

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS "CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ"
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIALES EN LA MEJORA DE LA
CALIDAD DE LA EMPRESA "GLUCOSA Y DERIVADOS DEL MAÍZ"**

Tesis presentada en opción al Título Académico
de Master en Ingeniería Industrial

Autor: Ing. OMAR ANTONIO EDWARDS

Tutores: Prof. Ins., REINIER BELLO SUÁREZ DEL VILLAR, M.Sc.
Prof. Tit., RAMÓN PONS MURGUÍA, Dr.C.

Consultante: Prof. Tit., RAFAEL GÓMEZ DORTA, Dr.C.

Cienfuegos

2009

*This thesis is dedicated to
the persons who i reffer to as my “Support Group”
This Support Group includes, Jesus Christ, My Lord and Saver,
My Mother Bernice, My Father Zachariah, My Brother Kevin, My Daughter Dayna,
My GirlFriend Zurama, Miss Gregory and her Family,
My Cuban Family and Friends, My Church Family,
and AMECO for providing me with the Spiritual, Emotional and Financial Support.
Thanks to you all.*

RESUMEN

La presente investigación fué realizada en la Empresa Glucosa y Derivados del Maíz del municipio Cienfuegos. Centrándose la misma en el desarrollo de un Modelo Matemático para la Toma de Decisiones Multicriteriales (TDM) dentro de una Metodología de Mejora de Procesos que permita modelar la incertidumbre y el riesgo inherente al decisor. Se emplea el Método de Saaty o AHP y una extensión del mismo propuesta por Hepu Deng. Estos métodos se integraron dentro de un procedimiento para la mejora de procesos, basado en un enfoque de Gestión por Procesos, empleándolos como herramientas para la toma de decisiones con múltiples criterios. Haciendo uso del procedimiento de Pons y Villa se realizó la propuesta de mejora para el proceso que mediante AHP fué seleccionado para mejorarlo. Utilizando esta misma técnica se jerarquizaron las seis (6) Oportunidades de Mejora más importantes y con ayuda del AHP Difuso se determinó la mejor Alternativa de Mejora a implantar.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	III
ÍNDICE	IV
INTRODUCCIÓN	1
1. Generalidades sobre la Mejora de Procesos	6
1.1. Introducción	6
1.2. Los Procesos Empresariales	6
1.2.1. El Cambio	9
1.3. La Mejora de Procesos	11
1.3.1. La Mejora Continua	11
1.3.2. La Mejora Radical	13
1.3.3. KAIZEN vs Reingeniería	14
1.3.4. Modelos para la Mejora de Procesos	16
1.4. La Toma de Decisiones Multicriteriales dentro de la Mejora de Procesos	20
1.4.1. Herramientas para la toma de decisiones	21
1.4.2. El Proceso de Jerarquía Analítica (AHP)	26
1.5. Conclusiones parciales	29
2. Procedimiento para la Mejora de Procesos y la toma de decisiones con múltiples criterios	31
2.1. Introducción	31
2.2. Procedimiento para la Mejora de Procesos	31

2.2.1.	Descripción del procedimiento de Gestión por Procesos	33
2.2.2.	Herramientas para la Mejora de los Procesos	38
2.3.	Decisión Multicriterial con comparación por pares difusa	45
2.3.1.	Integración con el procedimiento de Gestión por Procesos	50
2.4.	Conclusiones parciales	52
3.	Validación del procedimiento en el proceso de Glucosa Enzimática	53
3.1.	Introducción	53
3.2.	Caracterización de la Empresa Glucosa y Derivados del Maíz	53
3.2.1.	Planeación Estratégica de la empresa Glucosa y derivados de Maíz.	56
3.2.2.	Caracterización del entorno.	57
3.3.	Aplicación del procedimiento	61
3.4.	Conclusiones Parciales	75
	CONCLUSIONES	76
	RECOMENDACIONES	78
	BIBLIOGRAFÍA	79
	ANEXOS	83

INTRODUCCIÓN

Los procesos de la empresa nacieron en primer lugar como resultado de la necesidad de realizar una determinada tarea empresarial. Los procesos se desarrollaron rápidamente para afrontar la necesidad inmediata de una reducida población interna y a una base pequeña de clientes. Estos luego fueron ignorados y no se actualizaron debidamente para adaptarse al ambiente empresarial. A medida que la organización crecía, la responsabilidad de estos procesos se dividía entre muchos departamentos. Empezaron a desarrollarse grupos de burocracia de manera que nadie podía auditar los procesos de la empresa para asegurarse de que se realizaban correctamente. El cliente externo dejó de ser el centro de atención, pasando a ser la empresa el centro de sí misma. En consecuencia, los procesos se hicieron ineficaces, obsoletos, excesivamente complicados, cargados de burocracia y de trabajo intensivo. La mayor parte de las organizaciones aceptaba estos procesos como un mal necesario, sin pensar que obstaculizaban su capacidad para competir (Harrington, 1993).

En las últimas dos décadas los procesos han tomado el protagonismo en los intentos de incrementar los estándares de calidad en las organizaciones. Hoy en día ninguna empresa cubana que desee ser competitiva puede desatender sus procesos. Además debe hacer que estos funcionen como cuerdas bien afinadas de un violín, de manera que este funcionamiento armónico persiga el alineamiento de estos con las necesidades de los clientes.

Los proyectos de Mejora de Procesos buscan incansablemente el incremento de la eficiencia y la eficacia de las organizaciones cubanas, tanto en la producción de bienes y la prestación de servicios, como en el consumo, particularmente en los casos que impliquen erogaciones de divisas. Sin embargo, aún los resultados alcanzados están lejos de los esperados, requiriéndose

el perfeccionamiento de la gestión empresarial, así como la adquisición de nuevas tecnologías y recursos, entre otros aspectos, para lograr este propósito (Ruz, 1996). Lamentablemente, las empresas, emplean enfoques poco estructurados, tomados de la literatura científica sobre el tema, sin detenerse a valorar, entre otros aspectos, la naturaleza de sus procesos y la manera de administrarlos, la cultura de la organización, la orientación estratégica, los estilos de liderazgo imperantes y los enfoques para gestionar la calidad (Pons, 1994), (Dorta, 2001).

Las herramientas para la toma de decisiones que usualmente son empleadas dentro de los Procedimiento de Mejora de Procesos, no pueden cuantificar valores subjetivos provocados por variables no controladas, las cuales incorporan un grado de inexactitud a las posibles ponderaciones. Esto lleva a definir la situación problemática de esta investigación como:

Situación Problemática

En la literatura especializada sobre Calidad se pueden encontrar un gran número de metodologías para realizar la mejora de un proceso. Existen similitudes y diferencias en cada uno de ellas pero algo común a todos resulta que, en los pasos donde se toman decisiones basadas en múltiples atributos (criterios) no existe un adecuado manejo de la incertidumbre asociada al proceso de cuantificación (ponderación) de la mejor alternativa, ni de la actitud del decisor con respecto al riesgo.

Problema Científico

Necesidad de un Método Matemático para la toma de decisiones multicriteriales, que permita incluir adecuadamente la incertidumbre y la actitud con respecto al riesgo del decisor, dentro de una metodología de mejora de procesos.

Campo de acción

La Toma de Decisiones Multicriteriales en la Mejora de Procesos.

Objetivo General

Desarrollar un Modelo Matemático para la Toma de Decisiones Multicriteriales (TDM) dentro de una Metodología de Mejora de Procesos que permita modelar la incertidumbre y el riesgo inherente al decisor.

Objetivos específicos

- Construir las bases Teórico-Referenciales de la investigación.
- Establecer(Seleccionar) el método de toma de decisiones multicriterial a utilizar.
- Determinar la lista de criterios a emplear.
- Implantar el método en el tabulador electrónico Excel.
- Aplicar el método a un caso práctico en la Empresa Glucosa y derivados del maíz de Cienfuegos.

Hipótesis

Un método de Toma de Decisiones Multicriterial para la selección de procesos y/o alternativas de mejora, permitirá modelar de forma más adecuada la incertidumbre del proceso de ponderación y la aptitud del decisor con respecto al riesgo.

Novedad Científica

Por primera vez se considera un método de TDM que considere la incertidumbre y la aptitud con respecto al riesgo del decisor, como herramienta para la selección de procesos y/o alternativas de mejora de procesos.

Aportes Científicos

- Incorporación de un método de TDM dentro de una Metodología de Mejora de Procesos.
- Obtención de resultados prácticos asumiendo un método de TDM.

Metodología a Emplear

En cuanto a métodos teóricos se utilizó el análisis histórico-lógico para resumir y precisar la información recopilada sobre la toma de decisiones con múltiples criterios o atributos. El método de análisis y síntesis para conocer el tratamiento de la teoría de las decisiones multicriteriales en los modelos matemáticos y la determinación de los criterios más relevantes para la mejora de procesos. El método de inducción-deducción para garantizar un resultado de calidad en el procedimiento a proponer. En cuanto a los métodos empíricos se utilizaron la entrevista individual y grupal para recopilar información de los expertos. El ciclo PHVA para la mejora de procesos en la Empresa Glucosa y Derivados del Maíz Cienfuegos. Entre las herramientas empleadas se encuentran Excel, Statgraphics Centurión, Microsoft Visio.

La tesis está estructurada en Síntesis, Introducción, tres Capítulos, Conclusiones y Recomendaciones, Bibliografía y Anexos.

Capítulo 1: Generalidades sobre la Mejora de Procesos

En este Capítulo se realiza una revisión bibliográfica sobre Mejora de Procesos y Toma de Decisiones Multicriteriales (TDM). Las principales metodologías de Mejora son comentadas. Se realiza una crítica a algunos métodos de selección de alternativas. Se trata el método de Saaty y algunas variantes del mismo que incorporan números difusos. Aparece una breve reseña sobre los Números Difusos y su aritmética. Finalmente se propone la Metodología de Mejora y el método de TDM a emplear.

Capítulo 2: Procedimiento para la Mejora de Procesos y la toma de decisiones con múltiples criterios

Se describe la metodología de Mejora de Procesos propuesta y el método de TDM a emplear. Se establece una lista de criterios a considerar para las comparaciones por

pares en la selección de procesos y de alternativas de mejora. Una implementación en Excel es presentada para automatizar el método.

Capítulo 3: Validación del procedimiento en el proceso de Glucosa Enzimática

Se aplica la metodología de Mejora propuesta a la empresa. Las decisiones multicriteriales son tomadas mediante el método de TDM presentado en el capítulo anterior. Se eligen los criterios apropiados al caso práctico. Una serie de tablas y gráficos ilustrativos desarrollados en Statgraphics Centurión, Visio y Excel son presentados durante el desarrollo de la metodología.

Conclusiones y Recomendaciones

Las Conclusiones brindan el análisis del alcance de los resultados de este trabajo, haciendo énfasis en el cumplimiento de los objetivos planteados.

Las Recomendaciones se centran en futuras consideraciones sobre la naturaleza del método propuesto y su implementación en Standalone mediante algún lenguaje de programación, así como de la posible inclusión de otros criterios para la selección de procesos y/o alternativas de mejora de estos.

Capítulo 1

Generalidades sobre la Mejora de Procesos

1.1. Introducción

La mejora de procesos ya sea de forma continua o radical resulta la vía para que las organizaciones lleven a cabo el cambio evolutivo de sus procesos claves.

En este capítulo se hace un análisis bibliográfico sobre la mejora de procesos en empresas de manufactura desde la perspectiva de las mejores prácticas. Se presentan varias metodologías para la mejora de procesos, seleccionando finalmente una para el desarrollo de la presente investigación. Varios métodos para la selección de alternativas son abordados. El método de Saaty o AHP (Saaty, 1980) es abordado como variante para la toma de decisiones con múltiples atributos. Se elige una de las extensiones del AHP propuesta por (Deng, 1999) para su aplicación como una herramienta dentro de la metodología aceptada. La Figura 1.1 muestra el Hilo Conductor del Marco Teórico.

1.2. Los Procesos Empresariales

En la actualidad las organizaciones se desarrollan en un entorno cada vez más dinámico. Esta dinámica viene caracterizada por las 6 C's (por sus siglas en inglés), cambio, complejidad, demandas del cliente, presión competitiva, impacto de los costos y restricciones. Tradicionalmente las organizaciones han respondido a estos factores con nuevos productos y servicios, no con el mejoramiento de sus procesos. Con el tiempo la ausencia de atención de la administración a sus procesos trae consigo que estos se vuelvan obsoletos, redundantes, altamente costosos, mal definidos y no adaptables a las demandas del constantemente cambiante entorno (Juran & Blanton, 2001).

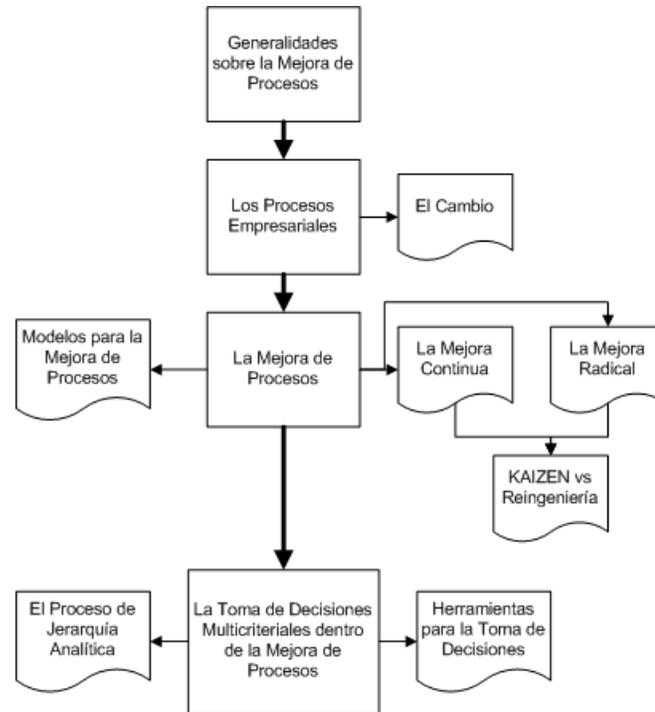


Figura 1.1: Hilo Conductor del Marco Teórico

Fuente: Elaboración Propia

Los procesos de la empresa nacieron en primer lugar como resultado de la necesidad de realizar una determinada tarea empresarial. Los procesos se desarrollaron rápidamente para afrontar la necesidad inmediata de una reducida población interna y a una base pequeña de clientes. Estos luego fueron ignorados y no se actualizaron debidamente para adaptarse al ambiente empresarial. A medida que la organización crecía, la responsabilidad de estos procesos se dividía entre muchos departamentos. Empezaron a desarrollarse grupos de burocracia de manera que nadie podía auditar los procesos de la empresa para asegurarse de que se realizaban correctamente. El cliente externo dejó de ser el centro de atención, pasando a ser la empresa el centro de sí misma. En consecuencia, los procesos se hicieron ineficaces, obsoletos, excesivamente complicados, cargados de burocracia y de trabajo intensivo. La mayor parte de las organizaciones aceptaba estos procesos como un mal necesario, sin pensar que obstaculizaban su capacidad para competir (Harrington, 1993). Resulta evidente la necesidad de enfocarse al cliente y a la mejora de los procesos de la organización. Pero antes sería necesario definir que es un “proceso”.

Proceso: cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor a

éste y suministre un producto y/o servicio a un cliente externo o interno. Los procesos utilizan los recursos de una organización para generar resultados definitivos (Harrington, 1993).

Proceso: la organización lógica de materiales, energía, equipamiento e información en actividades de trabajo diseñadas para producir el resultado final requerido (producto o servicio (Juran & Blanton, 2001).

Proceso: conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados (ISO9000, 2003).

No obstante la comprobada necesidad de controlar de cerca el desempeño de sus procesos, los directivos se despreocuparon, se vieron atados de manos y pies por una madeja de hilos extendidos por la burocracia. Pero ¿qué puede haber provocado este adormecimiento que condujo a las empresas por el camino de la ineficiencia?. (Harrington, 1993) plantea una lista de las principales creencias acerca de los procesos de la empresa, que condujeron a la situación planteada.

1. Los procesos ineficaces de la empresa no le cuestan mucho dinero a la organización.
2. Es poco lo que se puede ganar mediante el mejoramiento de procesos.
3. La organización no puede trabajar alrededor de los procesos.
4. Los procesos de la empresa (no productivos) no pueden controlarse.
5. Los procesos de la empresa carecen de importancia en comparación con los procesos de producción.

El propio Harrington comenta por qué estas creencias son completamente erróneas.

Primera creencia Generalmente, entre un 40 % y un 70 % de los empleados de oficina no agregan valor alguno. Eliminar los errores de los empleados y la burocracia puede reducir los costos indirectos hasta un 50 %.

Segunda creencia Ya se ha hablado del dinero que se puede ahorrar y de los clientes que se pueden perder, pero además el mejoramiento de procesos puede tener un impacto positivo sobre la cultura de la organización. Los empleados dejan de ser individuos y se convierten en equipos. El trabajo se hace agradable a medida que se derriban los “castillos departamentales”. El tiempo de respuesta a los clientes internos y externos se reduce a la mitad.

Tercera creencia Los empleados están tan ocupados tratando de encontrar caminos alrededor de los procesos, que carecen del tiempo para realizar sus trabajos.

Cuarta creencia No sólo es posible controlar estos procesos, sino que deben controlarse. Se necesita controlar los procesos de la empresa como se vigilan los de manufactura.

Quinta creencia Los clientes son más susceptibles a alejarse de la empresa debido a procesos de la empresa mediocres que a causa de productos deficientes. Sin una buena interacción entre la empresa y los clientes, aún el mejor de los productos dejará de atraerlos.

Todos los procesos bien administrados y bien definidos tienen algunas características comunes:

- Tienen a alguien a quien se considera responsable de aquella forma en la cual se desempeña el proceso (responsable del proceso).
- Tienen límites bien definidos (alcance del proceso).
- Tienen interacciones y responsabilidad internas bien definidas.
- Tienen procedimientos documentados, obligaciones de trabajo y requisitos de entrenamiento.
- Tienen controles de evaluación y retroalimentación cercanos al punto en el cual se ejecuta la actividad.
- Tienen medidas de evaluación y objetivos que se relacionan con el cliente.
- Tienen tiempos de ciclo conocidos.
- Saben cuán buenos pueden llegar a ser.
- Han formalizado procedimientos de cambio.

1.2.1. El Cambio

Una máxima dice: “El cambio es lo único seguro en una organización”. Es ésta una razón más que suficiente para cambiar de manera evolutiva (productiva), es decir hacer beneficioso el cambio. El cambio no es un proceso simple. Requiere una gran cantidad de reflexión, un plan bien concebido, un enfoque complejo y un liderazgo constante. Algunas normas que deben emplearse como guía en un proceso de cambio son:

- La organización debe creer que el cambio es importante y valioso para el futuro.
- Debe existir una, visión que describa el cuadro del estado futuro deseado, que todas las personas lo vean y lo comprendan.
- Deben identificarse y eliminarse las barreras reales y potenciales.
- Toda la organización debe estar tras la estrategia de convertir en realidad la visión.
- Los líderes de la organización necesitan modelar el proceso y elaborar un ejemplo.
- Debe suministrarse entrenamiento para las nuevas técnicas requeridas.
- Deben establecerse sistemas de evaluación de manera que puedan cuantificarse los resultados.
- Debe suministrarse a todos una retroalimentación continua.
- Debe suministrarse entrenamiento para corregir el comportamiento no deseado.
- Deben establecerse sistemas de reconocimiento y recompensa para reforzar efectivamente el comportamiento deseado.

Ningún proceso, regulado o no, escapará al cambio. Los procesos no regulados cambiarán, pero ese cambio se realizará para conveniencia de las personas participantes en el proceso, más que para el mejor interés de la organización o del cliente. Por tanto, para hacer del cambio un vehículo que desplace la empresa a un nivel superior se debe dedicar un esfuerzo mayor al mejoramiento (*cambio*) de los procesos. Esto haría de ellos procesos regulados, brindando diversas utilidades tales como:

- Le permite a la organización predecir y controlar el cambio.
- Le permite a la organización centrarse en el cliente.
- Aumenta la capacidad de la empresa para competir, mejorando el uso de los recursos disponibles.
- Suministra los medios para realizar, en forma rápida, cambios importantes hacia actividades muy complejas.

- Apoya a la organización para manejar de manera efectiva sus interacciones.
- Mantiene a la organización centrada en el proceso.
- Previene posibles errores.
- Ayuda a la empresa a comprender cómo se convierten los insumos en productos.
- Le suministra a la organización una medida de sus costos de mala calidad (desperdicios).
- Ofrece una visión sobre la forma en que ocurren los errores y la manera de corregirlos.
- Desarrolla un sistema completo de evaluación para las áreas de la empresa.
- Ofrece una visión de lo bueno que podría ser la organización y define el modelo para lograr ese objetivo.
- Suministra un método para preparar la organización a fin de cumplir con sus desafíos internos.

