000, 42, 167, 168, 171
Ciclo, 243
  conteo del, 399
  de compras, 215
  de la calidad, 161

de vida
analogía del, 241
del proceso, 72
del producto, 72
total de la producción, 394
Cierre de un proyecto, 332
Cinturón negro, 194
Cliente(s)
administrar el plazo de espera de los, 280
atributos del, 48
bienestar del, 199
internos, 180
leal, valor de por vida de un, 98
operaciones dirigidas por el, 15
productos demandados por el, 135
servicio al, 159
servicios encauzados por el, 88
sistemas de
alto contacto con el, 90
bajo contacto con el, 90
variabilidad introducida por el, 91
voz de los, 161, 170
Coca-Cola, 17, 24
Códigos de barras, 356
Colaboración externa, 46
Colchón de capacidad, 274
grande, 275
moderado, 275
pequeño, 275
Colocación de la orden, proceso de, 230
Colocalización, 145
Comercio electrónico (*e-commerce*), 229
Compañía
de calidad, 168
proveedores de la, 145
tradicional, 24
Componentes estándar, módulos de, 54
Compras
ciclo de, 215
función de, 5, 215
Concentración
de la fuerza de trabajo, 169
en el cliente, 168
Concepto
a pruebas de errores, 136
de proyecto, 329
de tiempo *takt*, 138
de utilidad, 51
desarrollo del, 43
Condiciones de mantenimiento, 159
Conexiones
B2B, 229, 231
B2C, 229
Confiabilidad, 158
del servicio, 160
Conformidad, calidad de la, 158, 161, 167
Conjunto de procesos interconectados, 107
Construcción de módulos, 226
Consumidor(es)
lealtad de los, 98
respuesta eficiente del, 228
Contacto con el cliente, 90
Contaminación, tecnologías
para el control de la, 77
para la prevención de la, 77
Conteo del ciclo, 399
Contratación
de servicios en economías emergentes, 95, 96, 225, 225n
Control
de atributos, 185
de la calidad, 166
siete herramientas de, 190, 191, 198
del proyecto, 331
estadístico de
la calidad, teoría del, 179
procesos, 181, 182, 183
Conversión
de las máquinas, costo de, 138
rápida, 75, 76
Coordinación de la cadena de suministro, 406
CPFR. *Véase* Preparación de pronósticos y reposiciones de inventario a nivel colaborativo
Cordón andon, 135n
Corporación global, 24
Corriente de valor, 132
mapa de la, 113, 133
Corte de listón, 332
Corto plazo, 240
Costo(s), 220
bajos, 27
objetivo de, 31
componentes de la devaluación, 366
del artículo, 360
del control, 172
del proyecto, 329
del tiempo extra, 287
mínimo, principio del, 362
total
curva del, 366
de la cadena de suministro, 220
de manufactura, 220
ecuación del, 366
unitario
de un producto, 220
definición de, 220
variable del espacio, 360
Costo(s) de
almacenamiento, 360
capital, 360
contrataciones, 287
conversión de las máquinas, 138
deterioro, 361
devolución del producto, 366
evaluación, 172, 173
fallas, 172, 173
faltantes de inventarios, 361
la calidad, 172, 174
la falta de conformidad, 172
la mano de obra de tiempo parcial, 287
las fallas externas, 172, 173
las fallas internas, 172, 173
las instalaciones, 274
las oportunidades abandonadas, 360
los despidos, 287
los sistemas de registro, 360
mantenimiento, 360
del inventario, 287
mermas, 361
obsolescencia, 360, 366
oportunidad, 360
ordenamiento, 360
pérdidas, 361
preparación, 360
prevención, 172, 173
protección del precio, 366
robos, 361
subcontratación, 287
un faltante de inventario, 287
una calidad deficiente, 172
Council Of Supply Chain Management Professionals, 4
Creación de un sistema esbelto, 136
Cruces de andenes, 229
Cuadriláteros *Kanban*, 140
Cuello de botella, 109, 110
definición de, 314
efecto del, 314
recurso sujeto a un, 316
Cumplimiento de la orden, 230
Curva del costo total, 366