¿Cómo se llevar a cabo el mejoramiento de los procesos en la organización?.

1.3. La Mejora de Procesos

Lograr la eficacia, efectividad y adaptabilidad de un proceso resulta la meta para la Mejora de Procesos. En esto coinciden los especialistas de la calidad. Veamos un resumen de estos conceptos en la Tabla 1.1 desde la perspectiva de dos de los más grandes teóricos de la calidad y de la norma internacional ISO 9000:2000.

Existen varias herramientas de la calidad utilizadas para apoyar el mejoramiento de procesos. Estas herramientas permiten cambiar un proceso a través del Rediseño (Reingeniería) o la Mejora Continua (Kaizen). Las herramientas más usadas, considerando el propósito para su uso, se pueden consultar en el Anexo 1.

1.3.1. La Mejora Continua

El mejoramiento continuo, se logra a través de todas las acciones diarias que permiten que los procesos y la empresa satisfagan a sus clientes. La velocidad del cambio dependerá del número de

Tabla 1.1: Conceptos de eficacia, efectividad, eficiencia y adaptabilidad.

Fuente	Definición
ISO 9000:2000	Eficacia: extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.
	Eficiencia: relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados
Harrington, 1997	Efectividad: El grado hasta el cual los resultados del proceso o subproceso satisfacen las necesidades y expectativas de sus clientes.
	Eficiencia: El punto hasta el cual los recursos se minimizan y se elimina el desperdicio en la búsqueda de la efectividad.
	Adaptabilidad: La flexibilidad del proceso para dirigir las expectativas futuras y cambiantes del cliente y los requerimientos especiales e individuales del cliente de hoy. Se trata de dirigir el proceso para satisfacer las necesidades especiales del presente y los requerimientos del futuro.
Juran, 2001	Efectividad: cuando las salidas del proceso satisfacen los requerimientos de los clientes.
	Eficacia: cuando el proceso es efectivo al menor coste.
	Adaptabilidad: cuando el proceso se mantiene efectivo y eficaz frente a los muchos cambios que ocurren en el transcurso del tiempo.

Fuente: Elaboración propia

acciones de mejoramiento que se lleven a cabo y por supuesto la efectividad con que se realicen, por lo que es importante que el Kaizen sea una idea que esté impregnada en el quehacer de todos los miembros de la organización, de manera que sea un estilo de trabajo o una filosofía de vida. Las personas tienen que estar convencidas que obtiene su empresa y ellos mismos al adoptar la mejora continua.

Aunque generalmente la mejora continua se asocia a la dirección japonesa, muchos de los primeros programas de este tipo crecieron y maduraron en los Estados Unidos.

Para implantar programas de mejora continua eficaces se deben seguir una serie de recomendaciones generales que pudieran ayudar en este aspecto:

1. Las mejoras requieren un período de aprendizaje antes de que generen beneficios.
2. El personal y la gerencia deben tener confianza mutua para generar el flujo de ideas que dirigen al esfuerzo de la mejora continua.
3. El sistema de recompensas debe promover la cooperación entre departamentos.

4. La Mejora Continua exige una Capacitación Continua.
5. La mejora continua requiere un sistema eficiente para manejar las ideas de mejora y administrar el sistema de recompensas.

El ciclo PHVA, o ciclo de Deming (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) se asocia de manera indisoluble con la mejora continua, dada su estructura de ejecución cíclica, una rueda, como generalmente se representa. Con frecuencia se realiza una analogía al proceso de mejora continua, como si fuera el desarrollo del guión de una película, y se conoce con el nombre de “La historia del Control de la Calidad” (QC Story Procedure) (Ishikawa, 1988), (Imai, 1995). En el Anexo 2 se muestra un resumen de los pasos fundamentales.

1.3.2. La Mejora Radical

Durante la década de los 90s se popularizó el término reingeniería de negocios (reingeniería de procesos, reingeniería de procesos de negocios), debido principalmente a que algunas empresas vieron en este concepto la manera de lograr un mejoramiento rápido de los procesos que deterioran su competitividad, para los que el mejoramiento continuo resulta una forma muy lenta de avanzar.

Independientemente de lo que muchas personas piensan, este enfoque de mejora no es realmente nuevo. Los japoneses han incluido este tipo de mejora desde hace bastante tiempo en su forma de gestión. Bajo el enfoque japonés este concepto adopta el nombre de innovación o cambio radical (Ishikawa, 1988), (Imai, 1995). Desde principios de los 80s los japoneses utilizaban este tipo de mejora para lograr saltos bruscos en los niveles de calidad mediante una reducción del tiempo de respuesta al mercado y el uso intensivo de la tecnología. De manera que lo que hoy se conoce como reingeniería no es nada nuevo, sino una conceptualización de la innovación japonesa bajo el enfoque occidental de gestión.

De acuerdo con (Champy, 1995) existen cuatro aspectos que se deben considerar en un estudio de reingeniería si se desea tener éxito:

1. El cuestionamiento constante sobre el propósito y la razón de ser de todo lo que se hace en la organización (procesos, productos, servicios, métodos de trabajo, etc.)

2. El cambio cultural que se necesita en todos los niveles organizacionales para crear el ambiente que permita que los cambios a ejecutar operen en una atmósfera más propicia.
3. La creación de nuevos procedimientos, normas y estándares que permitirán que la empresa logre mejores niveles de desempeño, así como la determinación de objetivos radicalmente más retadores que los anteriores, y el establecimiento del liderazgo que se requiere para lograrlos.
4. La definición del tipo de personal que se requiere para que el cambio cultural y la puesta en práctica de los nuevos procedimientos sean lo más suave posible de tal forma que exista congruencia con los nuevos modelos de operación y servicio establecidos en las normas y estándares propuestos.

Finalmente es necesario comentar algunos de los riesgos en el uso de la reingeniería como enfoque de mejora debido a una mala interpretación de su resultado, dados por (Cáravez, 2000).

1. Con frecuencia se asocia a esta técnica con despidos masivos de personal, como consecuencia del rediseño de procesos administrativos, se cree que esta sugerencia siempre va a estar presente como resultado de un programa de este tipo. Aunque debe destacarse que los procesos se degradan y “mutan” con el tiempo, y muchas veces trabajan más personas de las necesarias.
2. Cuando se rediseñan por completo los procesos claves, se corre el riesgo de perder la experiencia acumulada. Por este motivo, durante un tiempo se planteó que las empresas norteamericanas padecían del “mal de amnesia o mal de Alzheimer corporativo” como consecuencia de la aplicación de Programas de Reingeniería.

En pocas palabras, se puede concluir que reducir el tamaño de una organización o hacer reingeniería sin pensar en las consecuencias a largo plazo de esta acción puede resultar contraproducente. Sin embargo, los beneficios de mantener los procesos administrativos y productivos “frescos” mediante el uso de este tipo de mejora, son muy grandes para despreciar este enfoque.

1.3.3. KAIZEN vs Reingeniería

¿Innovación o mejora continua? Muchos directivos se han hecho esta pregunta en repetidas ocasiones. Las razones fundamentales que motivan la existencia de estas interrogantes son:

1. El ambiente competitivo presiona demasiado y otras empresas mejoran rápidamente. Las organizaciones se ven en la disyuntiva de realizar mejoras drásticas y rápidas en su forma de hacer negocios o perder a sus clientes. Por otro lado, las empresas en ocasiones no cuentan con el capital requerido para enfrentar este tipo de esfuerzo.
2. Consultores, autores y especialistas parcializados aseguran que la reingeniería es la mejor manera de sobrevivir en el entorno competitivo actual. Sin embargo, las organizaciones han visto como han fracasado, con efectos catastróficos, muchos de los esfuerzos de reingeniería a su alrededor. Por otro lado, han encontrado que la gran promesa de la reingeniería como solución definitiva ha fallado, cuando algunas de las empresas que han logrado resultados no han podido mantener los beneficios.
3. Los beneficios, aplicabilidad y eficacia del enfoque de mejora continua son innegables. La mayoría de las empresas líderes en el mundo no hubieran podido llegar a ser lo que son sin la utilización de la mejora continua.

La solución a este problema consiste en combinar inteligente y apropiadamente ambos enfoques de mejora. Teniendo en cuenta la situación competitiva internacional, la mayoría de las empresas se verán en la necesidad de iniciar esfuerzos de reingeniería en algún momento, ya sea por presiones de la competencia o por necesidades operacionales internas. Esta es una decisión difícil, que debe estar acompañada de un adecuado diagnóstico. Pero una vez que la empresa decida hacerlo, los resultados alcanzados deben mantenerse y mejorarse continuamente. La Tabla 1.2 muestra una comparación entre ambos enfoques. Estos análisis conllevan a una conclusión que sería la respuesta a la interrogante anteriormente planteada, las organizaciones modernas necesitan mejorar continuamente su desempeño organizacional para mantener la fortaleza competitiva y agregar valor a sus productos y servicios, para ello deben combinar adecuadamente los enfoques de mejora continua y reingeniería utilizando eficazmente los recursos de la organización para maximizar el beneficio. Por tanto no existe superioridad entre uno u otro enfoque. La mejora de un proceso es un *traje a la medida* para cada organización y del análisis profundo y consciente dependerá cual camino escoger y será aquél que mejor *ajuste*.

Tabla 1.2: Comparación entre los enfoques KAIZEN y Reingeniería

Elemento	KAIZEN	Reingeniería
Efecto	Largo plazo y larga duración, sin dramatismo	Corto plazo, pero dramático
Itinerario	Continuo e incremental	Intermitente, no incremental
Involucramiento	Todos	Selección de unos pocos Campeones
Enfoque	Colectivismo, esfuerzo de grupo, enfoque de sistemas	Individualismo áspero, ideas y esfuerzos individuales
Chispa	Conocimiento convencional y el “estado del arte”	Invasiones tecnológicas, nuevas invenciones y teorías
Requerimientos prácticos	Requiere poca inversión, pero gran esfuerzo para mantenerlo	Requiere gran inversión y pequeño esfuerzo para mantenerla
Orientación del esfuerzo	Personas	Tecnología
Criterios de evaluación	Proceso y esfuerzo para mejores resultados	Resultados para las utilidades
Ventaja	Trabaja bien en economías de lento crecimiento	Mejor adaptada a economías de rápido crecimiento

Fuente: Elaboración propia

1.3.4. Modelos para la Mejora de Procesos

En la literatura consultada se identificaron varios modelos que permiten llevar a cabo la mejora de un proceso. Sin lugar a dudas la síntesis que continúa resulta incompleta, no obstante, se presentan los casos más representativos (basados en la cantidad de referencias) tanto en mundo como en nuestro país.

Modelo propuesto por Kaoru Ishikawa [1985]

Kaoru Ishikawa es sin dudas el padre de la revolución japonesa de la calidad con una contribución incalculable al arsenal de la calidad actual, y sin cuestionamientos es uno de los gurús de la filosofía de mejora continua. Ishikawa propone el Método Sistemático o Científico para la Mejora de Procesos, extremadamente útil y práctico, aspecto común de la mayoría de los enfoques japoneses. Este enfoque sentó las bases para lo que más adelante se convertiría en prácticas obligadas para la mejora de procesos. La necesidad de entender las necesidades de los clientes y describir el proceso para luego identificar las oportunidades de mejoramiento, constituye un aspecto fundamental de este modelo si se considera que en el momento en que fue planteado no se reconocían estos aspectos en su totalidad. Otro aspecto a destacar de este modelo es que

respetar perfectamente el ciclo PHVA para la mejora continua, estableciendo las mejoras logradas e identificando acciones para la mejora continua. Sin lugar a dudas, el principal aporte de este modelo es el de establecer un precedente y la visión para lo que vendría después en este punto. Si se observa el modelo detenidamente se puede notar que están presentes la mayor parte de las mejores prácticas actuales de la mejora de procesos, en un modelo que tiene más de 20 años, y es por eso precisamente que se decide incluirlo en este análisis.

Modelo propuesto por Jeffrey N.Lowenthal [1994]

Este modelo resuelve muchos de los problemas de algunas metodologías existentes: se reconoce la importancia de una correcta planeación de mejora, se trata con sumo cuidado el impacto en la cultura organizacional y la planeación del cambio en la empresa. Por otro lado, se incluye un amplio paquete de herramientas para la mejora y se proporcionan los medios para su uso adecuado. Por último debe destacarse que se tiene en cuenta la priorización de proyectos de mejora, mediante la selección de procesos críticos de negocio.

Modelo propuesto por Karl Albrecht [1994]

Albrecht, quizás el consultor más reconocido en el campo de la calidad en servicios, propone un modelo compuesto por 6 pasos. El mayor aporte de éste modelo es su excepcional enfoque hacia el cliente externo e interno. Albrecht ha hecho un alarde de su experiencia en un método para concentrarse en el cliente que sin lugar a dudas es uno de los más eficaces existentes en este momento. Para lograr este aspecto, este autor propone una serie de elementos teóricos muy importantes para mejorar el valor entregado al cliente y un compendio de siete herramientas básicas para este fin.

Además este es un modelo con una fuerte orientación hacia las personas que dan vida al proceso, sus necesidades y valores culturales. Como último elemento debe destacarse que Albrecht incluye el análisis de los costos de la calidad para la evaluación del progreso de la mejora.

Modelo propuesto por James G.Shaw [1997]

Este es un modelo que se basa en la experiencia práctica del autor en el área de la consultoría a empresas en mejoramiento de la producción y servicio a clientes. Como elementos positivos de este modelo se pueden destacar su orientación práctica y dirigida hacia la acción. Para el desarrollo

de cada paso se proporcionan una serie de recomendaciones concretas que facilitan la aplicación del método. Sin lugar a dudas, las mayores fortalezas de este método se concentran en los pasos 1 y 2. La forma en que Shaw propone la descripción y documentación del proceso es muy buena en comparación con las otras metodologías. La inclusión de la herramienta *Process Profile* es otro elemento a destacar, esta herramienta proporciona un medio al equipo para crear una visión integral del proceso que se desea mejorar y facilitar la toma de decisiones. Finalmente, este autor reconoce la importancia de utilizar tanto la mejora continua como la innovación como enfoques de mejora.

Modelo propuesto por H. James Harrington [1997]

Harrington, antiguo presidente de Ernst & Young, una de las más prestigiosas firmas de consultoría empresarial en el mundo, propone un procedimiento organizado en fases. Sin lugar a dudas, este es uno de los modelos más completos y aceptados internacionalmente de todos los modelos revisados. El Dr. Harrington, una autoridad en este tema, propone un modelo completo y perfectamente estructurado donde se resume la vasta experiencia internacional de este consultor en el campo del mejoramiento del desempeño organizacional. Las ventajas de este modelo son evidentes, y resultarían en un resumen de los principales elementos positivos que debiera tener cualquier modelo de este tipo. Sencillamente, se incluyen todos los elementos, conceptos, procedimientos y herramientas que constituyen las mejoras prácticas en la mejora de procesos.

Modelo propuesto por Juran [2001]

El Dr. Juran se ha convertido en el ser humano vivo que más ha investigado y aportando, por tanto es el ideólogo más respetado en el campo de calidad actualmente. Este análisis quedaría incompleto sin incluir el aporte de Juran en este campo. Pero ese no ha sido la razón de la inclusión, sino sencillamente que el modelo PQM (Process Quality Management) propuesto por este autor constituye un punto de referencia obligado desde la 5ta edición de su reconocido Manual de Calidad.

Si se compara este modelo con los anteriores, puede notarse que Juran aborda excelentemente el proceso de transferencia del nuevo proceso o el proceso rediseñado. Este es un punto que se descuida en otros modelos, y que es extremadamente importante. Por otro lado, se aborda adecuadamente la identificación de la Voz del Cliente y la necesidad de la medición del desempeño

del proceso. Otro punto a su favor es que el modelo reconoce la importancia de utilizar enfoques tanto de mejora continua como de reingeniería para desarrollar la mejora del proceso. El modelo propuesto por Juran puede considerarse como excelente, simple y a la vez de una alta consistencia técnica.

Modelo propuesto por Pons y Villa

El procedimiento de Gestión de Procesos propuesto por (Pons & Villa, 2006), (Villa, 2006), permite conocer el problema, plantear alternativas de solución, analizar las soluciones planteadas y seleccionar la mejor, propone cómo divulgar la solución en la organización hasta su implantación final y posteriormente cómo evaluar la implantación.

A criterio de los propios autores es difícil hoy en día encontrar en la literatura una metodología basada en un enfoque moderno de calidad que difiera notablemente del resto de las existentes, esto es debido a que en su gran mayoría las metodologías de carácter universal están basadas en experiencias positivas de empresas que han logrado el éxito con el transcurso de los años.

El modelo propuesto es el resultado de las experiencias y recomendaciones de prestigiosos autores en esta esfera, tales como: (Juran & Blanton, 2001), (Cantú, 2001) y (Ramos, 1992). Dicho procedimiento ha sido elaborado tomando como referencia el Ciclo Gerencial Básico de Deming y los aportes de los enfoques más modernos de mejoramiento de la calidad como el Seis Sigma. Para ello se ha prestado atención a aspectos tales como:

- La naturaleza de la actividad (¿Brinda valor agregado?)
- ¿Cuáles son las exigencias del cliente en relación con la actividad?
- ¿Cómo se realiza la actividad?
- ¿Cuáles son sus problemas?
- ¿Qué soluciones existen para tales problemas?
- ¿Cómo puede ser mejorada la actividad?

Este procedimiento se organiza en cuatro (4) etapas básicas, referidas a la identificación, caracterización, evaluación y mejora del proceso, cada una de ellas con su correspondiente sistema de actividades y herramientas para su diseño y ejecución.

Lamentablemente, las empresas, tanto a nivel mundial como nacional, emplean enfoques poco estructurados, tomados de la literatura científica sobre el tema, sin detenerse a valorar, entre otros aspectos, la naturaleza de sus procesos y la manera de administrarlos, la cultura de la organización, la orientación estratégica, los estilos de liderazgo imperantes y los enfoques para gestionar la calidad (Pons, 1994), (Dorta, 2001). El autor de la presente investigación se identifica con el modelo propuesto por (Pons & Villa, 2006), considerando que el mismo ha sido aplicado en una gran cantidad de tesis de grado, de maestría y tesis doctorales. Desarrollado por un autor cubano de gran prestigio en la esfera de la Calidad, constituye sin lugar a dudas un modelo generado pensando en las empresas cubanas. es por esta razón que se selecciona para utilizarla como metodología para la mejora del proceso que será objeto de estudio en el capítulo sobre *la aplicación práctica* en este documento.

Un elemento común entre cada uno de los modelos presentados anteriormente, lo constituye el hecho de la existencia de varios momentos donde se deben tomar decisiones, es decir seleccionar acciones y/o procesos a desarrollar posteriormente, basados en una gran cantidad de criterios o atributos. Estos momentos resultan piedras angulares dentro de las metodologías de mejora, en cada uno de ellos pueden existir indicadores (criterios) tanto tangibles como intangibles (subjetivos). La efectividad de nuestra mejora en el desempeño futuro de nuestro proceso dependerá de cuán acertada haya sido nuestra decisión en cualquiera de estos dos instantes. De la misma forma en que resulta difícil decidir con poca información, más difícil resulta hacerlo con mucha. Es por eso que tomar decisiones que con gran cantidad de información, se ha vuelto hoy en día una ciencia matemática (Figuera, Greco, & Ehrgott, 2005). El análisis multicriterial es el encargado de proporcionar las herramientas para que este proceso sea lo más preciso posible. A continuación se hace referencia a algunas de estas herramientas.

1.4. La Toma de Decisiones Multicriteriales dentro de la Mejora de Procesos

Es posible, al menos, señalar dos momentos donde se toman decisiones multicriteriales dentro de un modelo cualquiera de Mejora de Procesos, ambos constituyen los casos más destacados, dada la gran cantidad de alternativas donde escoger y la gran cantidad de criterios o atributos a considerar,

estos son:

1. Elegir el proceso a mejorar.
2. Elegir la alternativa de mejora a implementar

En la revisión bibliográfica se encontraron las herramientas empleadas en la actualidad para la toma de decisiones en cada uno de los casos anteriores. Las mismas son presentadas a continuación.

1.4.1. Herramientas para la toma de decisiones

Separaremos las mismas en dos grupos, basados en cuál de los dos momentos es empleada.