D

Datos
de puntos de venta, 357
intercambio electrónico de, 400
subsidiarios, 399
transferencia electrónica de, 16
Decisión de
asignación, 308
la selección del proceso, 70
Decisiones
de capacidad, 239, 270
de instalaciones, 273
de inventarios, 239
de productos, 40
de ubicación de las instalaciones, 277
estratégicas, 29
toma de, 5
Definición de
administración de la cadena de suministro, 213
cadena de suministro, 25, 211
calidad, 157
capacidad, 271
costo unitario, 220
cuello de botella, 314
estrategia de operaciones, 21
inventario, 357
operaciones, 12
perfección, 135
sistema, 106
valor, 51
Dell Computer Corporation, 5, 54
Demanda
administración de la, 215, 282
dependiente, 362
independiente, 362
inventarios con, 388
pronosticada, 274
pronóstico de la, 239
Deming, W. Edwards, 165
Depósitos de inventarios, 357
Desarrollo
de nuevos productos, 40, 42
fases del, 43, 44
de ofertas complementarias, 283
del concepto, 43
interfuncional de productos, 41, 42
Descomposición de una serie de tiempo, 243
Descuentos de precio, 385
Desecho, 130
Deseconomías de escala, 276
Desempeño de la programación, 313
Despacho, regla de, 317, 318
Desperdicio, 134
ocho formas de, 134, 147
principios básicos de la jerarquía del, 217
Desviación
absoluta, 238, 241, 248
estándar, 188, 238, 241
media absoluta suavizada, 249
DFM (*design for manufacturing*). *Véase* Diseño para la manufactura
Diagrama de
causa y efecto, 192, 195
dispersión, 194, 195

Ishikawa, 192
Pareto, 192, 195
Diagrama de flujo, 106, 190
de utilización de los recursos, 113
del proceso, 108, 111
del sistema, 113
en forma de
carril de natación, 113
matriz, 113
principios para elaborar un, 114
símbolos de un, 115
Diagramación del proceso del flujo, 111
Diferenciación, 27
Dimensiones de
la calidad, 158-159
de Garvin, 159n
SERVQUAL, 199
Diseño(s)
calidad del, 158, 161
de nuevos productos, 40
de sistemas de servicios, 83
del proceso, 43
del producto, 43
del servicio, planos del, 111
modular, 53
modulares de productos, 226
para la manufactura, 51
Disponibilidad, 158
Distribución
canal de, 212
de probabilidad de beta, 339
física, 212
de manufactura celular, 143
de tipo de líneas de alimentación, 143
del proceso, 63
del producto, 63
normal de probabilidad, 250n
División del trabajo, estructura de la, 331
DOWNTIME, 134n

E

Economía(s)
de alcance, 75
de escala, 24, 75, 229, 276
de servicios, 83
emergentes, contratación de servicios en, 95, 225
global, 2
Ecosistema global, 15
Ecuación del costo total, 366
Efecto
acelerador, 220
de látigo, 220, 222, 228
del cuello de botella, 314
Eficiencia, 308
Empaque y manejo de materiales, 217
Empleados
capacitación interfuncional de los, 144
productivos, 99
retención de los, 99
satisfechos, 99
temporales, 283
Empresa
huella ambiental de la, 35
utilidades de la, 2
productos propuestos por la, 135
Enfoque de, 27
borrón y cuenta nueva, 224
línea de producción para el servicio, 95
Entrega(s), 218
del servicio, 87
justo a tiempo (JIT), 224
puntual, 218
Equipo(s)
de propósitos generales, 63
interfuncional(es), 107, 227, 279, 345
ERP. *Véase* Planeación de los recursos de manufactura
Error(es), 243
acumulativo del pronóstico, 249, 250
al cuadrado, media del, 249
de porcentajes absolutos, media de los, 249
del pronóstico, 238, 244, 247, 248, 249
media de la desviación absoluta de los, 249
situaciones a prueba de, 164
Especificación de las fronteras del sistema, 106
Espina del diagrama, 193
Estabilización del programa maestro, 139
Estacionalidad, 243
Estado de control del proceso, 183
Estándar ISO 9000, 167
Estándares de calidad, 7, 163
Estrategia
corporativa, 27
de esperar y ver, 277
de instalaciones, 274
de la cadena de suministro, 25
de negocios, 27, 274
de nivelación, 304
de persecución de la demanda, 285
de posposición, 226
de producto
imitador, 26, 33, 34
innovador, 26, 33, 34
de seguimiento, 288, 304
funcional, 27
perfectamente nivelada, 285
proceso-producto, 73
Estrategias de la cadena de suministro, tipos de, 25-27
Estructura(s)
de costos
de los inventarios, 360
del proceso, 78
de división del trabajo, 330
de la cadena de suministro, 223
de la división del trabajo, 331
mal alineada, 45
European Quality Award, 181
Evaluación de riesgo para el proceso, 71
Evento Kaizen, 147
Expedición de bienes, 85

F

Fabricación, intervalo de, 311
Factor
de la sonrisa, 92
estacional, 243
Factores que influyen en la selección del proceso, 71
Falla(s)
del servicio, 93
tiempo medio entre las, 159
Falta de
alineación de la tecnología, 45
conformidad, 173
Familia(s) de
partes, abastecimiento de, 146
productos, 279
Fases
de tiempo
plan basado en, 308
presupuesto por, 330
del desarrollo de nuevos productos, 43-44
Federal Express, 94
Fijación de precios diferencial, 282
Filosofía
de reabastecimiento, 362, 393
de requerimientos, 363
de la calidad, 166
de Deming, 165
de la producción, 134
de las necesidades, 393
del proceso, 11, 106
principios de la, 4
Finanzas
función de, 11
y las decisiones de selección de procesos, 78
Flexibilidad, 219
de la mezcla, 219
del volumen, 219
en las operaciones, 32
Flujo(s)
de inventario, 357
de productos, tipos de, 61-66
del proceso
diagrama de, 108, 111
medición de los, 106
diagrama de, 106
discontinuo de una operación, 63
discontinuos, 88
en línea, 88
en lotes, 62
flexibles, 88
intangibles de trabajo, 87
tangibles de productos, 87
Ford, Henry, 72
Ford Motor Company, 24, 77, 121
Forma(s) de
desperdicio, 134, 147
proyectos, 64
Frecuencias de radio, identificación de, 357
Fronteras del
proceso de transformación, 114
sistema, 106, 107
especificación de las, 106
identificación de las, 106
Fuerza
de trabajo flexible, 144
laboral
nivel de la, 288
más tiempo extra, nivel de la, 288
Función
básica, 52
de la calidad, 161
secundaria, 52
Función de
calidad, implantación de la, 48
compras, 5, 215
finanzas, 11
la cadena de suministro, 11
logística, 5, 216
mercadotecnia, 11
operaciones, 11
recursos humanos, 79
Funciones
de apoyo de una organización, 11
primarias de una organización, 11
integración de las operaciones con otras, 15

G

Ganadores de las órdenes, 34
Gantt, Henry L., 310
Garantías

a los servicios internos, 94
del servicio, 94
Gastos operativos, 315
Gemba, 133
Globalización, 277
de las operaciones, 16
de los servicios, 84
Grado de personalización de un servicio, 89
Gráfica(s)
de control, 183, 187, 194
de calidad, 183
de *p*, 185, 198
del promedio, 186, 198
de Gantt, 310, 333
de la amplitud de rango, 186, 198
del proceso, 111, 183
del flujo, 113
Grupo, tecnología de, 143

H

Hewlett-Packard, 76, 78
Histograma, 192
Hoja de verificación, 192
Huella
ambiental de la empresa, 35
del carbono, reducción de la, 16
total del carbono, 35

I

Identificación de
frecuencias de radio, 357
las fronteras del sistema, 106
Imitadores, 25
Impacto ambiental de las operaciones, 77
Implantación
de la función de calidad, 48
del MRP, planeación de la, 402
Incertidumbre, 342
en la cadena de suministro, 213
en la demanda, 223
Índice de capacidad del proceso, 188
Inflexibilidad en las operaciones, 61
Información
paquete de, 44
y contabilidad, sistemas de, 79
Infraestructura de la cadena de suministro, 223
Ingeniería
características de, 49
concurrente, 45
del valor, 51. *Véase también* Análisis del valor
Ingreso, razón de, 65
Inicio
tardío, 336
temprano, 336
Innovadores, 25
Inspección de un operador, 180
Instalaciones
concentradas en el
mercado, 278
proceso, 278
producto, 278
costo de las, 274
de propósitos generales, 278
decisiones de, 273
ubicación de las, 277
estrategia de, 274
tipos de, 278
Instituto para la Administración de Suministros, 4, 215
Insumos
de capital, 13
de equipos, 13
de un sistema, 12
humanos, 13
industriales, 61
Intangibilidad de la oferta, 84
Integración
de las operaciones con otras funciones, 15
hacia delante y hacia atrás, 224
interfuncional, 11, 406
vertical total, 224
Intercambio
actividades privadas de, 231
electrónico de datos, 400
International Organization for Standardization (ISO) , 42n, 167
Internet, 16, 229, 230
Intervalo de
fabricación, 311
precio, 386
Inventario(s), 5, 315
administración del, 356
administrado por el proveedor, 375
anticipado, 359
con demanda
dependiente, 389
independiente, 388
de producción en proceso, 309
de reorden, 367
de seguridad, 359, 401
definición de, 357
del ciclo, 359
depósitos de, 357
en trámite, 359
en tránsito, 359
estructuras de costos de los, 360
fijado como meta, 371
físico anual, 399
flujo de, 357
mantenimiento de, 284
plazo de reposición de, 219
posición de, 367
probabilidad de faltante de, 368
promedio de producción en proceso, 109
pronósticos de, 251
propósito de los, 358
reabastecimiento del, 68
rotación del, 375
tasa de reposición del, 357
tecnologías para administrar el, 356
iPhone, 105
Ishikawa, Kaoru, 192, 195
ISO 9000, 214