Elegir el proceso a mejorar

Enfoque Total (Harrington, 1993)

En este enfoque la empresa opta por realizar mejoramientos simultáneos en todos los sectores e inicia una multitud de proyectos. Este enfoque puede ser viable en empresas pequeñas. Sin embargo, si no se maneja el esfuerzo de mejoramiento con efectividad, éste suele tener serias desventajas.

Enfoque de selección gerencial (Harrington, 1993)

Centra los esfuerzos de mejoramiento en los procesos que resultan ser los críticos para el éxito futuro de la empresa y en las “áreas de problemas identificadas”. Se realiza una combinación entre los procesos críticos para el éxito y los procesos que presenten más problemas. Como resultado se pueden obtener hasta 30 procesos candidatos para la mejora.

Enfoque ponderado de selección (Harrington, 1993)

El Equipo de Mejora de Procesos (EMP) asigna una calificación a los principales procesos de la empresa (del 1 al 5) en cuatro categorías fundamentales:

1. Impacto en el cliente.
2. Susceptibilidad al cambio.
3. Desempeño.

4. Impacto en la empresa.

Este enfoque permite concentrar la atención en los procesos críticos, estableciendo prioridades para los recursos y garantizando que el esfuerzo sea manejable.

Enfoque con información (Harrington, 1993)

El enfoque con información difiere de los demás por cuanto se basa más en la recolección de datos reales provenientes de los clientes y de las operaciones internas, que en las opiniones. Por tanto requiere de mayor tiempo y dedicación.

Las organizaciones de categoría mundial se esfuerzan continuamente por ofrecer a sus clientes productos y servicios superiores. Como resultado, se aseguran de que todos los esfuerzos de mejoramiento se concentren en aumentar la satisfacción del cliente externo.

Este enfoque incorpora los siguientes principios:

- Vincular los esfuerzos de mejoramiento a las expectativas del cliente
- Concentrarse en las actividades tanto correctivas como preventivas
- Hacer énfasis en las áreas que tengan el mayor potencial de mejoramiento
- Trabajar en un número de proyectos que sea manejable
- Emplear hechos y no percepciones para la selección de proyectos
- Asegurar la continuidad del propósito

Todo proceso, toda actividad, todo empleo dentro de una organización existe sólo por una razón: proporcionar a los clientes y/o consumidores productos y servicios que representan valor para ellos.

Elegir la alternativa de mejora a implementar

Técnica GUT (Gravity, Urgency & Trend) (Morales, 2000), (Calidad, 2000))

Se emplea para definir prioridades en la elaboración de planes de mejora. La definición de prioridades es la identificación de lo que se debe atender primero considerando la urgencia, la tendencia y el impacto de una situación, de ahí la sigla UTI en español.

Urgencia:

Se relaciona con el tiempo disponible frente al tiempo necesario para realizar una actividad. Para cuantificar en la variable cuenta con una escala de 1 a 10 en la que se califica con 1 a la menos urgente, aumentando la calificación hasta 10 para la más urgente. Tenga en cuenta que se le puede asignar el mismo puntaje a varias oportunidades.

Tendencia:

Describe las consecuencias de tomar la acción sobre una situación. Hay situaciones que permanecen idénticas si no hacemos algo. Otras se agravan al no atenderlas. Finalmente se hallan las que se solucionan con sólo dejar de pasar el tiempo. Se debe considerar como principales entonces, las que tienden a agravarse al no atenderlas, por lo cual se le dará un valor de 10; las que se solucionan con el tiempo, 5; y las que permanecen idénticas sino hacemos algo la calificamos con 1.

Impacto:

Se refiere a la incidencia de la acción o actividad que se está analizando en los resultados de nuestra gestión en determinada área o la empresa en su conjunto. Para cuantificar esta variable se cuenta con una escala de 1 a 10 en la que se califica con 1 a las oportunidades de menor impacto, aumentando la calificación hasta 10 para las de mayor impacto. Tenga en cuenta que le puede asignar el mismo puntaje a varias oportunidades.

Matriz de Selección de Temas (Salud (THS), 2005)

Es una técnica que ayuda al equipo a seleccionar rápidamente un tema, sobre el cual comenzar la recogida de datos. Si el tema seleccionado a su juicio requiere una mejora, entonces el equipo deberá proseguir. Esta matriz permite al equipo clasificar sus temas en función del impacto que tienen sobre el cliente y de sus necesidades de mejora. De esta forma el equipo puede concentrar sus energías en mejoras orientadas al cliente. La matriz también ayuda al equipo a conseguir cierto dominio y claridad en la selección de un tema. Para más detalle ver el Anexo 3.

Matriz de Acciones Correctivas (Salud (THS), 2005)

Los Equipos de Mejora de Procesos (EMP) utilizan esta matriz para comprobar que las acciones

correctivas que pretenden implantar “atajan” directamente las causas originarias. Se otorga una puntuación en una escala de 1 a 5 a dos atributos “eficacia” y “viabilidad”. La calificación de la eficacia se refiere a la medida en que la acción correctiva (alternativa de mejora) será eficaz a la hora de reducir o eliminar la causa originaria a la que está ligada. En el caso de la viabilidad, se refiere al método práctico, o como se llevará a cabo la acción correctiva. Dicha puntuación indica en qué medida el equipo estima que es viable la implantación del método práctico correspondiente. Para cada acción correctiva, el equipo puede identificar más de un método práctico. Esto indicaría que el equipo ha discutido varios enfoques para implantar la acción correctiva y quiere aplicar la matriz a cada uno de los métodos prácticos identificados. Ver Anexo 4

Despliegue de la Función Calidad (QFD) (Pulido & Vara Salazar, 2004)

Mención aparte merece la herramienta QFD. La búsqueda de la Voz del Cliente es posible, si se determina cuál es el proceso que más afecta a nuestro cliente final para entonces someterlo a un proceso de mejora. Además, se requiere saber cuál alternativa de mejora será la que mayor beneficio ofrezca al cliente y al proceso. La aplicación formal de esta técnica se llevó a cabo por primera vez en Japón (1972) en Mitsubishi por Kobe Shipyard.

La Casa de la Calidad como también se le conoce a esta técnica consta de 9 pasos para su aplicación. Estos son:

Paso 1: Hacer una lista de objetivos o QUÉs del proyecto. Esta es una lista de requerimientos del cliente, o prioridades de primer nivel, que se anotan de manera horizontal y es conocida como la voz del cliente y son aquéllos aspectos en los que el proyecto quiere incidir.

Paso 2: Definir las prioridad de cada QUÉ. Esta prioridad se fija en una escala de 1 y 5, donde es 5 la más alta prioridad, por lo general se obtiene a partir de la situación actual de cada QUÉ y de los objetivos que se persiguen en el proyecto de mejora (esta prioridad debe reflejar enteramente el interés del cliente y los objetivos de la empresa)

Paso 3: Hacer una lista de CÓMOs y anotarlos en la parte vertical de la matriz. Son las diferentes formas inmediatas con las cuales se pueden atender los QUÉs en relación con estos CÓMOs, es necesario cuantificar su importancia para atender los diferentes QUÉs.

Paso 4: Cuantificar la intensidad de la relación entre cada QUÉ contra cada CÓMO. Utilizando

una escala de 0 a 5, asignar 5 en el caso de una relación muy fuerte, 3 para una relación fuerte, 1 para una relación débil y 0 para ninguna relación.

Paso 5: Calcular la importancia de cada CÓMO respecto a su contribución a todos los QUÉs. Esto se hace multiplicando la prioridad de cada QUÉ por la intensidad de la relación y sumando los resultados.

Paso 6: Calcular la importancia relativa de cada CÓMO respecto a su contribución a todos los QUÉ. Para ello se debe tomar la importancia más alta y asignarle una importancia relativa de 10, y a partir de ahí por regla de tres calcular la importancia relativa de los otros CÓMOs. En algunos casos esta importancia relativa es de utilidad para las siguientes fases del análisis QFD, y también para tener una mejor evaluación de la importancia de cada CÓMO.

Paso 7: Investigar si existe alguna correlación muy fuerte (sobre todo negativa) entre los CÓMOs.

Paso 8: Asignar objetivos para los CÓMOs de acuerdo con su importancia, y anotarlos en la matriz del QFD. Si se cumple con ese objetivo se estará actuando de acuerdo con la Voz del Cliente.

Paso 9: Tomar las decisiones pertinentes y, de ser el caso, continuar a las siguientes fases del análisis QFD. En caso de que se continúe el análisis QFD, los CÓMOs serán los nuevos QUÉs de la matriz QFD, en el siguiente nivel de despliegue. Las prioridades de los nuevos QUÉs serán iguales a la importancia relativa que obtuvieron en la matriz previa. Se aplican los pasos anteriores, a partir del paso 3.

Las técnicas presentadas constan de gran aplicación práctica, constatado por una enorme cantidad de investigaciones donde fueron empleadas. No obstante su probada efectividad, resultan inadecuadas para manejar la subjetividad del proceso de toma de decisión multicriterial. Muchas de ellas basan su decisión en un solo criterio, las más complejas realizan ponderaciones entre varios indicadores y deciden por el resultado obtenido de simples operaciones aritméticas. Todas ellas carecen de tratamiento matemático para lidiar con la incertidumbre de las puntuaciones de las escalas de medición, son incapaces de cuantificar criterios subjetivos y no contemplan la actitud con respecto al riesgo del decisor.

¿Qué hacer entonces para tomar decisiones acertadas cuando existen múltiples atributos o criterios?. ¿Cuál herramienta matemática podemos emplear? La respuesta a estas interrogantes se

expone a continuación.

1.4.2. El Proceso de Jerarquía Analítica (AHP)

Propuesto por Thomas Saaty (Saaty, 1980) el AHP es el método de toma de decisiones multicriteriales más empleado en las últimas dos décadas. Su popularidad se debe a sus tres funciones primarias (Forman & Gass, 1999), estas son: Complejidad Estructural; Medición en una escala de razón y Síntesis.

Complejidad Estructural: Saaty encontró una forma fácil de lidiar con la complejidad. Tan simple como para que cualquier persona sin conocimientos formales pudiera entenderla y participar. Él encontró algo común en los numerosos ejemplos de las formas en que los humanos lidiaban con la complejidad; esto fue la estructura jerárquica de la complejidad en conglomerados homogéneos de factores.

Medición en una escala de razón: Los conocimientos matemáticos de Saaty lo convencieron de que las escalas de razón pueden ser más precisas para medir los factores que comprometen la jerarquía. Esto se debe a la estructura de los cuatro niveles de medición que según (Stevens, 1946) existen. Los niveles de menor a mayor son: Nominal, Ordinal, Intervalo y Razón. Cada nivel posee todos los significados de los niveles precedentes más significados adicionales. Además la escala de razón le permitía a Saaty expresar proporciones.

Síntesis: Las situaciones de decisiones cruciales son muy complejas debido a que contienen muchas dimensiones, por esta razón los seres humanos no podemos sintetizarlas intuitivamente, luego se necesita una manera de sintetizarlas todas para múltiples dimensiones. La estructura jerárquica del AHP facilita el análisis, y aún más importante, ayuda a medir y sintetizar la multitud de factores en una jerarquía.

Son muchas las aplicaciones del AHP a distintas esferas de la ciencia. Desde investigaciones sociales (Ríos, García, & Corona, 2007) hasta militares (Saaty, 2008). Dentro de la Calidad y la Mejora de Procesos es posible destacar las aplicaciones a:

- Determinación del nivel de Gestión del Mantenimiento (Llanes, Hernández, Betancourt, Lara, & Fernández, 2006)

- Evaluación del desempeño de los proveedores (Osorio, Herrera, & Adrián, 2008)
- Gestión de Proveedores empleando números difusos (Herrera & Osorio, 2006)
- Creación de un ranking de productos en entidades turísticas (Corzo, Perdomo, Bofill, & Bonamusa, 2009)
- Predicción de la calidad del agua. (Vergara & Gayoso, 2008)
- Selección de máquinas de control numérico empleando números difusos (Durán & Aguilo, 2006)
- Selección de un reactor nuclear para México (Campo, 2007)
- Evaluación de alternativas para la mejora de terminales ferroviarias fronterizas de transporte de mercancías (Mataix, Ponce, González, & Carrasco, 2006)

En la vida del AHP es posible distinguir tres etapas. La primera corresponde al desarrollo y lanzamiento durante la década del setenta; la segunda a la que se puede considerar de apogeo, se inicia en 1980 con la presentación del libro Saaty (1980) y se extiende hasta el 1988, con una gran cantidad de científicos trabajando de uno u otro modo para fortalecer el método; finalmente la última, de conflicto, se inicia aproximadamente en el 1989.

Las aplicaciones del AHP son muchas. Desde el nivel empresarial hasta la administración pública (Forman & Gass, 1999), (Saaty, 2008). No obstante como se expresaba con anterioridad, existen una serie de críticas contra el AHP, lo que provocó que muchas adecuaciones fuesen realizadas para solventar esta situación. Dentro de las principales anomalías del AHP se encuentran:

- Estructura jerárquica del proceso de decisión
- Valoración de las preferencias
- Normalización
- Agregación
- Reversión de rangos

En (Zanazzi, 2003) se encuentra un extenso estudio sobre estos problemas del AHP solamente nos referiremos a un punto fundamental; la valoración de las preferencias.

Aquí las críticas fundamentales vienen referidas a la factibilidad de emplear comparaciones por pares, y a los errores de medición. La primera de ellas fue refutada por los trabajos de Saaty, Vargas y Wendell (Saaty, Vargas, & Wendell, 1983), (Saaty, 1995), aunque no fueron totalmente aceptados por la comunidad científica. Para representar los errores inevitables en las observaciones el propio Saaty (Saaty, 1977) emplea los conjuntos difusos. Posteriormente (Laarhoven & Pedrycz, 1983) y (Buckley, 1985) realizan una extensión para lidiar con la imprecisión y la subjetividad de la comparación por pares mediante el empleo de números difusos triangulares o trapezoidales. De esta manera trata de resolver la segunda crítica. No obstante, estas respuestas trajeron consigo problemas adicionales provocados por el hecho de que para priorizar las asignaciones difusas, éstas necesitan ser comparadas y ranqueadas. Este proceso puede resultar ligeramente complejo y arrojar resultados indeseables dados por: (a) requerimientos computacionales considerables, (b) salidas de ranqueo inconsistentes para diferentes enfoques de ranqueo y (c) salidas de ranqueo no intuitivas bajo determinadas circunstancias (Bortolan & Degani, 1985), (Zimmermann, 1987), (Chen & Hwang, 1992) y (Deng & Yeh, 1998).

Para facilitar el proceso de comparación por pares y evitar el complejo y poco fiable proceso de comparación de utilidades difusas, (Deng, 1999) propone un enfoque de análisis multicriterial para resolver de forma efectiva los problemas con datos cualitativos.

El procedimiento de Hepu Deng posee las siguientes características:

1. Expresa las evaluaciones subjetivas del decisor y emplea números difusos triangulares en el proceso de comparación por pares.
2. Aplica el concepto Análisis Extendido Difuso para resolver la matriz recíproca difusa y determinar la importancia de los criterios y la evaluación de la alternativa.
3. Emplea el concepto de $\alpha - corte$ para transformar la matriz de evaluación difusa, que representa la evaluación global de todas las alternativas con respecto a cada criterio, en una matriz de evaluación por intervalos. De esta manera evita el complejo y poco confiable

proceso de comparar utilidades difusas.

4. Incorpora además la actitud del decisor con respecto al riesgo mediante un coeficiente y obtiene un índice de evaluación global para cada alternativa considerando todos los criterios mediante el concepto de grado de similaridad a la solución ideal, empleando la función de coincidencia de vectores.

Como resultado, la carga cognitiva del decisor es grandemente reducida, la subjetividad y la imprecisión del proceso de evaluación es manejada adecuadamente y el complejo y poco fiable proceso de comparar utilidades difusas es evitado, resultando en decisiones efectivas para resolver problemas prácticos de análisis multicriterial.

La presente investigación hace uso del método propuesto por Hepu Deng, pues resulta innovador y es capaz de dar soluciones difusas que consideran tanto la precisión de las asignaciones en las comparaciones por pares como las diferentes actitudes del decisor con respecto al riesgo. Esto permite determinar la solución que presenta el comportamiento más robusto, es decir, aquella que arroja los mejores resultados a pesar de cuán acertadas o no sean nuestras ponderaciones o cuál sea nuestra actitud frente al riesgo.

1.5. Conclusiones parciales

1. El cambio está siempre presente en nuestro entorno, y por tanto debemos prepararnos para afrontarlo y hacer de él un vehículo para alcanzar estándares superiores.
2. Diseñar nuestros procesos para hacerlos más eficientes, eficaces, efectivos y adaptables es la tarea de la Mejora de Procesos.
3. La búsqueda bibliográfica arrojó la existencia de varios modelos de mejora de procesos. El modelo propuesto por (Pons & Villa, 2006) resulta seleccionado para emplearlo como metodología para la mejora del proceso objeto de estudio.
4. En todos los modelos los momentos de toma de decisiones constituyen puntos críticos, donde una gran cantidad de criterios, indicadores y ponderaciones objetivas y/o subjetivas deben ser consideradas.

5. Las técnicas empleadas para decidir resultan inadecuadas para manejar la incertidumbre provocada por la subjetividad propia de las decisiones humanas, la imprecisión en las ponderaciones y en las escalas de medición así como de la actitud del decisor con respecto al riesgo.
6. Se reconoce el método AHP de Saaty como una herramienta de análisis multicriterial efectiva y de extensa aplicación práctica. No obstante se presentaron las principales críticas que se le realizan y se incluye el método propuesto por (Deng, 1999) como extensión del AHP, que trata de eliminar las deficiencias planteadas.
7. Se selecciona el método de (Deng, 1999) para la toma de decisiones multicriteriales dentro de la metodología para la mejora de procesos, tomando en consideración que evita el efecto de las críticas señaladas al método de Saaty.

Capítulo 2

Procedimiento para la Mejora de Procesos y la toma de decisiones con múltiples criterios

2.1. Introducción

Para acometer una mejora de procesos se deben seguir una serie de pasos estructurados, los cuales generalmente, se resumen en un procedimiento. Este capítulo presenta el procedimiento para la Mejora de los Procesos propuesto por (Pons & Villa, 2006) seleccionado en el capítulo anterior, que incluye una breve descripción, desde la perspectiva teórica, de las herramientas que se propone emplear en cada uno de sus pasos. Se hace fundamental énfasis en el Análisis Multicriterial (AM) mediante el Proceso de Jerarquía Analítico Difuso (PJAD) con la extensión propuesta por (Deng, 1999).

2.2. Procedimiento para la Mejora de Procesos

El procedimiento para la Gestión por Procesos que a continuación se propone, ver Anexo 5, es el resultado de las experiencias y recomendaciones de prestigiosos autores en esta esfera, tales como; (Juran & Blanton, 2001), (Cantú, 2001) y (Pons & Villa, 2006).

El procedimiento que se presenta ha sido elaborado tomando como referencia el Ciclo Gerencial Básico de Deming, el cual se muestra en el Anexo 6, además se tuvo en cuenta el enfoque 6 sigmas de mejora DMAIC (Define, Measure, Analysis, Improve, Control) y los siguientes aspectos:

- Naturaleza de la actividad (¿Brinda valor agregado?)
- ¿Cuáles son las exigencias del cliente en relación con la actividad?
- ¿Cómo se realiza la actividad?
- ¿Cuáles son sus problemas?
- ¿Qué soluciones existen para tales problemas? ¿Cómo puede ser mejorada la actividad?
¿Qué tipo de cambio se requiere? ¿Incremental o radical?

Este procedimiento se organiza en cuatro (4) etapas básicas, referidas a la identificación, caracterización, evaluación y mejora del proceso, cada una de ellas con su correspondiente sistema de actividades y herramientas para su diseño y ejecución, que se presentan en la Tabla 2.1. La aplicación adecuada y completa de este procedimiento de Gestión por Procesos, exige la observancia de las tres condiciones básicas siguientes:

- Utilización de herramientas empleadas frecuentemente en el campo de la calidad.

Se requiere el empleo de recursos y técnicas que faciliten la recopilación y el análisis de los datos sobre toda actividad, con vistas a identificar las áreas problemáticas que merecen un tratamiento diferenciado.

- Registro documental del proceso.

El registro documental está constituido por datos e informaciones sobre el trabajo, de forma descriptiva, estadística y gráfica con el fin de documentar las actividades, así como las conclusiones de la evaluación y las propuestas de recomendación.

- Ejecución del trabajo en equipo.

La aplicación correcta de este procedimiento permite controlar los factores humanos, técnicos y administrativos que puedan afectar el desempeño de las actividades así como prevenir, reducir y eliminar las deficiencias de calidad. Se busca con ello que las organizaciones, tanto orientadas a las funciones, como a los procesos, sean capaces de superar la complejidad derivada del crecimiento y del aislamiento de los grupos de interés ¹.