J

Jerarquía
de decisiones de capacidad, 271
del desperdicio, principios básicos de la, 217
Jidoka (automatización), 135n
Juran, Joseph, 166

K

Kmart, 74

L

Largo plazo, 240
Lealtad de los consumidores, 98
Levi Strauss, 76
Ley de
Little, 108, 219
Pareto, 192
Liberaciones de órdenes planeadas, 396
Liderazgo, 168
Límite
central, teorema del, 340
inferior
de la especificación, 188
del control, 183
superior
de la especificación, 188
del control, 183
Línea
central de la gráfica, 183
de ensamble(s), 61
móviles de Ford, 148
proceso de, 60
de espera, 109
Lista de materiales, 394, 403, 398
Llamada de ayuda, 134
Logística
función de, 5
inversa, 216
Lotes, 62
flujo en, 62
proceso por, 60

M

Mano de obra
administración de la, 7
gratuita, 90
Mantenimiento
condiciones de, 159
de inventarios, 284
Manufactura
calidad de la, 160
celular, 143
distribución física de, 143
en masa, 130
esbelta, 15, 131, 228
programa de, 196
sistema de, 358
flexible, 75
justo a tiempo, 130
operaciones de, 3
sistema de ejecución de, 400
Mapa de la corriente de valor, 113, 133, 147
Máquina(s)
tiempo de preparación de las, 139, 142
utilización de, 311
Materiales
empaque y el manejo de, 217
organizado por fases de tiempo, plan de, 397
plan de, 395
planeación de las necesidades de, 310
Matriz
de servicios, 87, 89
producto-proceso, 71, 73
McDonald´s Corporation, 17, 21, 277
Media, 185, 238, 241
de la desviación absoluta de los errores del pronóstico, 249
de los errores de porcentajes absolutos, 249
del error al cuadrado, 249
Mediana, 238, 241
Mediano plazo, 240
Medición de
atributos, 182

desempeño de una cadena de suministro, 218
los flujos del proceso, 106
variables, 182
Medida(s) de
atributos, 185
la calidad del servicio, 7, 160
la variabilidad, 185
Mejoramiento
continuo, 190
de la calidad, 166, 174
Mercado
de prueba, 241
investigación de, 158
meta, 78
producto basado en el, 41
Mercados globales, 23, 24
Mercadotecnia
función de, 11
y las decisiones de selección de procesos, 78
Meta de un sistema de producción esbelta, 138
Método(s)
causales de pronóstico, 251
CPM de programación de proyectos, 342
de análisis de series de tiempo, 243
de Box-Jenkins, 251
de la ruta crítica, 342
de programación de
las gráficas de Gantt, 333
proyectos, selección del, 345
de redes de la programación de proyectos, 333
de regresión, 251
de suavización exponencial, 246
del criterio informado, 241
del promedio móvil, 244
Delphi, 241
pert. *Véase* Técnica de Revisión y evaluación de programas
símplex, 306
Mezcla de productos, 278
Microsoft Project, 335, 345
Misión de operaciones, 28
Moda, 238, 241
Modelo(s)
de simulación, 253
econométricos, 253
insumo-producto, 253
matemático general para la planeación agregada, 304
SCOR (*Supply Chain Operations Reference*), 214, 215
Modificación a los sistemas de información, 229
Módulos
construcción de, 226
de componentes estándar, 54
de componentes intercambiables, 226
MRP. *Véase* Planeación para las necesidades de materiales
Muda, 134
Muestras *joyería*, 171

N

NDP (*new-product development*). *Véase* Desarrollo de nuevos productos
Necesidades
brutas, 395
netas, 395
y deseos del cliente, 87
Negociación entre ventajas y desventajas, 309, 330
Negocios
electrónicos (*e-business*), 16
tradicionales, 24
Nestlé, 24
Nivel, 243
de configuración del modelo SCOR, 214
de fuerza laboral, 288
de implantación del modelo SCOR, 214
de la fuerza laboral más tiempo extra, 288
de servicio, 368, 374
tasa de, 68
del elemento del proceso del modelo SCOR, 214
del inventario, 374
deseado de servicios, 368
promedio, 243
superior del modelo SCOR, 214
Normas ISO 9000, 114
Núcleo amortiguado, sistema de, 90
Nuevos productos
desarrollo de, 40, 42
fases del desarrollo de, 43-44

O

Objetivo(s)
de calidad, 31
de costos bajos, 31
de las operaciones, 28
en conflicto, 309
Ocho formas de desperdicio, 134, 147
Oferta(s)
de bienes, 3
de servicios, 2
intangibilidad de la, 84
Oficina
del fondo, 85, 92
del frente, 85, 92
servicios de la, 277
esbelta, 132
Operación
de servicios, 74
flujo discontinuo de una, 63
Operaciones
administradores de, 2
de manufactura, 3
de servicios, 3
definición de, 12
estrategia de, 21
dirigidas por el cliente, 15
flexibilidad en las, 32
función de, 11
globales, 24
globalización de las, 16
impacto ambiental de las, 77
inflexibilidad en las, 61
misión de, 28
objetivos de las, 28
secuencia lineal de las, 61
sustentabilidad de las, 35
Orden
cantidad económica de la, 363, 365, 366
cumplimiento de la, 230
de precedencia, 336
de Wilson, cantidad económica de la, 363
en espera, 68
proceso de colocación de la, 230
punto de penetración de la, 69
Órdenes
calificadores de las, 34
de cambios de ingeniería, 399
de compra, 390, 397
de trabajo, 390, 397
ganadores de las, 34
infladas, 222
Organización
de acuerdo con tareas, 120
funciones
de apoyo de una, 11
primarias de una, 11
tiempo del *throughput*, de la, 218

P

Paquete
de información, 44
servicio-producto, 85, 87
Pareto, Vilfredo, 192, 376
Pase
hacia atrás, 335, 336, 337
hacia delante, 335, 336, 337
Pedidos pendientes de cumplir, 283
Pepsi, 17
Pérdida de la oportunidad, 361
Perfección, definición de, 135
Personalización en masa, 53, 75
Perspectiva del
negocio como un proceso 107, 108
proceso, 6, 13
PERT (*program evaluation review technique*). *Véase* Técnica de revisión y evaluación de programas
Philips, 24
Pico en la distribución, 192
Plan
basado en fases de tiempo, 308
de materiales, 395
organizado por fases de tiempo, 397
Planeación
agregada, 271
modelo matemático general para la, 304
proceso de la, 279
revisada, 271
de la implantación del MRP, 402
de las necesidades de materiales, 310
de las ventas y de las operaciones, 279, 389
de los recursos
de manufactura, 392
empresariales, sistema de, 281
de un proyecto, 330
estratégica, 168
para las necesidades de materiales, 388
y control, sistema computarizado de, 388
y programación avanzadas, 320
Planos del
diseño del servicio, 111
servicio, 113
Planta dentro de una planta, 70, 74
Plazo de
entrega, 67
reposición de inventario, 219
Poka-yoke, 164
Posición de inventarios, 367
Posposición, 76
Precio(s)
descuentos de, 385
diferencial, fijación de, 282
intervalo de, 386
Preparación
de pronósticos y reposiciones de inventario a nivel colaborativo, 256, 257
del pronóstico, 237
externa, 142
interna, 142