¹Constituidos por los denominados “participantes” en los procesos de la organización (implicados), cuyas opiniones

Tabla 2.1: Aspectos esenciales del Procedimiento para la Gestión por Procesos

ETAPA	ACTIVIDAD	PREGUNTA CLAVE	HERRAMIENTAS
1 Identificar el Proceso	1) Definición de los procesos organizacionales	¿Qué procesos sustentan el cumplimiento del propósito estratégico?	Trabajo de grupo, Consulta a expertos Reuniones participativas Documentación descriptiva del proceso (Descripción del Macro proceso/ Mapa General)
	2) Selección de los procesos claves	¿Cuáles de ellos significan salidas directas a los clientes?	
2 Caracterizar el Proceso	1) Descripción del contexto	¿Cuál es la naturaleza del proceso?	Documentación descriptiva del proceso Datos históricos, Reuniones participativas, Trabajo de grupo
	2) Definición del alcance	¿Para qué sirve?	Discusión de grupo (involucrados en el proceso), Documentación del proceso
	3) Determinación de requisitos	¿Cuáles son los requisitos? (Clientes, Proveedores...)	Reuniones participativas, Documentación del proceso, Mapeo de procesos (SIPOC)
3 Evaluar el Proceso	1) Análisis de la situación	¿Cómo está funcionando actualmente el proceso?	Mapeo de procesos, Hoja de verificación, Histogramas, Documentación de procesos, Encuestas
	2) Identificación de problemas	¿Cuáles son los principales problemas del proceso?	Diagrama de Pareto, Diagramas y Matrices Causa-Efecto, Estratificación Gráficos de Control, 5Ws y 2Hs, Documentación de procesos, Encuestas
	3) Levantamiento de soluciones	¿Dónde y cómo puede ser mejorado el proceso?	Brainstorming, GUT, Técnica de grupos nominales, Votación grupal, Documentación de procesos
4 Mejorar el Proceso	1) Elaboración del proyecto	¿Cómo se organiza el trabajo de mejora?	Ciclo PHVA, 5Ws y 2Hs, Documentación de procesos, Técnicas de presentación asertiva de proyectos
	2) Implantación del cambio	¿Cómo se hace efectivo el rediseño del proceso?	Hoja de Verificación, Histograma, Diagrama de Pareto, Gráficos de Control, 5Ws y 2Hs, Diagrama Causa-Efecto, Documentación del proceso
	3) Monitoreo de resultados	¿Funciona el proceso de acuerdo con los patrones?	Ciclo PHVA, Matriz Causa-Efecto, GUT, FMEA, Reuniones participativas, Metodología de solución de problemas, Documentación del proceso

Fuente: (Pons & Villa, 2006)

2.2.1. Descripción del procedimiento de Gestión por Procesos

Etapa I: Identificación de procesos

Tiene esta etapa como objetivo fundamental la identificación de los procesos de la organización

se deben tener en cuenta en el análisis de los mismos. Conformados por los clientes, proveedores, directivos, empleados, acreedores, inversores, gobierno y la comunidad organizada.

como punto de partida para su desarrollo y mejora. Está dirigida fundamentalmente a aquellos procesos claves o críticos de los cuales depende la efectividad en el cumplimiento de su propósito estratégico.

Las organizaciones realizan decenas de procesos interfuncionales, de los cuales se seleccionan unos pocos procesos claves o críticos.

Identificación de los Procesos Críticos (claves) de la empresa

Son aquellos procesos que son necesarios para dirigirla. En una organización coexisten dos tipos de procesos:

- Procesos Simples (organizados a lo largo de las líneas funcionales; son subprocesos).
- Procesos Interfuncionales (son los que fluyen horizontalmente a través de varias funciones o departamentos).

Las Organizaciones realizan decenas de procesos interfuncionales; de estos de seleccionan unos pocos procesos claves. Entre los aspectos que deben tenerse en cuenta para seleccionar procesos claves o críticos se encuentran: su impacto en el cliente, su rendimiento, impacto sobre la empresa, así como sobre el trabajo propiamente. Básicamente se puede asegurar que existen variados métodos para la identificación de procesos (Harrington, 1993).

Enfoques Empleados para la Selección de Procesos Críticos:

- Enfoque Total.
- Enfoque de Selección Gerencial.
- Enfoque Ponderado de Selección.
- Enfoque con Información.

Etapas II: Caracterización del Proceso

En esta etapa se pretende hacer una presentación de los procesos identificados, detallando los mismos en términos de su contexto, alcance y requisitos. El primer elemento (Descripción del

contexto), pretende dar respuesta a la pregunta, ¿Cuál es la naturaleza del proceso?

Para llegar a conocer un proceso en su totalidad es preciso especificar:

- La esencia (asunto) de la actividad
- Los actores involucrados en la actividad (gerente, ejecutores, clientes internos y externos, proveedores)
- El resultado (producto o servicio) esperado del proceso
- Los límites de la operación: ¿Dónde comienza? (entradas) y ¿Dónde termina? (salidas)
- Las interfaces con otros (¿Cómo el proceso interacciona con otros procesos?)

El segundo elemento (Definición del alcance), trata de responder la pregunta, ¿Para qué sirve el proceso?, esclareciendo su Misión y la Visión a lograr. La idea consiste en destacar la intención y la importancia de la actividad, permitiéndose inclusive cuestionarla en cuanto a su necesidad.

En el tercer elemento (Determinación de requisitos) es necesario analizar cuáles son:

- Los requisitos del cliente (exigencias de salida). Las demandas de los clientes de la actividad esclareciendo adecuadamente el producto final que estos esperan.
- Los requisitos para los proveedores (exigencias de entrada). Las demandas del proceso (en cantidad y calidad), indispensables para obtener un producto o servicio que satisfaga al cliente.

Sin duda alguna, es fundamental que se establezca una comunicación directa, positiva y efectiva entre los responsables de la actividad (gerente y ejecutores), los clientes y los proveedores.

El producto final esperado de esta etapa de caracterización del proceso, es un documento que permite entender y visualizar de manera global en qué consiste el mismo. El mapeo del proceso permitirá visualizar cada una de las operaciones (subprocesos) involucradas, de manera aislada o interrelacionadas. Este flujo detallado dejará clara la trayectoria de la actividad desde su inicio hasta su conclusión.

Etapa III: Evaluación del proceso

En ella se requiere evaluar el proceso haciendo un estudio minucioso de la actividad en cuanto a su situación actual, los problemas existentes y las alternativas de solución.

En el cuarto componente (Análisis de la situación), se necesita responder la pregunta, ¿Cómo está funcionando actualmente la actividad?

Para realizar un examen profundo del trabajo es necesario:

- Conversar con los clientes.
- Recopilar datos y obtener información relevante sobre el comportamiento del proceso.
- Obtener una visión global de la actividad.

En el quinto componente (Identificación de problemas), la pregunta a responder es; ¿Cuáles son los principales problemas que generan la inestabilidad del proceso impidiendo satisfacer adecuadamente las necesidades y expectativas de los cliente?. Para ello se considera importante definir los puntos fuertes y débiles de la actividad, especificando:

- ¿El qué está bien? (Éxito)
- ¿El qué está mal? (fracaso)
- ¿El por qué de cada una de estas situaciones?

Dando un adecuado uso a los datos e informaciones obtenidas será posible detectar y caracterizar las causas responsables de las fallas y de los resultados indeseados. En el sexto componente (Levantamiento de soluciones) debe trabajarse en las respuestas a las preguntas: ¿Dónde y cómo puede ser mejorado el proceso?, lo que engloba:

- El examen de posibles alternativas, para que se listen algunas ideas que podrán resolver el problema.
- La discusión con lo(s) proveedor(es) y lo(s) cliente(s) con la presentación de las diferentes propuestas.
- Obtención de la concordancia entre todos los comprometidos, sobre el mejor curso de acción posible.

El producto final esperado de esta etapa de evaluación del proceso es un documento que permita entender y visualizar, de manera adecuada, tanto el funcionamiento del proceso como sus puntos críticos y las soluciones indicadas para resolverlos.

Etapa IV: Mejoramiento del proceso

En esta etapa se pretende planear (elaborar), implantar y monitorear, permanentemente, los cambios para garantizar la calidad de la actividad.

El séptimo componente (Elaboración del proyecto), busca responder la pregunta: ¿Cómo se hace efectivo el rediseño del proceso? Se realiza para hacer efectivo el cambio poniendo en acción una nueva secuencia de trabajo que obedece a un proceso rediseñado según las indicaciones propuestas en el proyecto de mejora. En el caso que sea considerado conveniente, inicialmente, puede adoptarse un procedimiento de carácter experimental, que consiste en:

- Realizar un proyecto piloto.
- Observar, controlar y evaluar la experiencia implantada.
- Realizar la implantación definitiva como consecuencia de los resultados positivos obtenidos.

El noveno componente (Monitoreo de resultados), se dirige a responder la pregunta, ¿Funciona el proceso de acuerdo con los patrones? Consiste en verificar si el proceso está funcionando de acuerdo con los patrones establecidos a partir de las exigencias de los clientes, mediante la identificación de las desviaciones y sus causas así como la ejecución de las acciones correctivas. Este monitoreo del proceso es permanente y forma parte de la rutina diaria de trabajo de todas las personas que participan en el proceso, siempre sobre la base del Ciclo Gerencial Básico de Deming. (PHVA) La ejecución de esta actividad abarca algunas tareas indispensables que precisan ser bien desempeñadas destacándose las siguientes:

- Preparación y utilización de esquemas / instrumentos adecuados para medir el desempeño de la actividad, tales como: Planes de Control, la evaluación de la capacidad del proceso y las matrices Causa-Efecto.
- La recopilación permanente de las informaciones sobre el desempeño del proceso.

- La identificación de posibles fuentes de problemas caracterizando las causas raíces, de inestabilidad.
- La ejecución de acciones para prevenir y corregir las desviaciones que ocasionan las disfunciones del proceso que afectan su correcto y normal funcionamiento.

El producto esperado de esta etapa de mejora del Proceso es un documento que contiene el registro del proyecto de mejora, su implantación y las consecuencias del monitoreo continuo de los resultados del trabajo.

2.2.2. Herramientas para la Mejora de los Procesos

Una descripción más detallada de éstas y otras herramientas las ofrecen (Ishikawa, 1988), (Juran & Blanton, 2001), (Cantú, 2001), (Pulido & Vara Salazar, 2004), (Pons & Villa, 2006) y en el Anexo 1 del presente documento.

La adecuada implantación del procedimiento para la Gestión de Procesos descrita en el epígrafe 2.2, exige la aplicación de un conjunto de herramientas para la recopilación y el análisis de datos sobre las actividades, con vistas a identificar las áreas problemáticas que representan el mayor potencial de mejoramiento de los procesos. En la Tabla 2.1, se mostraron las principales herramientas que se emplean en la Gestión de Procesos, considerando las etapas y actividades en que deben ser utilizadas las mismas en este procedimiento.

En particular, por la importancia que reviste su empleo en la mejora de los procesos, se describirá en el Anexo 7 la Metodología de Solución de Problemas utilizando un enfoque que describe las actividades que deben desarrollarse mediante el trabajo en equipo.

Diagrama SIPOC (Juran & Blanton, 2001; Cantú, 2001; Pulido & Vara Salazar, 2004; Pons & Villa, 2006)

Una de las herramientas fundamentales que posibilitan el comienzo de una gestión por procesos es el diagrama SIPOC. Esta herramienta usada en la metodología seis sigma, es utilizada por un equipo para identificar todos los elementos relevantes de un proceso organizacional antes de que el trabajo comience. Ayuda a definir un proyecto complejo que pueda no estar bien enfocado. El

nombre de la herramienta incita a un equipo considerar a los suministradores (la “S” en el SIPOC) del proceso, de las entradas (la “I” en el SIPOC), del proceso (la “P” en el SIPOC) que su equipo está mejorando, de las salidas (la “O” del SIPOC), y de los clientes (la “C”) que reciben las salidas del proceso. Los requerimientos de los clientes se deben añadir al final del SIPOC con la letra “R” para detallar totalmente el proceso.

La herramienta SIPOC es particularmente útil cuando no está claro:

- ¿Quién provee entradas al proceso?
- ¿Qué especificaciones se plantean a las entradas?
- ¿Quiénes son los clientes verdaderos del proceso?
- ¿Cuáles son los requerimientos de los clientes?

Matriz Causa - Efecto (Juran & Blanton, 2001; Cantú, 2001; Pulido & Vara Salazar, 2004)

La Matriz Causa-Efecto es muy efectiva en el diseño y desarrollo de nuevos productos y servicios basados en el cliente. Este tipo de diagrama facilita la identificación de relaciones que pudieran existir entre dos o más factores, sean estos: problemas, causas, procesos, métodos, objetivos, o cualquier otro conjunto de variables. Una aplicación frecuente de este diagrama es el establecimiento de relaciones entre requerimientos del cliente y características de calidad del producto o servicio, también permite conocer en gran medida el nivel de impacto entre las diferentes variables de entrada y salida de un proceso.

La Matriz de Causa- Efecto es una matriz sencilla que enfatiza la importancia de entender los requerimientos de los clientes. Sencillamente relaciona las entradas del proceso con las características críticas de calidad (Critical to Quality, CTQ), mediante el uso del mapa del proceso como una fuente primaria. Los resultados esperados de la aplicación de esta herramienta son:

- Un análisis Pareto de las entradas claves a considerar en el Análisis de los Modos de Fallos y sus Efectos (FMEA) y en los planes de control.
- Una definición de las variables que deben ser sometidas a un estudio de capacidad en las diferentes etapas del proceso.

Análisis de los Modos de Fallos y sus Efectos (FMEA) (Juran & Blanton, 2001; Pulido & Vara Salazar, 2004; Pons & Villa, 2006)

Es un procedimiento para reconocer y evaluar los fallos potenciales de un producto / proceso y sus efectos. Consiste en la identificación de las acciones que podrían eliminar o reducir la ocurrencia de los fallos potenciales, así como documentar el proceso. El FMEA juega un papel fundamental en la identificación de los fallos antes de que estos ocurran, es decir, posibilita la aplicación de acciones preventivas.

Objetivos del FMEA

- Identificar los modos de fallos potenciales y ponderar la severidad de sus efectos.
- Evaluar objetivamente la ocurrencia de las causas y la capacidad de detectar su ocurrencia.
- Eliminar las deficiencias potenciales del producto y/o proceso.
- Eliminar los riesgos durante la utilización del producto y/o proceso, mediante la prevención de los problemas.

Tormenta de ideas (Pulido & Vara Salazar, 2004; Juran & Blanton, 2001; Cantú, 2001)

La tormenta de ideas es una técnica de grupo para la generación de ideas nuevas y útiles, que permite, mediante reglas sencillas, aumentar las probabilidades de innovación y originalidad. Esta herramienta es utilizada en las fases de identificación y definición de proyectos, en el diagnóstico de las causas y su solución. La tormenta de ideas (Brainstorming) es, ante todo, un medio probado de generar muchas ideas sobre un tema. Es un medio de aumentar la creatividad de los participantes. Normalmente, las listas de ideas resultantes contienen mayor cantidad de ideas nuevas e innovadoras que las listas obtenidas por otros medios. Los errores más comunes son: 1) utilizar este tipo de generación de ideas como un sustituto de los datos y, 2) la mala gestión de las sesiones, ya sea a causa del dominio del tema de una sola o unas pocas personas para la presentación de ideas, o por la incapacidad del grupo para juzgar y analizar hasta que la lista de ideas se termine. Es muy recomendable seguir las siguientes reglas prácticas:

1. Los participantes harán sus aportaciones por turno.
2. Sólo se aporta una idea por turno.
3. Si no se da una idea en un turno, se tiene otra oportunidad en la siguiente vuelta.

4. No se dan explicaciones sobre las ideas propuestas

Planes de control (Pons & Villa, 2006)

El plan de control es una herramienta enfocada a mantener de manera planificada, precisa, estipulada y controlada, cualquier actividad o proceso ya sea productivo o de servicio, para que el mismo funcione de forma efectiva y no ocurran fallas que puedan afectar los resultados esperados por los clientes internos y externos. El objetivo fundamental del plan de control es preservar el desempeño y los resultados del proceso a través de las medidas planteadas.

Los planes de control están orientados a:

- Garantizar el cumplimiento de las características más importantes para los clientes.
- Minimizar la variabilidad de los procesos.
- Estandarizar los procesos.
- Almacenar información escrita.
- Describir las acciones que se requieren llevar a cabo para mantener el proceso con un desempeño eficiente, además de controlar sus salidas.
- Reflejar los métodos de control y medición del proceso.

Cuestionario 5Ws y 2Hs (Pons & Villa, 2006; Juran & Blanton, 2001)

Se emplea como guía para elaborar los planes de mejoramiento de la calidad. También puede emplearse en las sesiones de Tormenta de Ideas. Ver el Anexo 8 para mayor detalle.

Votación múltiple (Pulido & Vara Salazar, 2004; Juran & Blanton, 2001)

Esta técnica consiste en una serie estructurada de votaciones emitidas por un equipo y se utiliza para reducir una larga lista de temas a otra más manejable.

La misma se utiliza para realizar un rápido "tamizado de la lista", además de contar con un alto grado de consenso del grupo. Esta técnica tiende a eliminar la identificación personal con las ideas expresadas.

Gráficos (Pulido & Vara Salazar, 2004)

El objetivo principal de la utilización de gráficos es clasificar los datos complejos de la manera más

significativa posible para el observador.

¿Cómo seleccionar el tipo de gráfico a emplear? Hay que tener en cuenta que:

- Cuando se quiere comparar dos situaciones en el tiempo es más fácil de leer en gráficos de barras.
- Los porcentajes siempre se ven mejor en un gráfico circular.
- Los diagramas de flujo ilustran los procesos paso a paso.
- Los gráficos *PERT* visualizan la planificación, la secuencia y los puntos de control de los proyectos complejos, mostrando las fases como tareas paralelas.
- La gráfica lineal se emplea normalmente para representar los datos recogidos según se distribuyen en el tiempo. (Tiempo de parada de máquina, material desechado, errores de mecanografiado, productividad, etc.).

Análisis del campo de fuerzas (Pymes, 1996)

Se utiliza para ilustrar los pros y los contras relativos a un proyecto o situación de mejoramiento, mediante un análisis gráfico.

Realización del Análisis:

Sobre una recta horizontal que representa el proyecto, se dibujan flechas hacia arriba indicando todas las posibles fuerzas motivadoras o impulsoras, haciendo el tamaño de las flechas proporcional a la intensidad de las fuerzas que representan. Análogamente, se representan hacia abajo todas las posibles fuerzas restrictivas; basándose en el diagrama, el equipo puede empezar a formular una estrategia que tenga en cuenta estas fuerzas.

Histogramas (Pulido & Vara Salazar, 2004; Cantú, 2001)

Es un tipo especial de gráfico de barras que muestra visualmente la dispersión (distribución) de los datos de la medición de una variable y su tendencia. Además, es una instantánea de la capacidad del proceso y revela tres características del mismo:

- Centrado: Media de los valores del mismo.
- Distribución: Dispersión de las medias.

- Forma: Tipo de distribución.

Análisis matricial (Lefcovich, 2006)

Comparar grupos de categorías tales como operadores, vendedores, máquinas, proveedores y otros. Todos los elementos que se incluyan en una categoría determinada, deberán realizar el mismo tipo de actividad. El análisis de matrices es un diagrama de Pareto bidimensional.

Estratificación (Pulido & Vara Salazar, 2004; Cantú, 2001)

Se emplea para hallar el origen de un problema estudiando por separado cada uno de los componentes de un conjunto. A veces, al analizar por separado las distintas fuentes de datos se observa que la causa u origen de un problema está únicamente en una de ellas. Es por ello importante a la hora de analizar un problema, estratificar los datos por trabajador, máquina, proceso, proveedor, turno o cualquier otra causa del proceso.

La estratificación es importante en el análisis de datos para: gráficos de control, diagramas de Pareto e histogramas.