Preparaciones de un solo
dígito, 142
toque, 142
Prestación de servicios a nivel global, 97
Presupuesto por fases de tiempo, 330
Prevención, 172
Prevenir la ocurrencia de los defectos, 181
Primavera Project Planner, 334
Principio(s)
básicos de la jerarquía del desperdicio, 217
de la filosofía del proceso, 4
del costo mínimo, 362
para elaborar un diagrama de flujo, 114
Prioridad de un trabajo, 317
Prioridades
competitivas, 28
del trabajo, 400
Probabilidad
de faltante de inventario, 368
distribución normal de, 250n
Problema(s) de
alineación, 45
diseño, 173
programación
de las máquinas *m x n*, 312
programación lineal, 343
Proceso(s), 5
análisis del flujo del, 105
capacidad real del, 190
ciclo de vida del, 72
decisión de la selección del, 70
del flujo
diagramación del, 111
gráfica del, 111
diseño del, 43
distribución física del, 63
estándar, 54
estructura de costos del, 78
evaluación de riesgo para el, 71
factores que influyen en la selección del, 71
filosofía del, 11, 106
finanzas y las decisiones de selección de, 78
mercadotecnia y las decisiones de selección de, 78
perspectiva del, 6, 13
negocio como un, 107, 108
por lotes, 60
principios de la filosofía del, 4
productos del, 27
propiedad del, 114
rediseño radical de los, 120
secuencial, 45
simplificación mayor del, 224
tecnología del, 13
tipos de, 309
valor creado por el, 147
variabilidad dentro del, 91
Proceso(s) de
abastecimiento, 215
colocación de la orden, 230
devolución, 214
ensamblado a la orden, 66, 68, 75
entrega, 214
explosión de partes, 390, 394, 395
fabricación, 214
la planeación agregada, 279
líneas de ensamble, 60
lotes, 309
planeación, 214
producción
a la orden, 66, 69
para almacenamiento, 66, 68
servicios, 83, 87
de la oficina del fondo, 85
de la oficina del frente, 85
taller de órdenes, 60
transformación, fronteras del, 114
Procter & Gamble (P&G), 46, 212
Producción
administración de la, 3
ciclo total de la, 394
continua, 61
de servicios, 83
de una unidad única, 138
en masa, 130
no repetitiva, 389
esbelta, 130
meta de un sistema de, 138
justo-a-tiempo, 15, 138
modular, 75
piloto, 44
prototipos de, 44
tarjeta Kankan de, 139
tradicional en masa, 75
y consumo simultáneo, 84
Producto(s)
basado en el mercado, 41
características de ejecución del, 330
ciclo de vida del, 72
costo unitario de un, 220
decisiones de, 40
del proceso, 27
demandados por el cliente, 135
desarrollo
de nuevos, 40, 42
interfuncional de, 41, 42
diseño de nuevos, 40
diseño del, 43
diseños modulares de, 226
distribución física del, 63
estandarizados, 60
familia de, 279
globales, 23, 24
imitador, estrategia de, 26, 33, 34
innovador, estrategia de, 26, 33, 34
maduros, 74
no diferenciados, 61
personalizados, 60
por impulso de la tecnología, 41
propuestos por la empresa, 135
tiempo medio para la reparación del, 159
tipos de flujos de, 61-66
valor del, 132
Programa(s)
de actividades, 308
de carga del taller, 399
de cómputo Primavera, 334
de manufactura esbelta, 196
del proyecto, 330
integral de proveedores, 146
maestro, 397
estabilización del, 139
repetitivo, 389
Programación
de la administración del proyecto, 330
de la capacidad finita, 313, 399
de las gráficas de Gantt, método de, 333
de las operaciones, 271
de operaciones
en lotes, 309
sistema de, 319
de proyectos
método CPM de, 342
método de redes de la, 333
selección del método de, 345
desempeño de la, 313
lineal, 306
maestra, 138, 397, 398
Promedio móvil, 244, 245, 246
método del, 244
ponderado, 245
Pronóstico(s)
colaborativo, 257
de inventarios, 251
de la demanda, 239
error acumulativo del, 249, 250
error(es) del, 238, 244, 247, 248, 249
métodos
cualitativos de, 240, 241-243
cuantitativos de, 240
móvil, 244
por analogía, 241
por el uso selectivo de datos, 241
preparación de, 237
sesgo del, 248, 249
Propiedad del proceso, 114
Propósito(s)
de los inventarios, 358
generales, equipo de, 63
Protección contra incertidumbres, 359
Prototipos, 44
de producción, 44
Proveedor
certificación del, 171
inventario administrado por el, 375
servicios encauzados por el, 89
Proveedores
administración de los, 171
de la compañía, 145
de logística de terceras partes, 227
de servicios globales, 97
programa integral de, 146
selección anticipada de, 146
y los clientes, asociaciones con los, 227
Proyecto(s)
administración de, 332
carta de autorización de, 330
cierre de un, 332
concepto del, 329
control del, 331
costo del, 329
de servicios, desempeño de un, 330
forma de, 64
planeación de un, 330
programa del, 330
Publicidad y promoción, 283
Punto de
penetración de la orden, 69
reorden, 367, 368, 369
sistemas de, 392
Puntos
críticos de control, 180
de comparación (*benchmarking*), 29
de venta, datos de, 357

Q

QDF (*quality function deployment*). *Véase* Implantación de la función de calidad

R

Razón
crítica, regla de la, 318
de ingreso, 65
Reabastecimiento
del inventario, 68
filosofía de, 362
justo-a tiempo, 22

Recepción e inspección, reducción de los trámites en la, 146
Reciclado de
insumos, 78
productos finales, 78
Reconocimiento Nacional de Calidad Malcolm Baldrige, 84, 157, 168, 170, 181
Reconocimientos ENERGY STAR, 78
Recuperación del servicio, 93
Recurso(s)
de manufactura, sistema de planeación de los, 392
disponibles, 308
empresariales, sistema de planeación de los, 281
humanos, función de, 79
inactivo, 357
más restrictivo, 109
sujeto a un cuello de botella, 316
Red de
actividad
en flechas, 335
en nodo, 335
colas, 309
tiempo constante, 334
Redes de la programación de proyectos, métodos de, 333
Rediseño radical de los procesos, 120
Reducción
de la base de proveedores, 224
de la huella del carbono, 16
de los trámites en la recepción e inspección, 146
del tiempo de preparación de las máquinas, 141
en los tiempos guía, 141
Referencia de las operaciones de la cadena de suministro. *Véase* Modelo SCOR
Registro computarizado de inventarios común, 399
Regla(s)
de decisión
de tres niveles, 305
lineal, 305
Mín/Máx, 374
de despacho, 317, 318
de la razón crítica, 318
de quien llega primero, se atiende primero, 318
de tiempo de procesamiento más corto, 318
80-20, 377
Reingeniería del proceso de la empresa, 118
Relación
empleado-cliente, 95
estratégica a largo plazo, 146
Relaciones
B2B, 257
de precedencia, 333, 335
Remanufactura, 78
Rendimiento
rotativo, 170
sobre la inversión, 137
Rentabilidad de los servicios, 98
Representación de la corriente de valor, 111
Reprocesamientos, 130
Reservaciones, 283
Residuos, 130
Responsabilidades de las decisiones de la administración de operaciones, 5
Respuesta eficiente del consumidor, 228
Restricciones, teoría de las, 315
Retención de los empleados, 99
Reunión Cumbre sobre una Manufactura Sustentable, 16
Revisión
continua, sistema de, 367
periódica, sistemas de, 371
Riesgo para el proceso, evaluación de, 71
Rotación del inventario, 375
Ruta crítica, 337, 338
método de la, 342
probabilística, 342

S

Satisfacción del cliente, 157
Sears, Roebuck and Co., 100
Secuencia lineal de las operaciones, 61
Seguimiento, señal de, 250
Seguridad
capacidad de la, 401
inventario de, 359, 401
tiempo de espera de, 401
Seis Sigma, 6, 15, 194, 196
calidad de, 195
Selección
anticipada de proveedores, 146
del método de programación de proyectos, 345
del proceso, factores que influyen en la, 71
Señal de seguimiento, 250
Serie(s) de tiempo
descomposición de una, 243
métodos de análisis de, 243
Servicio(s)
a escala global, administración de los procesos de, 97
a nivel global, prestación de, 97
al cliente, 159
automatización de los, 95
brechas como medida de la calidad del, 160
calidad del, 160
calidad interna del, 99
centro del sistema de suministro del, 96
coencauzados, 89
confiabilidad del, 160
de campo, 159
de las oficinas del frente, 277
de operaciones, sistema de, 88
de ventas, 159
diseños de sistemas de, 83
economía de, 83
encauzados por el
cliente, 88
proveedor, 89
enfoque de línea de producción para el, 95
entrega del, 87
explícito, 85
externo, valor del, 98
falla del, 93
garantías del, 94
globales, proveedores de, 97
grado de personalización de un, 89
implícito, 85
internos, garantías a los, 94
lateral, 157
médicos globales, 96
medidas de la calidad del, 7, 160
nivel deseado de, 368
oferta de, 2
operaciones de, 3
procesos de, 83, 87
producción de, 83
profesionales, 98
psicológico, 160
recuperación del, 93
rentabilidad de los, 98
subcontratación de los, 96, 97
tangible, 86, 160
SERVQUAL, 160
Sesgo, 192, 248, 250
del pronóstico, 248, 249
positivo, 248
Siete
herramientas de control de la calidad, 190, 191, 198
nuevas herramientas de la calidad, 190n
Silos funcionales, 223, 227, 406
Símbolos de un diagrama de flujo, 115
Simplificación mayor del proceso, 224
Sistema(s)
computarizado de planeación y control, 388
de alto contacto con el cliente, 90
de bajo contacto con el cliente, 90
de bucle cerrado, 391
de control de
inventario mínimo, 390
la producción y de los inventarios, 391
de diseño asistido por computadora, 43
de ejecución de manufactura, 400
de ERP, 405
de información
modificación a los, 229
y contabilidad, 79
de intervalos fijos de la orden, 371
de manufactura esbelta, 358
de núcleo amortiguado, 90
de planeación de los recursos empresariales, 281
de producción
de Toyota, 130, 131 134
esbelta, 136
de programación de operaciones, 319
de punto de reorden, 392
de retropulsión, 389
de revisión
continua, 367
periódica, 371
de servicio, diseños de, 83
de servicios de operaciones, 88
de transformación, 12
definición de, 106
esbelto, creación de un, 136
fijo de
la cantidad de la orden, 367
periodos de la orden, 371
impulsado por la demanda, 389
informal, 402
insumos de un, 12
jalado por la demanda, 389
justo a tiempo, 389, 401
KANBAN, 139
completo, 141
de retropulsión, 401
P, 371
Q, 367
permeable, 90
reactivo, 90
tipo I para la MRP, 390, 399
tipo II para la MRP, 391
Situaciones a prueba de errores, 164
Socios de la cadena de suministro, 25