Gráficos de Control (Juran & Blanton, 2001; Pulido & Vara Salazar, 2004)

Un Gráfico de Control es un gráfico de líneas utilizado específicamente para realizar el seguimiento de la tendencia o el rendimiento de un proceso en marcha. Se realiza observando la forma en que la variación del proceso hace que fluctúe la línea de tendencias entre dos límites calculados estadísticamente. Estos límites de control se derivan estadísticamente de muestras de un proceso estable. No deben confundirse con los límites de especificaciones, que se determinan a partir de los requisitos del cliente. Los Gráficos de Control son herramientas muy útiles para el análisis y previsión del rendimiento de un proceso a la hora de determinar si:

1. El proceso está bajo control y por ello es estable.
2. Las acciones correctivas han mejorado el proceso.

Diagrama de dispersión (Pulido & Vara Salazar, 2004)

Un diagrama de dispersión es una herramienta que permite mostrar la relación existente entre dos variables (ambas variables deben ser continuas) sobre un gráfico de ejes coordenados X e Y. Se utiliza para:

- Mostrar con claridad si existe una relación, o correlación, entre dos variables.

- Determinar si la correlación es positiva - si X aumenta, Y también.
- Determinar si la correlación es negativa - si X aumenta, Y disminuye.
- Determinar si no existe correlación lineal - una variable no guarda ninguna relación lineal con la otra.

Planes de acción (mejora) (Pons & Villa, 2006)

Ésta consiste en elaborar un listado de las oportunidades de mejora y para cada una de ellas llenar un modelo como el que se presenta en la figura 2.1.

OPORTUNIDAD DE MEJORA _____						
META _____						
RESPONSABLE DEL PLAN GENERAL _____						
QUÉ	QUIÉN	CÓMO	POR QUÉ	DÓNDE	CUÁNDO	CUÁNTO

Figura 2.1: Modelo para documentar planes de acción

Fuente: (Villar Labastida, 2007)

Diagramas causa - efecto (Juran & Blanton, 2001; Cantú, 2001; Pulido & Vara Salazar, 2004; Pons & Villa, 2006)

Es una herramienta que se utiliza para formular teorías sobre causas en procesos de poca complejidad. Resulta útil para realizar una búsqueda organizada de las causas raíces que provocan los problemas de calidad. Cuando se trata de mejorar procesos gerenciales, cuya complejidad es mayor, o se debe trabajar con datos intangibles, se recomienda emplear las siete (7) herramientas gerenciales para la mejora de la calidad (Mizuno, 1988).

Herramientas para la toma de decisiones

Deben agregarse a esta lista de técnicas, las que pueden emplearse en el proceso de toma de

decisión, ya sea elegir el proceso que será mejorado, o la alternativa de mejora que debe ser implantada. En el epígrafe 1.4.1 del capítulo anterior se presentó un grupo de técnicas con una breve descripción de las mismas. También fue presentado el método de Saaty (AHP) (ver epígrafe 1.4.2) como alternativa para decidir considerando múltiples criterios. Además se introdujo la extensión al AHP propuesta por (Deng, 1999), que además de considerar la incertidumbre y la subjetividad de las ponderaciones, es capaz de incluir en el análisis la actitud con respecto al riesgo del decisor. Todo esto permite ampliar el método y evitar varios de los inconvenientes que se pueden presentar cuando se emplean matrices de comparaciones por pares difusas. A continuación se expondrá con mayor detalle esta variante del Proceso de Jerarquía Analítica.

2.3. Decisión Multicriterial con comparación por pares difusa

Esta sección desarrolla una variación al método de Jerarquía Analítica propuesto por (Saaty, 1980). La misma fue desarrollada por (Deng, 1999). Se expondrán los elementos principales, sin demostraciones, ni un exigente rigor matemático. Para estudiar en detalle, se deben consultar los artículos de (Yeh & Deng, 1997) y (Deng, 1999).

El problema general de decisión de Análisis Multicriterial (AM) usualmente consiste en (a) un número de alternativas, denotadas como A_i ($i = 1, 2, \dots, n$); (b) un conjunto de criterios de evaluación C_j ($j = 1, 2, \dots, m$); (c) asignaciones cualitativas o cuantitativas x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n$) ($j = 1, 2, \dots, m$) (expresando índices de desempeño) representando el desempeño de cada alternativa A_i con respecto a cada criterio C_j , principalmente para la determinación de la matriz de decisión para las alternativas, y (d) un vector de pesos $W(w_1, w_2, \dots, w_m)$ (expresando el peso de los criterios) representando la importancia relativa de la evaluación de los criterios con respecto al objetivo global del problema.

El procedimiento de ranqueo comienza con la determinación de la importancia de los criterios y el desempeño de la alternativa. Por medio de los números difusos triangulares definidos en la tabla 2.2. De esta manera se puede determinar una matriz recíproca difusa para la importancia de los criterios (W) o una para el desempeño de la alternativa con respecto a cada criterio (C_j), resultando:

Tabla 2.2: Números difusos empleados para realizar las valoraciones cualitativas

Número difuso	Función de pertenencia
1	(1,1,3)
x	(x-2,x,x+2) para x=3,5,7
9	(7,9,11)

Fuente: (Deng, 1999)

$$C_j \text{ o } W = \begin{pmatrix} \bar{a}_{11} & \bar{a}_{12} & \dots & \bar{a}_{1k} \\ \bar{a}_{21} & \bar{a}_{22} & \dots & \bar{a}_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{a}_{k1} & \bar{a}_{k2} & \dots & \bar{a}_{kk} \end{pmatrix} \quad (2.3.1)$$

donde:

$$\bar{a}_{ls} = \begin{cases} \bar{1}, \bar{3}, \bar{5}, \bar{9}, & l < s \\ 1, & l = s \\ \frac{1}{\bar{a}_{sl}}, & l > s \end{cases} \quad l, s = 1, 2, \dots, k; k = m \text{ o } n \quad (2.3.2)$$

Con la aplicación del Análisis del Grado Difuso en 2.3.1 los correspondientes pesos de los criterios (w_j) o los índices de desempeño de la alternativa (x_{ij}) con respecto a un criterio específico C_j pueden ser determinados como:

$$x_{ij} \text{ o } w_j = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{a}_{ls}}{\sum_{l=1}^k \sum_{s=1}^k \bar{a}_{ls}} \quad (2.3.3)$$

donde $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$ y $k = m$ o $k = n$ dependiendo de si se emplea la matriz recíproca de juicios o los pesos de los criterios. Como resultado, se puede obtener la matriz de decisión (X) y el vector de pesos (W) como:

$$C_j \text{ o } W = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix} \quad (2.3.4)$$

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_m) \quad (2.3.5)$$

donde los x_{ij} representan las valoraciones de desempeño difusas resultantes de la alternativa A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) con respecto a cada criterio C_j y w_j es el peso difuso resultante de cada criterio

C_j ($j = 1, 2, \dots, m$) con respecto al objetivo global del problema.

La matriz de desempeño difusa 2.3.6 representando el desempeño global de todas las alternativas con respecto a cada uno de los criterios, puede entonces ser obtenida, multiplicando el vector de los pesos por la matriz de decisión. Las operaciones aritméticas de estos números difusos están basadas en la Aritmética de Intervalos (Kaufmann & Gupta, 1985).

$$Z = \begin{pmatrix} w_1x_{11} & w_2x_{12} & \dots & w_mx_{1m} \\ w_1x_{21} & w_2x_{22} & \dots & w_mx_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1x_{n1} & w_2x_{n2} & \dots & w_mx_{nm} \end{pmatrix} \quad (2.3.6)$$

Empleando un α - *corte* en la matriz de desempeño 2.3.6, puede obtenerse una matriz de desempeño por intervalos 2.3.7, donde $0 \leq \alpha \leq 1$. El valor de α representa el grado de confianza del decisor en sus valoraciones difusas referente a los índices de las alternativas y el peso de los criterios. Mientras mayor sea el valor de α , mayor confianza posee el decisor, es decir, que sus valoraciones están más cerca al valor más posible a_2 del número difuso triangular (a_1, a_2, a_3) .

$$Z_\alpha = \begin{pmatrix} (z_{11l}^\alpha, z_{11r}^\alpha) & (z_{12l}^\alpha, z_{12r}^\alpha) & \dots & (z_{1ml}^\alpha, z_{1mr}^\alpha) \\ (z_{21l}^\alpha, z_{21r}^\alpha) & (z_{22l}^\alpha, z_{22r}^\alpha) & \dots & (z_{2ml}^\alpha, z_{2mr}^\alpha) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (z_{n1l}^\alpha, z_{n1r}^\alpha) & (z_{n2l}^\alpha, z_{n2r}^\alpha) & \dots & (z_{nml}^\alpha, z_{nmr}^\alpha) \end{pmatrix} \quad (2.3.7)$$

Se incorpora el Índice de Optimismo λ , que expresa la actitud del decisor en relación con el riesgo.

Luego mediante 2.3.8 puede calcularse una matriz crisp de desempeño global 2.3.9:

$$Z_{ij\alpha}^\lambda = \lambda Z_{ijr}^\alpha + (1 - \lambda) Z_{ijl}^\alpha; \quad \lambda \in [0, 1] \quad (2.3.8)$$

$$Z_\alpha^\lambda = \begin{pmatrix} z_{11\alpha}^\lambda & z_{12\alpha}^\lambda & \dots & z_{1m\alpha}^\lambda \\ z_{21\alpha}^\lambda & z_{22\alpha}^\lambda & \dots & z_{2m\alpha}^\lambda \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{n1\alpha}^\lambda & z_{n2\alpha}^\lambda & \dots & z_{nm\alpha}^\lambda \end{pmatrix} \quad (2.3.9)$$

En la práctica se emplean los valores de $\lambda = 0$, $\lambda = 0,5$ y $\lambda = 1$, los cuales representan una actitud pesimista, moderada y optimista, respectivamente, del decisor. Un decisor optimista tiende a preferir valores elevados de sus valoraciones difusas, mientras que uno pesimista, tiende a favorecer valores pequeños. Para facilitar el proceso de igualdad de vectores, es recomendable un proceso de

normalización (cambio de escala) en 2.3.9 para cada criterio mediante 2.3.10 , resultando la matriz de desempeño normalizada 2.3.11 :

$$Z_{ij\alpha}^{\lambda} = \frac{Z_{ij\alpha}^{\lambda'}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n Z_{ij\alpha}^{\lambda'}^2}} \quad (2.3.10)$$

$$Z_{\alpha}^{\lambda} = \begin{pmatrix} z_{11\alpha}^{\lambda} & z_{12\alpha}^{\lambda} & \dots & z_{1m\alpha}^{\lambda} \\ z_{21\alpha}^{\lambda} & z_{22\alpha}^{\lambda} & \dots & z_{2m\alpha}^{\lambda} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{n1\alpha}^{\lambda} & z_{n2\alpha}^{\lambda} & \dots & z_{nm\alpha}^{\lambda} \end{pmatrix} \quad (2.3.11)$$

Los conceptos de Mejor Solución Posible $A_{\alpha}^{\lambda+}$ (Zeleny, 1982) y Peor Solución Posible $A_{\alpha}^{\lambda-}$ (Hwang & Yoon, 1982), pueden ser determinados seleccionando los valores máximo y mínimo para todas las alternativas con respecto a cada criterio mediante la aplicación de 2.3.12 . Respectivamente ellas representan el mejor y el peor resultado de todas las alternativas, a través de todos los criterios.

$$\begin{aligned} A_{\alpha}^{\lambda+} &= (Z_{1\alpha}^{\lambda+}, Z_{2\alpha}^{\lambda+}, \dots, Z_{m\alpha}^{\lambda+}) \\ A_{\alpha}^{\lambda-} &= (Z_{1\alpha}^{\lambda-}, Z_{2\alpha}^{\lambda-}, \dots, Z_{m\alpha}^{\lambda-}) \end{aligned} \quad (2.3.12)$$

donde

$$\begin{aligned} Z_{j\alpha}^{\lambda+} &= \text{máx}(Z_{1j\alpha}^{\lambda}, Z_{2j\alpha}^{\lambda}, \dots, Z_{mj\alpha}^{\lambda}) \\ Z_{j\alpha}^{\lambda-} &= \text{mín}(Z_{1j\alpha}^{\lambda}, Z_{2j\alpha}^{\lambda}, \dots, Z_{mj\alpha}^{\lambda}) \end{aligned} \quad (2.3.13)$$

Aplicando la función de igualdad de vectores, puede ser calculado el grado de similaridad entre cada alternativa y la solución ideal positiva $S_{i\alpha}^{\lambda+}$ o la solución ideal negativa $S_{i\alpha}^{\lambda-}$, respectivamente, mediante:

$$S_{i\alpha}^{\lambda+} = \frac{A_{i\alpha}^{\lambda} A_{\alpha}^{\lambda+}}{\text{máx}(A_{i\alpha}^{\lambda} A_{i\alpha}^{\lambda}, A_{\alpha}^{\lambda+} A_{\alpha}^{\lambda+})} \quad (2.3.14)$$

$$S_{i\alpha}^{\lambda-} = \frac{A_{i\alpha}^{\lambda} A_{\alpha}^{\lambda-}}{\text{máx}(A_{i\alpha}^{\lambda} A_{i\alpha}^{\lambda}, A_{\alpha}^{\lambda-} A_{\alpha}^{\lambda-})} \quad (2.3.15)$$

donde $A_i^{\lambda\alpha} = (Z_{i1\alpha}^{\lambda}, Z_{i2\alpha}^{\lambda}, \dots, Z_{im\alpha}^{\lambda})$ es la i -ésima fila de la matriz de desempeño global 2.3.11, representando el desempeño correspondiente a la alternativa A_i $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ para cada criterio C_j $j = (1, 2, \dots, m)$; mientras mayores sean los valores resultantes en 2.3.14 y 2.3.15, mayor será el grado de similaridad entre cada alternativa y la solución ideal positiva o la solución ideal negativa, respectivamente (Yeh & Deng, 1997).

Una alternativa deseable será aquella que posea un mayor grado de similaridad con la solución ideal positiva, y a la misma vez, un menor grado de similaridad con la solución ideal negativa. Por tanto,

puede determinarse un Índice de Desempeño Global (IDG) para cada alternativa, de manera que considere el nivel de confianza del decisor (α) en sus valoraciones difusas y el grado de optimismo con respecto al riesgo (λ), mediante:

$$P_{\alpha i}^{\lambda} = \frac{S_{i\alpha}^{\lambda+}}{S_{i\alpha}^{\lambda+} + S_{i\alpha}^{\lambda-}} \quad (2.3.16)$$

Mientras mayor sea el valor del índice, más deseable será la alternativa. A continuación se resumen los pasos necesarios para aplicar el procedimiento descrito:

1. Formular el problema de decisión como un problema de análisis multicriterial e identificar la estructura jerárquica del mismo.
2. Determinar la matriz de decisión 2.3.4 mediante 2.3.1-2.3.3 empleando el método AHP basado en los números difusos definidos en la tabla 2.2.
3. Obtener el vector de pesos 2.3.5 mediante 2.3.1-2.3.3 empleando el método AHP basado en los números difusos definidos en la tabla 2.2.
4. Determinar la matriz de desempeño difusa 2.3.6 multiplicando la matriz de decisión obtenida en el Paso 2 por el vector de pesos calculado en el Paso 3.
5. Obtener la matriz de desempeño por intervalos 2.3.7 utilizando el $\alpha - corte$ en la matriz de desempeño determinada en el Paso 4
6. Determinar la matriz crisp de desempeño 2.3.9 incorporando la actitud con respecto al riesgo del decisor, representada por el coeficiente de optimismo λ .
7. Calcular la matriz de desempeño normalizada 2.3.11, mediante 2.3.10.
8. Determinar la solución ideal positiva y la solución ideal negativa mediante 2.3.12 y 2.3.13.
9. Calcular el grado de similaridad entre cada alternativa y la solución ideal positiva y la solución ideal negativa mediante 2.3.14 y 2.3.15
10. Determinar el Índice de Desempeño Global (IDG) para cada alternativa mediante 2.3.16.
11. Ranquear las alternativas en orden descendente por su correspondiente valor del IDG.

2.3.1. Integración con el procedimiento de Gestión por Procesos

La integración del método AHP modificado por (Deng, 1999) con el Procedimiento para la Mejora de Procesos (MMP) propuesta por (Pons & Villa, 2006), constituye el objetivo principal de esta investigación.

Como se había expuesto con anterioridad dentro del MMP existen dos momentos fundamentales de toma de decisión. Estos constituyen los puntos donde el Equipo de Mejora de Procesos (EMP) debe elegir el camino a seguir. Para ello se cuenta con información, que en la mayoría de las situaciones reales, son de carácter cualitativo y donde la subjetividad es un componente principal. Por lo tanto, el decisor debe contar con una herramienta lo suficientemente eficaz para manejar la incertidumbre y que de alguna manera le permita incorporar su estado de ánimo en el momento de decidir.

El método AHP, ampliamente validado, constituye una herramienta potente para decidir con múltiples criterios o atributos. Por otra parte, el empleo de números difusos para modelar incertidumbre o variables de tipo lingüísticas ha dado excelentes resultados en la práctica. Es por esta razón principal que el método de (Deng, 1999) ha sido considerado para que el EMP tome las decisiones correctas.

En cualquiera de los dos momentos de decisión ya comentados, *el primer paso* lo constituye determinar una lista de criterios o atributos, los cuales serán los medios para preferir una alternativa sobre otra. Este listado contendrá tantos elementos como el EMP considere convenientes, estos serán de tipo cuantitativo (siempre que sea posible) y cualitativo (incluye indicadores lingüísticos). A continuación se presentan dos listas con posibles criterios a emplear en el momento de decisión correspondiente.

Elegir el proceso a mejorar

Basada en los enfoques gerencial y ponderado.

1. *Impacto en el cliente.*
2. *Susceptibilidad al cambio.*

3. *Desempeño.*
4. *Impacto en la empresa.*
5. *Deseo de la gerencia.*

Elegir la alternativa de mejora a implementar

Resultado de una simbiosis entre las técnicas UTI, QFD, Matriz de Acciones Correctivas y Matriz de Selección de Temas.

1. *Urgencia:* Tiempo disponible en comparación con el necesario para realizar acciones de mejora.
2. *Tendencia:* Consecuencias de tomar la acción sobre la situación.
3. *Impacto:* Incidencia de la acción o actividad que se está analizando en los resultados de la gestión, en determinada área, producto o servicio.
4. *Eficacia:* se refiere a la medida en que la acción correctiva (alternativa de mejora) será eficaz a la hora de reducir o eliminar la causa originaria a la que está ligada.
5. *Viabilidad:* se refiere al método práctico, o como se llevará a cabo la acción correctiva.
6. *Impacto en el cliente.*
7. *Necesidad de Mejora.*
8. *Impacto Medioambiental.*

El segundo paso será comenzar con el método de (Deng, 1999).

El tercer y último paso será seleccionar el proceso a mejorar o la alternativa de mejora a implantar, en dependencia de en cuál momento de decisión se encuentre el EMP. Luego se continuará con la secuencia correspondiente, en cada caso, de la MMP.

2.4. Conclusiones parciales

1. El procedimiento de Gestión de Procesos fue elaborado tomando como base el modelo gerencial de Deming y la filosofía DMAIC, de los Programas de Mejora 6 SIGMAS, así como los aspectos orientados a la mejora continua para la satisfacción del cliente, con sus herramientas asociadas.
2. La aplicación correcta del procedimiento diseñado para la Gestión por Procesos exige de la utilización de herramientas de la calidad, el empleo de registros documentales del proceso y la ejecución del trabajo en equipo.
3. El método propuesto por (Deng, 1999) permite tomar decisiones con múltiples atributos, mediante un secuencia de once (11) pasos bien detallados, de manera que la subjetividad, la incertidumbre y la actitud del decisor con respecto al riesgo puedan ser cuantificadas.
4. Mediante el seguimiento de tres (3) pasos fundamentales, la MMP propuesta por (Pons & Villa, 2006), en sus dos momentos esenciales de decisión puede hacer uso del método de (Deng, 1999) para que el EMP tome la mejor decisión posible en cada caso.

Capítulo 3

Validación del procedimiento en el proceso de Glucosa Enzimática

3.1. Introducción

En el presente capítulo se hace una descripción de la empresa objeto de estudio y la validación del procedimiento expuesto en el anterior capítulo haciendo uso de algunas de las herramientas aplicadas en la Gestión de Procesos, que ya se explicó anteriormente, las cuales posibilitan una mejor Gestión del Proceso de Glucosa Enzimática, logrando un eficiente desempeño del mismo y un mejoramiento en la gestión del día a día.

3.2. Caracterización de la Empresa Glucosa y Derivados del Maíz

En Diciembre de 1976 y por decisión del Ministerio de la Industria Alimenticia se constituye un grupo de trabajo con el motivo de crear la unidad económica, que tendría la finalidad de ejecutar el proceso inversionista de la FÁBRICA DE GLUCOSA, con el objetivo de producir esta materia prima, para la producción de caramelos y la exportación de Glucosa a países del CAME, siendo una fuente de entrada de divisas al país, aunque nunca pudieron lograrse estas operaciones.