Suavización
corregida por la tendencia, 248
de segundo orden, 248
de tercer orden, 248
estacional, 248
Suavización exponencial
adaptativa, 250
ajustada por la tendencia, 265
de primer orden, 246
estacional de Winters, método de, 265, 266
método de, 246
simple, 246
Subastas
de terceros, 231
inversas, 231
Subcontratación(es), 225, 284
de los servicios, 96, 97
Subutilización de los trabajadores, 134
Suministro
administración del, 283
cadena de, 3, 5, 9, 212
físico, 212
función de la cadena de, 11
global, cadena de, 225
tipos de estrategias de la cadena de, 25-27
Sustentabilidad, 15
de las operaciones, 35
del ambiente, 36

T

Taller de
órdenes, proceso de, 60
trabajo, 64
Tarjeta(s) Kanban, 139, 143
de producción, 139
de retiro, 139
Tasa de
agotamiento del inventario, 357
cumplimiento, 219, 368
flujo, 109, 111
nivel de servicio, 68
reposición del inventario, 357
Técnica
5S, 136, 147
de descomposición clásica, 266
de los 5 por qué 135, 147
de revisión y evaluación de programas, 339
de simulación, 305
Tecnología(s)
de grupo, 143
del proceso, 13
global, 24
falta de alineación de la, 45
para administrar el inventario, 356
para el control de la contaminación, 77
para la prevención de la contaminación, 77
producto por impulso de la, 41
repetitivas de manufactura, 130
Tendencia, 243
Teorema del límite central, 340
Teoría
de colas, 109
de las restricciones, 315
del control estadístico de la calidad, 179
Terminación
tardía, 336
temprana, 336
Término de error aleatorio, 243
Throughput, 218, 219, 220, 315, 316, 320
Tiempo(s), 219
de capacidad específica de producción de un equipo, 109
de ciclo, 390
de entrega, 32
de espera
de seguridad, 401
de un trabajo, 313
planeados, 394
de preparación de las máquinas, 139, 142
reducción del, 141
de procesamiento más corto, regla del, 318
del ciclo, 219
de efectivo a efectivo, 219
del *troughput* de la organización, 218
extra, 283
guía, 140, 141, 143
inactivo, 337, 338
más probable, 339
medio
entre las fallas, 159
para la reparación del producto, 159
optimista, 339
pesimista, 339
reducido, 283
takt, concepto de, 138
total del *throughput* de la cadena de suministro, 219
Tipo(s) de
estrategias de la cadena de suministro, 25-27
flujos de productos, 61-66
instalaciones, 278
proceso, 309
transporte, 216
Toma de decisiones, 5
interfuncional, 12
Tormenta de ideas, 193, 195
TR (*throughputratio*). *Véase* Razón de ingreso
Toyota, 77
Trabajadores con funciones múltiples, 144
Trabajo
centro de, 62
estructura de división del, 330
flexible, fuerza de, 144
prioridad de un, 317
prioridades del, 400
tiempo de espera de un, 313
Transferencia electrónica de datos, 16
Transporte
elección del, 216
hacia el
exterior, 216
interior, 217
tipo de, 216
Trilogía de la calidad, 166
Troughput, 315
del productor, 219

U

U. S. Environmental Protection Agency, 77
Unidad única, producción de una, 138
Universidad de la hamburguesa, 22
Utilidad, concepto de, 51
Utilidades de la empresa, 2
Utilización de
la capacidad, 272
máquina, 310

V

Valor, 4
corriente de, 132
creado por el proceso, 147
de por vida de un cliente leal, 98
del producto, 132
del servicio externo, 98
definición de, 51
fijado como meta, 49
Valores atípicos, 192
Variabilidad
aleatoria, 183
dentro del proceso, 91
en cuanto a la capacidad, 91
en cuanto a la llegada, 91
en cuanto a preferencias subjetivas, 91
en cuanto al esfuerzo, 91
introducida por el cliente, 91
Varianza, 185, 340
Velocidad de producción, 138
Ventaja competitiva, 20, 22, 30. *Véase también* Capacidad de operaciones
Ventas
servicio de, 159
y de las operaciones, planeación de las, 279
Voz del(os) cliente(s), la, 15, 161, 170

W

Walmart, 74
Winters, método de suavización exponencial de, 265, 266
World Wide Web, 229, 231