Esta Unidad Económica Inversionista, se oficializa el 21 de Enero de 1977 en las oficinas del antiguo Matadero de Cienfuegos, contratándose la fábrica a la firma sueca Alfa Laval y DDS KROYER de Dinamarca, como consta en el contrato CI-143-75 suscrito por el organismo Construcción Industrial, correspondiendo la ejecución a la Brigada Termoeléctrica, Obras Varias de la Empresa No. 6 de Obras Industriales, concluyéndola en Julio del año 1980 en conmemoración del Asalto al Moncada y al II Congreso del Partido Comunista de Cuba. La asistencia técnica extranjera comienza oficialmente a trabajar en Septiembre de 1977.

Finalmente el 11 de Diciembre de 1979 según la Resolución No. 157 quedó fundada la Empresa Glucosa Cienfuegos, siendo en ese momento única de su tipo en América Latina.

Esta planta fue concebida, para realizar producciones fundamentales superiores a las 25 000 toneladas anuales, cifra que no se ha podido alcanzar en los 29 años que lleva de puesta en marcha, siendo la causa fundamental la falta de maíz, materia prima importada, desde Canadá, Argentina, África del Sur, Argelia y en los últimos dos años desde EEUU.

Fue a finales de la década de los 80, donde se materializaron los mayores resultados productivos, por ejemplo, en 1989 se fabricaron 7 000 toneladas de Glucosa Ácida dado que el Almidón se comenzó a producir en el año 91 pues anteriormente no estaba concebido entre los surtidos.

Y al inicio del 2002 se comienzan a realizar las conversaciones analizando la posibilidad de que la Empresa pasara del MINAL al MINAZ, con el objetivo de producir Glucosa Enzimática como materia prima para la fabricación de Sorbitol en la Planta de Camagüey, valorando mejores posibilidades de adquisición de la materia prima fundamental buscando la posibilidad de una posible exportación.

Dicho proceso ocasionó que para el año 2002 no se aprobaran cifras planificadas para realizar las producciones hasta tanto no se definieran el paso de un Ministerio a otro, lo cual no se materializó hasta el 2 de abril del año 2002 que pasara oficialmente al MINAZ con subordinación al Grupo Empresarial de Alimentos (GEMA).

El Objeto Social, plantea: *“Comercialización mayorista de productos alimenticios derivados del maíz; Glucosa, Almidón de Maíz y otros derivados”*.

Localización de la Empresa Glucosa y Derivados del Maíz.

La Empresa Glucosa y derivados del maíz se encuentra localizada en la Zona Industrial # 2 del Reparto Pueblo Griffo, municipio y provincia de Cienfuegos, ubicada exactamente en los 22° 08' 40" de latitud Norte y los 80° 26' 30" de longitud Oeste, tiene personalidad jurídica propia y se subordina al Grupo Empresarial Agroindustrial de dicha provincia perteneciente al Ministerio de la Industria Azucarera.

Estructura organizativa.

Las direcciones funcionales de la organización atienden las siguientes esferas internas:

Dirección Técnica Productiva.

- Producción de los diferentes surtidos (Planta de Almidón, Planta de Glucosa, Planta de Mezclas Secas y Planta de Pienso).
- Tratamiento de residuales.
- Generación de energía.
- Normalización, Metrología y Control de la Calidad.
- Mantenimiento industrial.
- Ciencia y Técnica.

Dirección Económica.

- Planificación, Estadística y Precios.
- Contabilidad y Costos
- Finanzas
- Control e Información

Dirección de Recursos Humanos.

- Recursos Laborales.
- Sistemas de pago.
- Perfeccionamiento Empresarial.
- Seguridad y Salud.
- Atención al hombre.
- Capacitación.
- Servicios Generales.

Dirección de Mercado.

- Almacenamiento de productos terminados.
- Grupo de Investigación y desarrollo.
- Comercialización y negocios.
- Cuentas por cobrar.
- Venta.
- Distribución.

Dirección de Aseguramiento.

- Aseguramiento Técnico Material.
- Almacenamiento de materias primas y materiales
- Transporte automotor.
- Mantenimiento automotor.

Jornada Laboral.

La empresa desarrolla su trabajo de forma continua, es decir, las 24 horas del día, los 365 días del año en los regímenes de turno siguiente:

- Turnos de producción: Régimen de cuarta brigada de 8 horas.
- Brigada de servicio de cocina: 2 brigadas que trabajan 12 horas/ turno durante 3 días y descansan 3 días.
- Brigada de Gastronomía: 3 turnos rotativos de 12 horas/ turno, trabajando 9 días y descansando 3 días.

3.2.1. Planeación Estratégica de la empresa Glucosa y derivados de Maíz.**Misión.**

La Empresa Glucosa, Cienfuegos, se dedica a la Producción y Comercialización de productos alimenticios, materias primas y materiales para diferentes procesos industriales y productos alimenticios, en una amplia gama de surtidos para la alimentación humana y animal, con calidad, eficiencia y agilidad en los procesos, contando con personal especializado y de experiencia y dirigido hacia la plena satisfacción de nuestros clientes, preservando el Medio Ambiente.

Visión.

Somos una empresa próspera, diversificada, líder en el mercado nacional y competitivo en el mercado internacional.

Principios que rigen la organización

1. Buscar alternativas para incrementar el valor agregado a todas nuestras producciones, procurando satisfacer necesidades de alimentos humano y animal.
2. Producir bajo la premisa de que la calidad y el costo sean competitivos.
3. Cumplimentar la legislación ambiental vigente.

4. Llevar a cabo la capacitación de la fuerza laboral y de dirección que garantice la eficiencia y la calidad del proceso productivo.
5. Lograr la participación de los trabajadores en el proceso productivo para incrementar su eficiencia de manera que los resultados obtenidos en la producción permitan su desarrollo y mediante la retribución, elevar los ingresos de nuestros trabajadores y así aumentar su calidad de vida.
6. Los esquemas productivos y de comercialización propiciarán el desarrollo de las producciones diversificadas, estimulación y motivación de los hombres que la realizan.

3.2.2. Caracterización del entorno.

A continuación se resumen las debilidades, amenazas, fortalezas, y oportunidades.

ANÁLISIS INTERNO

FORTALEZAS

1. Contar con la única línea de producción de su tipo en el país.
2. La empresa se encuentra finalizando el proceso de perfeccionamiento.
3. Preparación técnica y profesional del Consejo de Dirección.
4. Calidad de nuestras producciones.
5. Capacidad para realizar producciones alternativas, así como producciones de goma que sustituyen importaciones.
6. Personal técnico con buena calificación.
7. Contar con una capacidad instalada en la industria para satisfacer las demandas del Mercado.
8. Contar con respaldo científico técnico en el sistema MINAZ y otras instituciones.
9. Incremento en el nivel de Importancia del sector.

DEBILIDADES

1. Tecnología atrasada.
2. Falta de estabilidad en la producción.
3. Falta de capacitación de los recursos humanos.
4. Falta de recursos materiales, para la producción, venta y mantenimientos.
5. Malas condiciones en que se encuentra el parque de transporte.
6. Falta de inversiones significativas en el proceso tecnológico.
7. No existen estrategias de Marketing.
8. No contamos con un laboratorio de calidad certificado, ni el personal que en él trabaja.
9. Funcionamiento deficiente de la planta de residuales sólidos.
10. Producciones fundamentales no rentables.
11. Insuficiente explotación de la capacidad potencial instalada.
12. Deterioro de parte de las instalaciones industriales.
13. Alta fluctuación de la fuerza de trabajo, debido fundamentalmente a la competencia desleal con otras empresas del territorio con ofertas más tentadoras.
14. Bajo nivel de ingresos de los trabajadores.
15. Alto Tiempo Perdido en el proceso industrial.
16. Deficiencias del sistema de aseguramiento de la calidad.

ANALISIS EXTERNO

OPORTUNIDADES

1. Demanda creciente e insatisfecha de nuestras producciones.
2. Creciente desarrollo del sector turístico.

3. Ubicación geográfica de nuestra empresa.
4. Aumento del poder adquisitivo de la población.
5. Decisión del país de fortalecer la recuperación de la industria y sus derivados y muy en particular, la producción de alimentos.
6. Garantía de mercado.
7. Condiciones externas favorables para créditos y financiamientos.
8. Cooperación con otros organismos del Estado.
9. Integración del país al ALBA.

AMENAZAS

1. La contratación con los proveedores extranjeros, como consecuencia del bloqueo y presiones internacionales.
2. Manejo de nuestras finanzas en moneda convertible por el GEA (MINAZ).
3. Aumento del precio de las materias primas fundamentales como consecuencia de la crisis económica mundial.
4. Calidad de la materia prima fundamental (maíz).
5. Difícil adquisición de piezas de repuesto.
6. Sostenido aumento de los precios externos de otros insumos, equipos y piezas.
7. Posibilidad de egresos de fuerza de trabajo hacia la zona de desarrollo económica de la provincia.
8. Indisciplina laboral y social en el país.

Gestión de la calidad

Política de La Calidad

Nuestra empresa tiene como prioridad lograr la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes

mediante mejoras continuas de las producciones y los servicios de acuerdo con las exigencias del mercado, establecer un estilo de negociación que implique garantía de calidad, cantidad y plazos de entrega y una correcta política de capacitación y estimulación de los trabajadores para lograr el máximo compromiso de los mismos en el logro de este fin.

Objetivos de la Calidad

Los objetivos de la Calidad trazados permiten la materialización de la política de calidad y están integrados a los Objetivos Generales de Trabajo para mejorar el desempeño de la Organización. Los mismos están orientados a mejorar el control de los factores técnicos, administrativos y humanos que afectan la calidad de los servicios que realiza, guiándolos hacia la reducción, eliminación y prevención de las no conformidades y hacia la obtención de la satisfacción de los clientes. Son cuantificables y coherentes con la Política de calidad.

Los objetivos se revisan mensualmente para chequear su cumplimiento, en el marco del consejo de Dirección y los resultados se reflejan en las actas y son los siguientes:

1. Lograr la certificación del Sistema de Gestión de la Calidad por la norma NC-ISO-9000: 2000 en Diciembre del 2009.
2. Garantizar el 100 % del aseguramiento metro-lógico de los medios de medición, así como su calibración y reparación.
3. Implementar trimestralmente la evaluación del estado motivacional de los trabajadores.
4. Chequear trimestralmente el cumplimiento del plan de capacitación de la Entidad.
5. Implementar un plan de actividades y efectuar asambleas anuales de los Comités de la Calidad en el mes de noviembre.
6. Completar toda la documentación normativa necesaria para nuestros productos y servicios.
7. Realizar un análisis mensual acerca del comportamiento del Sistema de Gestión de la Calidad que le permita a la Dirección de la Empresa la toma de decisiones.
8. Presentar las experiencias de la implantación del Sistema de Gestión de la Calidad en el Fórum de Ciencia y Técnica.

3.3. Aplicación del procedimiento

En la aplicación del procedimiento se trabajó con el comité de expertos de la empresa e implicados directamente en el proceso seleccionado, siendo esto un elemento que facilitó la correcta aplicación de las técnicas y herramientas asociadas con dicho procedimiento.

Etapa I: Identificación del Proceso

Para el desarrollo de esta actividad, existen varios enfoques para la identificación de los procesos claves, pero la aplicación de esos enfoques está en dependencia de la situación de cada empresa. Hay empresas donde nunca se ha realizado un estudio de sus procesos, en este caso se debe identificar todos los procesos de la empresa y después identificar los claves. Por otra parte hay empresas donde ya tienen definidos todos sus procesos incluso los claves, en este caso se debe seleccionar cuál es el proceso crítico a estudiar. Para el caso de estudio, la Empresa Glucosa ya tiene identificados los procesos claves, debido a un estudio realizado anteriormente.

Para la selección del proceso crítico a gestionar, se aplicó el Método de Saaty (AHP). Las alternativas corresponden a los tres procesos claves de la empresa y los criterios de selección considerados por el equipo de mejora fueron:

- Cantidad de Quejas del Cliente.
- Incumplimiento del Plan de Producción.
- Bajo Margen de Utilidad.

Las matrices de comparaciones por pares, la prueba de consistencia de las mismas y el resultado final del método se presentan en el Anexo 9. Como se puede constatar en el mismo, es el proceso de producción de Sirope de Glucosa Enzimática el seleccionado para aplicar el procedimiento de gestión por procesos que se propuso en el capítulo anterior.

Etapa II: Caracterización del Proceso

La caracterización del proceso de Sirope de Glucosa Enzimática se realizó mediante el empleo de la herramienta SIPOC, cuyos resultados se exponen de manera resumida en el Anexo 10 y se explican a continuación.

3. Descripción del Contexto

a) La esencia de este proceso es para producir el sirope de glucosa enzimática del almidón refinado de Maíz. En forma general se puede decir que sometiendo una suspensión de almidón en agua a una hidrólisis ácida, el almidón contenido en la suspensión se transforma en glucosa.

b) El producto esperado de este proceso es Glucosa Enzimática que es una materia prima para la fabricación de Sorbitol en la Planta de Camagüey.

c) El proceso de glucosa enzimática tiene como entradas y salidas fundamentales las siguientes:

Entradas del proceso:

- Maíz.
- Enzima Termamil y AMG.
- Vapor.
- Carbonato de sodio.
- Ácido Clorhídrico.
- Carbón.
- Agua Sulfurosa.
- Portadores Energéticos.
- Tierra de infusión.

Salidas del proceso:

- Carbón.
- Tierra de infusión.
- Glucosa Enzimática.
- Gluten.
- Germen.
- Forraje.
- Licor de Remojo.

d) Las salidas, forraje y germen son materias primas para la planta de pienso que es uno de los productos derivados de la glucosa.

e) Los actores más destacados e involucrados en este proceso son los siguientes:

Gerente: Director Técnico de Producción.

Ejecutores: Jefe de producción, Tecnólogo, Mecánico y Eléctrico de Turno, Técnico de Laboratorio.

El proveedor de este proceso está constituido por:

Proveedores del proceso:

- Alimport.
- Comercializadora del MINAZ.
- La Empresa Electroquímica de Sagua.
- Planta de Dióxido de Azufre.
- Empresa Eléctrica.
- Acueducto y Alcantarillado.
- Empresa Distribuidora de Petróleo.
- Sala de Generación de Vapor.

El cliente de este proceso es:

- La fábrica de Sorbitol de Camagüey

4. Definición del alcance

La situación internacional que experimenta el mundo actual, dada fundamentalmente por las nuevas estrategias tomadas por los países desarrollados de utilizar alimentos como el maíz, el trigo, y otros alimentos como materia prima fundamental para la obtención de combustibles, todo esto trae consigo el aumento de los precios de nuestra materia prima fundamental. No obstante la empresa tiene la obligación de contribuir a la batalla de la “sustitución de importaciones” que libera el país desde hace muchos años. El proceso de obtención de Glucosa Enzimática, en su condición de proceso crítico, contribuye notablemente a este objetivo.

La **Misión:** de este proceso es producir el Sirope de Glucosa Enzimática del Almidón Refinado de Maíz cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos con el cliente.

3. Determinación de Requisitos

a) Como requerimientos fundamentales del cliente y medidores del desempeño del proceso se pueden establecer los siguientes:

- PH de 4.3-4.8.
- Brix 65-68.
- Un Equivalente de Dextrosa de 92-98.
- Un contenido de SO_2 de más de 25 ppm.
- Color de patrón tres como el máximo.
- Olor Característico.
- Sabor Característico.
- Aspecto transparente o ligeramente opalescente.

b) Las demandas del proceso o requisitos para los proveedores básicamente son:

- Maíz Yellow 1 o Maíz Plata.
- La humedad del grano 15 %.
- La humedad del maíz después del secado 12 %.
- Vitalidad, germinación 55 %.
- Materias extrañas y dañinas 0.2 %.
- El olor tiene que ser característico del maíz en grano.

Antes de comenzar a evaluar el proceso se hace necesario visualizar de manera global en que consiste el mismo, lo cual se ha llevado a cabo utilizando la técnica diagrama de bloques del proceso que se presenta en el Anexo 11 y a continuación se presenta una descripción sintetizada del mismo.

Mapeo del Proceso Investigativo.

Subproceso: Recepción de maíz.

El maíz llega a la fábrica por medio de camiones, que inicialmente se pesan por medio de una

báscula, la cual registra el peso de estos antes y después de la descarga. El maíz es volteado hacia un embudo de relleno y de aquí mediante un sistema de transportadores horizontales es distribuido hacia los Silos de Almacenamiento que poseen un Volumen de 446 m^3 correspondiente a una capacidad de almacenaje de 60 Toneladas.

Subproceso: Limpieza del maíz.

Objetivo principal: Asegurar que el maíz al salir de la sección de limpieza no contenga en su seno materias extrañas, como son piedras, tusas, polvo etc. Esta limpieza asegurará una óptima operación en las diferentes etapas del proceso de fabricación de almidón y siropes en sus dos variantes. Por este motivo la sección de limpieza de maíz está equipada con un sistema de diferentes dispositivos que juntos aseguran un resultado más eficiente.

Subproceso: Remojo o Maceración.

El objetivo del remojo del maíz es el cambio de la estructura y las propiedades físico-químicas del endospermo, la extracción de las sustancias solubles. El remojo de maíz influye no solamente en las operaciones tecnológicas posteriores, sino también en el rendimiento y la calidad de los productos. .

Subproceso: Molinación y separación.

El objetivo de la molinación del maíz es la separación de los gérmenes del endospermo y la obtención de una parte del almidón.

Subproceso: Lavado y de desaguado de germen y Fibras.

El lavado y de desaguado de germen y fibras tienen el objetivo de dejar las fibras y germen limpias quitándole las partículas de almidón que arrastren.

Subproceso: Refinación del almidón.

El proceso de refinación de almidón tiene el objetivo de separar las proteínas insolubles presentes en la lechada de almidón, realizando la limpieza final en un sistema de separación de tres etapas de lavado con agua fresca.

Subproceso: Conversión.

El objetivo de este proceso es transformar el almidón en una mezcla de azúcares, utilizando para ello la acción catalizadora de 2 enzimas sobre esa reacción y la aplicación de temperatura y presión, ocurriendo la reacción.

Subproceso: Refinación.

El almidón siempre contiene una pequeña cantidad de impurezas: proteínas, el agua del servicio que contiene impurezas y productos de la reversión que se forma durante la hidrólisis. Todas estas impurezas es necesario separarlas y esa separación o purificación se logra en el proceso de refinación.

El proceso de refinación incluye:

- a) Separación mecánicas (centrifugación y filtración).
- b) Decoloración.
- c) Deionización.

Los primeros dos procesos se realizan siempre, pero la deionización sólo en los casos que se requiera de acuerdo con el destino final del producto, por ejemplo, cuando se va a fabricar sirope de fructosa, o como materia prima para la producción de Sorbitol.

Subproceso: Concentración.

Tiene como objetivo concentrar la solución de hidrolizado procedente de la refinación hasta aproximadamente un 65 % de materia seca, lo cual utiliza una instalación de triple efecto con concentrador final, la cual trabaja con vapor de calderas y vahos del primero y segundo efectos.

Etapa III: Evaluación del proceso

6. Análisis de la situación actual.

Para comprender la situación actual fue necesario, en primer lugar, hacer una entrevista al cliente, lo que sirvió como un diagnóstico inicial de las variables de salida del producto. El resultado de esta entrevista se puede ver en el Anexo 12, diagnóstico inicial de las variables de salida del producto final. En cuanto a la prioridad en el proyecto, ésta tiene una valoración entre 1 y 5, siendo 5 la más alta prioridad y 1 la más baja prioridad.

También como una parte del análisis de la situación actual se hizo un estudio de la capacidad y estabilidad/desempeño del proceso de las variables críticas de la calidad a mejorar para el producto terminado, según el resultado de la entrevista al cliente. Este estudio se hizo utilizando los datos del producto final del período de enero hasta diciembre del 2008, a través de la ayuda de los gráficos de control, histograma e índices de capacidad/desempeño, que fueron procesados mediante el sistema de software *Statgraphics Centurion XV*.

Las características de calidad seleccionadas para realizar el estudio, en correspondencia con lo planteado, fueron:

- El contenido de dióxido de azufre (SO_2) por PPM.
- El contenido de Almidón.

También se hizo un estudio del volumen de producción utilizando los datos de los últimos 4 años.

7. Identificación de problemas.

Después de llevar a cabo el análisis de la situación actual se detectó que hay problema con el volumen de producción. Este problema se puede apreciar en el Anexo 12 referente al diagnóstico inicial de las variables de salida del producto final, y también en las siguientes figuras 3.3 y 3.2 que muestra el volumen de producción planificado contra el real, el primero, y el segundo el porcentaje de cumplimiento de esta planificación para los últimos 4 años:

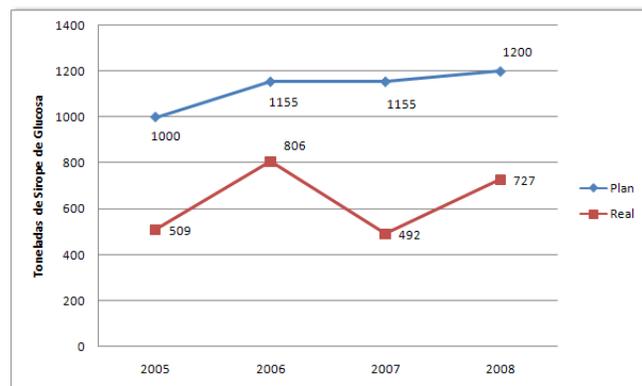


Figura 3.1: Plan y Real de la producción de Siropo de Glucosa (2005-2008)

Fuente: Elaboración propia

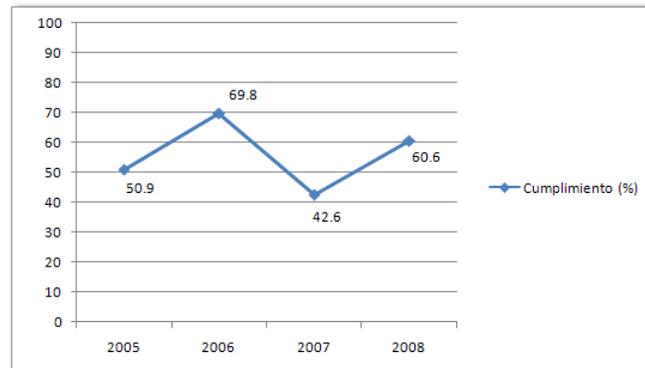


Figura 3.2: Porcentaje de cumplimiento de la producción de Sirope de Glucosa (2005-2008)

Fuente: Elaboración propia

Estudio de la Capacidad y la Estabilidad del proceso. En cuanto a la estabilidad de la variable de salida, Dióxido de Azufre, se puede ver en el Gráfico de Control de Valores Individuales que el proceso no fue operado de manera estable durante el período de estudio con un nivel de confianza de 95 %. Se llegó a esta conclusión porque se observa en el mismo que el punto 20 se sale del límite de control superior y este patrón expresa que hubo un cambio en el nivel promedio del proceso según los criterios de la Western Electric 1956. Ver Figura 3.3.

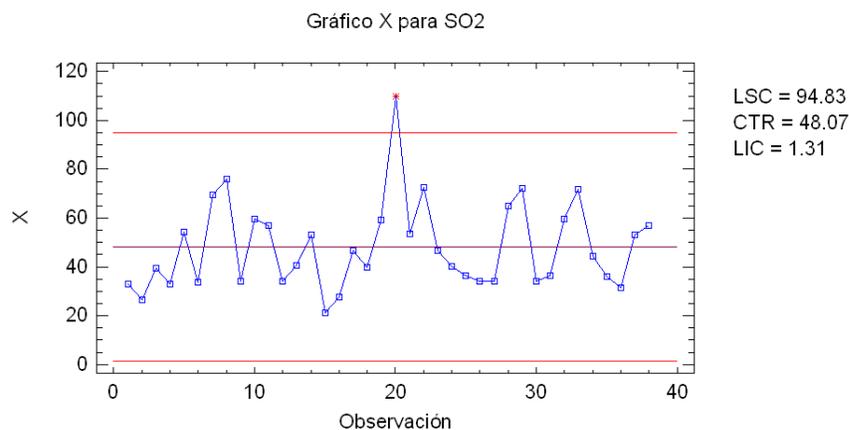


Figura 3.3: Gráfico de Control de Valores Individuales para el SO₂

Fuente: Elaboración propia

También se detectó en el gráfico de MR2 (Recorridos Móviles), Figura 3.4 que la variable de salida, Dióxido de Azufre, tuvo una variabilidad grande en el tiempo de estudio y este es un factor

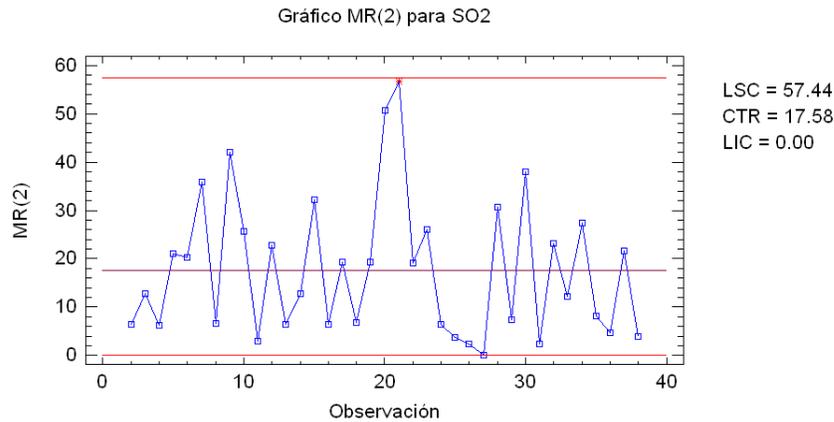


Figura 3.4: Gráfico de Control de Recorridos Móviles para el SO_2

Fuente: Elaboración propia

que puede tener muchas implicaciones para el proceso, a la hora de cumplir con el requerimiento de tener el contenido de dióxido de azufre menos de 25 ppm. Además de la gran variabilidad en la variable de la salida Dióxido de Azufre, se detectó en el gráfico de Recorridos Móviles un patrón inusual en el punto 21, este patrón fue un grupo de 2 de 3 puntos más allá del límite de 2 sigmas, todos del mismo lado de la línea central.

Índice de Inestabilidad

$$S_t = \frac{1}{38} 100 = 2,63 \%$$

Este valor de 2.63 % representa que el proceso es moderadamente estable.

En cuanto a la capacidad del proceso de cumplir con el requerimiento del contenido de dióxido de azufre, de acuerdo con los criterios del autor Humberto Gutiérrez Pulido (Pulido & Vara Salazar, 2004), el proceso no es capaz y no puede cumplir con ese requerimiento y es de categoría 4 por que el índice de capacidad potencial (Cpk) es -0.49. Este valor negativo de Cpk indica que la media del proceso está fuera de la especificación. Véase Anexo 13 sobre el análisis de la capacidad del proceso.

8. Levantamiento de soluciones

Levantamiento de soluciones para la baja productividad del Sirope de Glucosa Enzimática.

Después de haber identificado los problemas existentes en el proceso, se hizo un análisis de las causas y la determinación de las acciones correctivas. Este análisis se dividió en cinco pasos [tomado de (Villar Labastida, 2007)]:

- Preparación del diagrama causa-efecto.
- Preparación de las hipótesis y verificación de las causas más probables.
- Planteamiento de oportunidades de mejora y definición de prioridades.
- Definición de planes de acción para las prioridades decididas.
- Definición de planes de control para preservar los efectos de la mejora.

Preparación del Diagrama Causa-Efecto Se realizaron análisis de causa y efecto para determinar las causas posibles para la baja productividad del Sirope de Glucosa Enzimática. El diagrama de causa y efecto, que se muestran en el Anexo 14, fue construido en una sesión de tormenta de ideas del equipo de mejora, mediante el empleo de Microsoft Office Visio 2007.

El número de expertos (7) “equipo de mejora” se calculó mediante el empleo de un modelo binomial que se muestra en el Anexo 15.

Planteamiento de las hipótesis y verificación de las causas más probables El equipo de mejora (expertos) revisó las causas posibles y seleccionó las 6 causas más probables mediante una votación ponderada basada en el método de Análisis Multicriterial (AM) mediante el Proceso de Jerarquía Analítico (AHP) propuesta por (Saaty, 1980) (ver Anexo 16). Estas causas se enumeran en la Tabla 3.1.

Planteamiento de oportunidades de mejora y definición de prioridades

Se procedió a priorizar las oportunidades de mejora planteadas en la Tabla 3.1, utilizando el Método de Análisis Multicriterial (AM) mediante el Proceso de Jerarquía Analítico Difuso (PJAD) con la

Tabla 3.1: Principales causas determinadas mediante AHP

Causa probable (hipótesis)	Verificación de la causa	Oportunidad de mejora
Bombas de recirculación en el proceso de maceración limitada	Se cuenta con 4 bombas en vez de 11 que es la capacidad requerida	Ejecutar compras de Bombas de recirculación que permitan completar la capacidad requerida
El estado técnico de la pizarra no es adecuado	Debido a la rotura frecuente en el proceso productivo	Obtener los recursos materiales necesarios para ejecutar una reparación con la calidad requerida de la pizarra
Sistema de Instrumentación limitada	Falta de Equipos e instrumentos de Medición	Obtener los Equipos e instrumentos necesarios para completar el sistema de instrumentación
Desgaste en la bomba máster	Producto de bajo rendimiento en el proceso de conversión	Obtener los recursos materiales necesarios para ejecutar una reparación con la calidad requerida de la bomba máster
El estado técnico del transportador no es adecuado	Mediante observación y rotura frecuente	Obtener los recursos necesarios para mejorar el estado técnico
Deterioro mecánico en los reductores	Debido a la rotura frecuente en el proceso productivo	Obtener los recursos necesarios para ejecutar una reparación con la calidad requerida en los reductores

extensión propuesta por (Deng, 1999). El resultado de este método se puede ver en el Anexo 17 Para cada una de las oportunidades se evaluaron los siguientes criterios en una escala del 1 al 9:

- Urgencia: Tiempo disponible en comparación con el necesario para realizar acciones de mejora.
- Tendencia: Consecuencias de tomar la acción sobre la situación.
- Impacto: Incidencia de la acción o actividad que se está analizando en los resultados de la gestión, en determinada área, producto o servicio.
- Factibilidad: Se refiere a la media en que las acción correctiva será efectiva a menor costo a la hora de reducir o eliminar el problema.
- Viabilidad: Se refiere como se llevará a cabo la acción correctiva y su respectivo método practico, teniendo en cuenta costos y tiempos.

Las siguientes tres figuras presentan los resultados del método para distintos niveles de confianza ($0 \preceq \alpha \leq 1$) y una actitud pesimista ($\lambda = 0$), moderada ($\lambda = 0,5$) y optimista ($\lambda = 1$) frente al riesgo por parte del decisor, respectivamente.

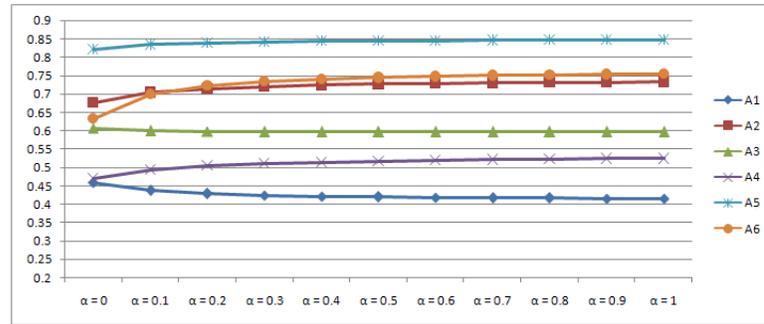


Figura 3.5: Valores del IGD para diferentes niveles de confianza α y una actitud **Pesimista** del decisor

Fuente: Elaboración propia

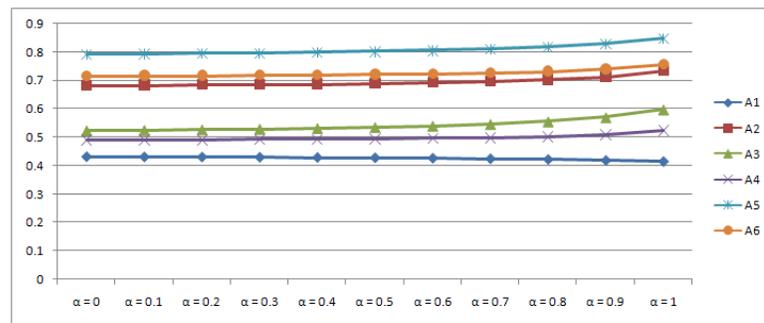


Figura 3.6: Valores de IGD para diferentes niveles de confianza α y una actitud **Moderada** del decisor

Fuente: Elaboración propia

De el análisis de estos gráficos se determinó que, para las diferentes actitudes con respecto al riesgo del decisor, la Alternativa 5 (A5), o sea, obtener los recursos necesarios para mejorar el estado técnico del transportador, resulta la que mejor Índice de Desempeño Global (IDG) presenta en todos los casos.

Se puede observar además que las alternativas (A2 y A6) poseen valores muy similares en cada uno de los gráficos y resultan las siguientes mejores alternativas en cuanto al indicador IGD.

Por tanto se decide, priorizar las primeras tres (3) oportunidades de mejora a los efectos de esta investigación, las cuales son:

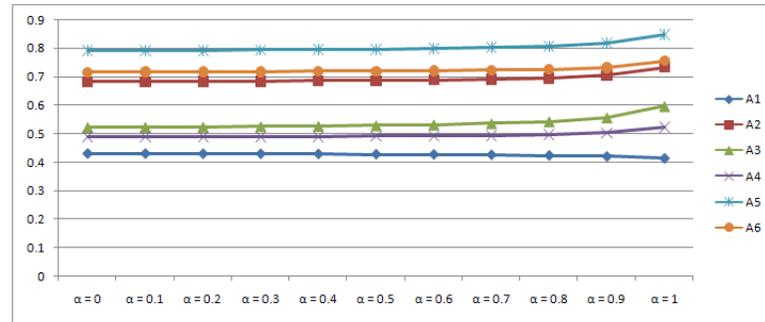


Figura 3.7: Valores de IGD para diferentes niveles de confianza α y una actitud **Optimista** del decisor

Fuente: Elaboración propia

1. Obtener los recursos necesarios para mejorar el estado técnico del transportador.
2. Obtener los recursos necesarios para ejecutar una reparación con la calidad requerida en los reductores.
3. Obtener los recursos materiales necesario para ejecutar una reparación con la calidad requerida de la pizarra eléctrica.

No obstante lo anterior, es importante señalar que el resto de los problemas objeto de priorización, constituyen todos oportunidades para mejorar el desempeño actual del proceso, lo cual implica que sean tenidos en cuenta para cualquier investigación futura o trabajo concreto, como parte del proceso de mejora continua, que persiga mejorar el funcionamiento real del proceso de obtención de Sirope de Glucosa Enzimática.

Levantamiento de soluciones para el alto contenido de dióxido de azufre en el Sirope de Glucosa Enzimática.

Este análisis se lleva a cabo utilizando las 4 primeras etapas de la metodología de solución de problemas Anexo 7.

1. Conocer el problema.

Este problema fue conocido en el análisis de la situación actual del proceso.

2. Plantear alternativas de solución.

En esta etapa existe dos alternativas, la primera (alternativa 1) es colocar un platillo de 32 mm en la torre #3 de la planta de azufre para la recirculación del agua de remojo. La segunda (alternativa 2) es evaporar la glucosa en el último paso por el evaporador a una temperatura de más de 90°C.

3. Analizar las alternativas de solución.

Llevar a cabo la primera alternativa tiene puntos de incidencia en los siguientes procesos:

- Molinacion.
- Lavadoras de Germen.
- Lavadoras de forraje.
- Lavadoras de fibra fina

El resultado de la aplicación de la alternativa 1 se puede generar las siguientes repercusiones:

- Un incremento en el índice de consumo de Maíz.
- Un aumento de las interrupciones tecnológicas en los secadores de germen y forraje.
- Un aumento del peligro de degradación de la lechada de almidón.

La repercusión al llevar a cabo la alternativa 2 es:

- Un aumento de la coloración de la glucosa.

4. Seleccionar la mejor alternativa de solución.

El equipo de mejora decidió seleccionar la alternativa 2 como la mejor alternativa porque tiene menos repercusiones. Sin embargo, como un aumento de la coloración de la glucosa podría convertirse en un problema de calidad, el equipo recomendó para el futuro cercano un diseño de experimentos con vistas a saber si hay una correlación entre la temperatura de evaporación, el contenido de dióxido de azufre y la coloración.

Etapa IV: Mejoramiento del proceso

Una vez identificadas las causas raíces que provocan los problemas priorizados, se procedió a la elaboración del proyecto de mejora.

9. Elaboración del proyecto

El proyecto fue organizado mediante planes de acción, haciendo uso de la técnica de las 5Ws y 2Hs (qué, quién, cómo, por qué, dónde, cuándo y cuánto). A través de estos planes se definieron, en forma ordenada y sistemática, las estrategias, procedimientos y/o actividades que se requieren para lograr las metas propuestas. Debido a que los planes de acción en su mayoría pueden realizarse con el personal de la organización, el costo asociado a los mismos corresponde principalmente al costo del tiempo invertido en su realización. En el Anexo 18 se muestra el plan de acción para la reparación del transportador.

3.4. Conclusiones Parciales

1. El empleo del método AHP permitió determinar qué proceso estudiar y cómo jerarquizar las oportunidades de mejora de este proceso.
2. Mediante el seguimiento de los pasos planteados en el procedimiento de Gestión por Procesos propuesto por (Pons & Villa, 2006) fue posible plantear posibles soluciones para los dos (2) problemas fundamentales de este proceso crítico.
3. La mejor Alternativa de Mejora para aumentar el volumen de producción del Sirope de Glucosa Enzimática fue determinada empleando el método AHP Difuso con la extensión propuesta por (Deng, 1999)
4. El Plan de Acciones para la reparación del transportador de maíz, como último paso de la aplicación del procedimiento de Gestión por Procesos, permitirá lograr la mejora del proceso.

CONCLUSIONES

Como resultado de las investigaciones teóricas y experimentales de este trabajo se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. Los métodos de toma de decisiones empleados con mayor frecuencia en la práctica, dentro de los procedimientos para la Gestión por Procesos, resultan poco adecuados para manejar la incertidumbre del proceso de decisión.
2. Es posible utilizar el AHP Difuso para resolver problemas reales de decisiones multicriteriales donde exista subjetividad.
3. La extensión al AHP propuesta por (Deng, 1999) permite modelar la subjetividad con el empleo de números difusos triangulares. Así como incorpora el nivel de confianza del decisor con respecto a su ponderaciones difusas y la actitud de este con respecto al riesgo.
4. La complementación e integración del AHP y el AHP Difuso dentro de la Gestión por Procesos permite tomar decisiones más acertadas en cada momento crítico de la Metodología para la Mejora.
5. La integración del AHP y el AHP Difuso dentro del Procedimiento para la Mejora de Procesos propuesto por (Pons & Villa, 2006), fue aplicada a el caso de estudio en la Empresa Glucosa y Derivados del Maíz.
6. Se presentaron dos listas de posibles criterios a considerar para evaluar las alternativas en los dos momentos fundamentales de toma de decisión dentro del Procedimiento de Gestión por Procesos.

7. Empleando AHP fué seleccionado el proceso de obtención de Sirope de Glucosa Enzimática como proceso a mejorar. Empleando esta misma técnica se jerarquizaron las seis (6) Oportunidades de Mejora más importantes.
8. El AHP Difuso con la extensión de (Deng, 1999) fue empleado para determinar la mejor alternativa de mejora del proceso obtención de Sirope de Glucosa Enzimática, considerando cinco (5) criterios.
9. La implementación en Excel del método propuesto por (Deng, 1999) permite realizar de forma automatizada los cálculos necesarios, tomar decisiones basadas en el comportamiento de diferentes gráficos que evalúan las alternativas, considerando el nivel de confianza en las ponderaciones difusas y la actitud con respecto al riesgo del decisor. Haciendo más útil el procedimiento propuesto.

RECOMENDACIONES

- Profundizar los estudios para la integración de las técnicas de la Toma de Decisiones Multicriteriales y la Gestión por Procesos.
- Continuar sistematizando el estudio Toma de Decisiones Multicriteriales en presencia de subjetividad e incertidumbre.
- Desarrollar Planes de Acción y de Control para el resto de las alternativas de mejora, que no fueron consideradas en esta investigación.
- Realizar un diseño de experimentos para comprobar la existencia o no de correlación entre la temperatura de evaporación, el contenido de dióxido de azufre y la coloración del Sirope de Glucosa.
- En futuras investigaciones aplicar el Procedimiento de Gestión por Procesos propuesto, a los demás procesos claves de la empresa.
- Considerar el método de Saaty, con o sin la variante propuesta por Hupu Deng, como herramienta para la toma de decisiones dentro de la gestión del día a día de la empresa.
- Valorar la posibilidad de crear una aplicación *stand-alone* a partir de los métodos programados en Excel.

BIBLIOGRAFÍA

- Bortolan, G., & Degani, P. (1985). A Review of some Methods for Ranking Fuzzy Subsets. *Fuzzy Sets and Systems*, 15, 20-31.
- Buckley, J. (1985). Ranking Alternatives Using Fuzzy Numbers. *Fuzzy Sets and Systems*, 15, 1-31.
- Calidad, C. (2000). *Las pymes colombianas en el camino hacia la excelencia*. Corporación Calidad, Bogotá. (230 p)
- Campo, A. B. y C. Martín del. (2007). Estudio de técnicas de agregación de indicadores para la selección de un nuevo reactor nuclear para México. En S. LAS/ANS (Ed.), *Simposio las/ans* (p. 538-554). XVIII Anual de la SNM.
- Cantú, H. (2001). *Desarrollo de una cultura de calidad*. Mc Graw-Hill. (332 p)
- Champy, J. (1995). *Reengineering Management: The Mandate for the New Leadership*. Harper Bussines, N.Y. (245 p)
- Chen, S., & Hwang, C. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer, New York.
- Corzo, Y., Perdomo, M., Bofill, A., & Bonamusa, I. (2009, Enero). *Propuesta metodológica para el ranking de productos en entidades turísticas*. (Universidad de Matanzas)
- Cáravez, Y. (2000). *Modelo para la mejora en procesos de servicios. experiencias en el hotel pasacaballo de la provincia cienfuegos*. Unpublished master's thesis, Universidad Central de las Villas. (90 p)
- Deng, H. (1999). Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*(21), 215-231.
- Deng, H., & Yeh, C. (1998). Fuzzy Ranking of Discrete Multicriteria Alternatives. En *Ieee second international conference on intelligent processing systems (icips'98)* (p. 344-348).
- Dorta, R. G. (2001). *Procedimientos para el mejoramiento de la calidad de la generación y el consumo de energía*. Unpublished doctoral dissertation, Universidad Central de Las Villas, Villa Clara.
- Durán, O., & Aguilo, J. (2006). Selección de máquinas de control numérico usando fuzzy ahp. *Espacios*, 27.

- Figuera, J., Greco, S., & Ehr Gott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis, State of the Art Surveys*. Springer, New York.
- Forman, E. H., & Gass, S. I. (1999). *The Analytic Hierarchy Process - An Exposition*. (Monografía)
- Harrington, H. J. (1993). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. Mc Graw-Hill. (309 p)
- Herrera, M., & Osorio, J. (2006). Modelo para la gestión de proveedores utilizando ahp difuso. *Estudios Gerenciales*(99), 69-88.
- Hwang, C., & Yoon, K. (1982). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer, Berlin.
- Imai, M. (1995). *Kaizen: la clave de la ventaja competitiva japonesa*. Continental S.A., México. (300 p)
- Ishikawa, K. (1988). *Qué es el control total de la calidad?. la modalidad japonés*. Ciencias Sociales, Cuba. (235 p)
- ISO9000. (2003). *Iso 9001: 2000 Quality Management System Design*. Artech House. (401 p)
- Juran, J., & Blanton, A. (2001). *Manual de calidad* (5 ed.). Mc Graw-Hill.
- Kaufmann, A., & Gupta, M. (1985). *Introduction to Fuzzy Arithmetic Theory and Application*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Laarhoven, P., & Pedrycz, W. (1983). A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory. *Fuzzy Sets and Systems, 11*, 229-241.
- Lefcovich, M. (2006, Abril). *Análisis matricial*. Monografía Digital. (Disponible en: <http://www.gestipolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/ger/valgescal.htm>)
- Lilrank, P., & Kano, N. (1989). *Continuous Improvement Quality Control in Japanese Industry*. Ann Arbor: University of Michigan, Center for Japanese Studies. (page 27)
- Llanes, A. A., Hernández, K., Betancourt, A. Y., Lara, B., & Fernández, W. (2006). Indicador general para la determinación del nivel de gestión del mantenimiento (ingm). www.mantenimientoplanificado.com.
- Mataix, C., Ponce, E., González, J., & Carrasco, J. (2006, Septiembre). *Metodología para la evaluación de alternativas para la mejora de terminales ferroviarias fronterizas de transporte de mercancías*. (X Congreso de Ingeniería de Organización)
- Mizuno, S. (1988). *Management for Quality Improvement: The New Seven Quality Tools*. Productivity Press. (240 p)
- Morales, J. (2000). *La gerencia se aprende*. Cámara de Comercio de Bogotá, Colombia. (100 p)
- Nascimento, A. A. (2007). *Aplicación de un procedimiento para la gestión del proceso de investigación en el departamento de ingeniería industrial de la universidad de cienfuegos*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Cienfuegos. (Trabajo de Diploma)

- Osorio, J., Herrera, M., & Adrián, M. (2008). Modelo para la evaluación del desempeño de los proveedores utilizando ahp. *Ingeiería y desarrollo*(23), 43-58.
- Pons, A., & Villa, E. (2006). *Gestión por procesos*. (272 p)
- Pons, R. (1994). *Investigación y elaboración de procedimientos para el mejoramiento de la calidad de la producción de partes, piezas y equipos*. Unpublished doctoral dissertation, Universidad Central de Las Villas, Villa Clara.
- Pulido, H. G., & Vara Salazar, R. de la. (2004). *Control estadístico de la calidad y seis sigma* (Primera ed.). Mc Graw-Hill. (636 p)
- Pymes, R. de Gestión para. (1996). *El análisis del campo de fuerzas* (Manual de Aplicación). RGPymes. (3p)
- Ramos, C. (1992). *Pedagogía da qualidade total*. Quality Mark, Rio de Janeiro.
- Ríos, M., García, J., & Corona, E. (2007). Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la evaluación y adquisición de viviendas de interés social. *Revista de Ingeniería Industrial, ITC, 1*, 38-47.
- Ruz, R. C. (1996). Chequeo de la marcha del perfeccionamiento empresarial en las far. *Granma*, 8.
- Saaty, Vargas, & Wendell. (1983). A feedback: Assessing Atritude Weight by Ratios. *Omega*(11).
- Saaty, T. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology, 15*(3).
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. Mc Graw-Hill Book Co.
- Saaty, T. (1995). *How to make a Decision: The Analytic Hierarchy Process for Decision in a Complex World* (3 ed.). RWS Publications, Pittsburgh, USA.
- Saaty, T. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences, 1*(1), 83-98.
- Salud (THS) Área de Tecnología y Prestación de Servicios de. (2005). *Curso de gestión de la calidad para laboratorios* (Documento Técnico, Políticas y Regulación). Organización Panamericana de la Salud. (Anexos)
- Stevens, S. S. (1946). On the Theory of Scales of Measurement. *Science*(103), 677-680.
- Vergara, G., & Gayoso, J. (2008). Una aplicación de métodos de conocimiento base y clasificación difusa para predecir calidad de agua en tres comunas del sur de Chile. *Bosque, 29*.
- Villa, E. M. (2006). *Procedimiento para el control de gestión en instituciones de educación superior*. Unpublished doctoral dissertation, Universidad Central de las Villas. (216 p)
- Villar Labastida, A. S. del. (2007). *Procedimiento para el mejoramiento de la calidad de los procesos*. Unpublished master's thesis, Universidad de Cienfuegos, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.

- Yeh, C., & Deng, H. (1997). An Algorithm for Fuzzy Multi-criteria Decision Making. En *Ieee first international conference on intelligent processing systems (icips'97)* (p. 1564-1568).
- Zanazzi, J. L. (2003). Anomalías y supervivencias en el proceso de toma de decisiones de saaty. *Problemas del Conocimiento en Ingeniería y Geología*(1), 148-170.
- Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. McGraw-Hill, New York.
- Zimmermann, H. J. (1987). *Fuzzy Sets Decision Making and Expert Systems*. Kluwer Academic Publishers, Boston.

ANEXOS

Anexo 1: Herramientas para la Mejora de Procesos.

Herramientas para el Rediseño de Procesos. (Mejora Continua)

A. Las Siete Herramientas Básicas.

Hojas de Verificación: son formatos sencillos para compilar y organizar información. Existen tres tipos básicos: registro, lista de verificación y ubicación.

Diagrama de Pareto: se emplea para dar prioridad a proyectos, áreas de problemas o información. Permite separar “los pocos vitales” de “los muchos útiles”.

Gráficas de Control: tipo de gráfica de carácter estadístico que se utiliza para evaluar y mantener la estabilidad de un proceso.

Histogramas: tipo especial de gráficas en columna que muestra la medición variable de determinado objeto o proceso.

Diagramas de Causa – Efecto: son imágenes gráficas en las que se muestra la relación entre el efecto (el problema) y sus causas potenciales.

Diagramas de Dispersión: muestra la relación entre dos variables.

Estratificación: sirve para separar los datos por estratos o grupos que faciliten el análisis y la identificación de causas.

B. Las Siete Nuevas Herramientas Administrativas.

Diagrama de Afinidades (KJ): es una herramienta de proceso de equipo para organizar ideas generadas a través de una lluvia de ideas, en agrupaciones naturales de una forma que estimule nuevos conceptos creativos.

Diagrama de Relaciones: expone la relación Causa – Efecto entre factores que se relacionan con un asunto central. Los factores que tienen una gran cantidad de relaciones usualmente son los más críticos.

Diagrama de Árbol: muestra el alcance completo y secuencia de subtareas necesarias para lograr un objetivo.

Diagrama de Matriz: es una forma de mostrar relaciones entre diferentes datos. El Despliegue de la Función Calidad (QFD) es un ejemplo de aplicación de esta técnica.

Matriz de Prioridades: utiliza un diagrama de árbol de alternativas y una lista de

critérios sopesados. Esta técnica se utiliza para reducir la cantidad de alternativas a aquellas que sean más significativas en una forma estructurada y cuantitativa.

Carta del Programa del Proceso de Decisiones (CPPD): se utiliza para planear la implementación de nuevas o revisadas tareas que sean complejas. El CPPD plantea todos los acontecimientos concebibles que se puedan desarrollar en forma errada y la contingencia de estos eventos.

Diagrama de Flechas: se utiliza para desarrollar el mejor tiempo programado y controles para cumplir con un objetivo. Es muy similar a la técnica de revisión de evaluaciones de programas (PERT) y el método de la ruta crítica (CPM).

C. Herramientas Genéricas de Mejora.

Lluvias de Ideas (Tormenta de Ideas o Intercambio Intensivo de ideas): es una técnica de grupo que se utiliza para generar muchas ideas sobre un problema, tema o asunto determinado.

Técnica de Grupo Nominal: es un método estructurado donde se combinan la generación individual de ideas y la selección de éstas a través de un proceso de votación. Permite generar ideas en poco tiempo y les da prioridad.

Análisis del Campo de Fuerzas: ayuda a comprender mejor una dificultad, desarrollar un enunciado del problema, determinar sus causas últimas, generar y evaluar ideas de solución y darle prioridad y planear la tarea de implementación requerida por el cambio. Las fuerza básicas que ejercen influencia en los problemas son:

- a) Fuerzas Motrices o Facilitadoras
- b) Fuerzas Restrictivas o Inhibitorias.

Análisis de la Actividad del Área (AAA): se utiliza para comprender cómo un grupo primario de trabajo se ajusta al panorama general y así establecer sus mediciones. Se conoce como la “herramienta de mejoramiento personal”.

Costos de la Calidad Deficiente: es una herramienta diseñada para reducir los costos asociados a una calidad deficiente.

Benchmarking: es una herramienta que permite realizar comparaciones competitivas con las empresas líderes de un sector y la competencia para identificar oportunidades

de mejoramiento e implementar las mejores prácticas disponibles.

D. Eliminación:

1. Sobreproducción. Producir más de lo necesario en cualquier momento es una fuente primordial de desperdicio, esto incrementan los inventarios y oculta los problemas.
2. Tiempos de espera. Existe un costo de personas, documentos o materiales cuando tienen que esperar por algo.
3. Transporte, movimientos y pasos. Cada vez que se mueven materiales, personas o documentos cuesta dinero. Este tiempo debe utilizarse para agregar valor.
4. Procesamiento. Estimar cada actividad del proceso para determinar su contribución a la satisfacción de las necesidades del cliente. Las actividades de valor agregado real son aquellas por las cuales los clientes le pagan a la organización. Deben eliminarse las actividades que no agregan valor.
5. Inventarios y documentación: Suprime las tareas administrativas, aprobaciones y papeleos innecesarios.
6. Defectos/fallas. Hacer las cosas correctas desde la primera vez y evitar el costo de la mano de obra, materiales, interrupciones y costo de oportunidad que intervienen en la rectificación de los problemas.
7. Duplicación. Suprimir actividades idénticas que se realizan en partes diferentes del proceso ya que estas contribuyen a incrementar los costos y no agregan valor.
8. Reformateado o transferencia de información. Esta es una forma de duplicación. Muy a menudo los datos se transfieren de una forma u otra, o se imprimen de un sistema de cómputo para capturarlos manualmente en otro.
9. Inspección, vigilancia y controles. Aunque algo de esto podría justificarse, muchos de ellos existen por razones históricas y se han convertido en la justificación de puestos de trabajo y de niveles gerenciales. Se debe distinguir entre los distintos tipos de vigilancia y controles y la necesidad de cada uno de ellos ya sea para el control de calidad, productividad y solvencia financiera.

10. Conciliación. Constituye un pasatiempo clásico de la burocracia. Aunque es bueno asegurarse de que las cosas coincidan es importante darse cuenta del propósito del proceso como un todo.

E. Simplifique:

1. Formas. Si se rediseñan las formas se lograrán mejoras significativas, eliminando la necesidad de regresar a donde se originó para solicitar aclaraciones o explicaciones adicionales.
2. Procedimientos. Reducir la complejidad del proceso logrando estándares: Elegir una forma sencilla de realizar una actividad y hacer que todos los colaboradores lleven a cabo esa actividad, del mismo modo todas las veces. Incluye la elaboración de la documentación necesaria.
3. Comunicación. Siempre que sea posible debe evitarse la jerga y utilizar un lenguaje claro. Reducir la complejidad de la manera en que escribimos y hablamos; hacer que las personas que utilizan los documentos del proceso puedan completarlos fácilmente.
4. Tecnología. Es importante asegurarse de que la tecnología es la apropiada para la tarea que se está llevando a cabo, evitar soluciones de alta tecnología donde basta con una tecnología normal.
5. Areas problemas. Los problemas significan que por lo general algo está mal pensado o demasiado complicado y por lo tanto es un buen candidato para la simplificación.
6. Flujos. Reducción del tiempo del ciclo del proceso lo que determina las formas de aminorar el tiempo del ciclo para satisfacer o exceder las expectativas del cliente y así minimizar los costos.
7. Procesos. Pueden simplificarse y actualizarse cuando se estén atendiendo diferentes productos o mercados. Al subdividir el proceso e identificar actividades que podrían dedicarse específicamente a un segmento en particular de los clientes, el proceso puede hacerse más sencillo.

F. Integre:

1. Puestos de trabajo. Es posible combinar varios puestos en uno al darle la autoridad a una persona para completar una gama de tareas simplificadas en vez de hacer que las lleven a cabo una cadena de personas, por lo que el flujo de material o información se acelerará de forma considerable.
2. Equipos. Hacer uso de los equipos de trabajo cuando no sea posible que un miembro del mismo lleve a cabo toda la actividad. Hacer uso de los bienes de capital y del ambiente de trabajo para mejorar el desempeño general.
3. Clientes. Integración del cliente individual o la integración del cliente empresarial al proceso como un modo de retroalimentación y de agregar valor al servicio.
4. Proveedores. Se pueden conseguir grandes ahorros en eficiencia si se eliminan las burocracias innecesarias entre la empresa y sus proveedores, la confianza y la asociación son claves, al igual que con los clientes, aunque esto no significa que no existan verificaciones, simplemente son más sutiles. El output del proceso depende, en gran medida, de la calidad de los inputs que recibe el proceso. El desempeño general de cualquier proceso aumenta cuando mejora el output de sus proveedores.

G. Automatica:

1. Sucio, difícil o peligroso. Donde sean posible estas tareas hay que automatizarlas, a las máquinas no les molestan estas tareas y no se ven afectadas por ellas y resultarán niveles significativamente más altos de calidad.
2. Aburrido. Cualquier tarea que sea aburrida o repetitiva es un buen candidato para la automatización. Aplicar herramientas, equipo y computadoras a las actividades rutinarias y que demandan mucho tiempo para liberar a los empleados a fin de que puedan dedicarse a actividades más creativas.
3. Captura de datos. Si la captura de datos puede hacerla una máquina en vez de una persona se ahorra tiempo independientemente de lograr mayor exactitud.
4. Transferencia de datos. La transferencia de datos de un formato a otro, de una persona a otra es otro candidato de gran prioridad a automatizar. Esto

ahorrará tiempos en la captura sino de todo un conjunto de problemas más que ocurren cuando estos datos no coinciden.

5. Análisis de datos. Esto es una de las tareas más importantes a automatizar, muchas empresas tienen enormes bases de datos pero aún tienen que traducirlos a información que en verdad sea accesible y valiosa para la gerencia.

H. Mejoramiento de situaciones importantes: Esta técnica se utiliza cuando las primeras herramientas anteriores no han dado los resultados deseados. Estas herramientas tienen como objetivo ayudarle al EMP en la búsqueda de formas creativas para cambiar significativamente el proceso.

Herramientas para el Nuevo Diseño de Procesos. (Reingeniería)

1. Las Siete Nuevas Herramientas Administrativas.
2. Herramientas genéricas de mejora.
3. Análisis del Panorama: esta técnica permite comprender la dirección de la organización, evaluar como el nuevo proceso apoyará las necesidades futuras de negocios y que tipos de cambios proporcionarán la mayor ventaja competitiva.
4. Teoría de los Unos: permite identificar las oportunidades para que las personas realicen las actividades en determinado lugar o mejor aún sin intervención humana. Debe cuestionarse toda intención de sumar actividades o recursos al proceso.
5. Automatización, mecanización, computarización y tecnología de la información: persigue la automatización o la aplicación de la informática para ejecutar actividades a costos bajos y tiempo de ciclo mínimos, mientras se proporcionan resultados libres de errores. Se pretende evitar a toda costa que un ser humano entre en contacto con el proceso.
6. Reestructuración Organizacional: determina como debe integrarse en la estructura de la empresa el nuevo proceso. Persigue reducir las probabilidades

de problemas potenciales, costos incrementales y tiempo de ciclo prolongados mediante la disminución de la cantidad de departamentos que participan en el proceso y la implementación de políticas de no intervención.

7. Simulación de Procesos: permite la comparación de los resultados del nuevo proceso con la visión de la organización mediante la utilización de técnicas de simulación. Los costos y riesgos de derivados de la aplicación de este enfoque son mayores, por tanto deben simularse cuidadosamente los cambios antes de la implementación definitiva.

Anexo 2: La historia del Control de la Calidad (QC Story Procedure)

FASE	PASO	FUNCIÓN	HERREMIENTAS
Planificar	1) Seleccionar el tema	<ul style="list-style-type: none"> - Decidir cuál será el tema para la mejora - Dejar claro porqué se seleccionó el tema 	“Los siguientes procesos son nuestros clientes” Estandarización Educación Remedio inmediato vs prevención de repeticiones
	2) Comprender la situación actual	Recopilar datos: <ul style="list-style-type: none"> - Encontrar las características claves de un tema - Reducir el área del problema - Establecer prioridades: primero los problemas 	Hoja de verificación Histograma Diagrama de Pareto
	3) Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer una lista de las posibles causas del problema más serio - Estudiar la razón entre las posibles causas y el problema - Seleccionar algunas causas y establecer hipótesis acerca de las relaciones posibles - Recopilar datos y estudiar la relación causa-efecto 	Diagrama causa-efecto Hoja de verificación Diagrama de dispersión Estratificación
	4) Medidas preventivas	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar medidas preventivas para eliminar la causa del problema 	Tecnología intrínseca Experiencia
Hacer		<ul style="list-style-type: none"> - Implantar las medidas preventivas (experimento) 	
Chequear	5) Confirmar el efecto de la medida preventiva	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilar datos acerca del efecto de la medida preventiva 	Las siete herramientas básicas
Actuar	6) Estandarizar la medida preventiva	<ul style="list-style-type: none"> - Modificar los estándares existentes de acuerdo con las medidas preventivas cuyo efecto se ha confirmado 	
	7) Identificar los problemas restantes y evaluar todo el tiempo el procedimiento		

Fuente: (Lilrank & Kano, 1989)

Anexo 3: Matriz de Selección de Temas

Definición	Propósito	Método	Utilización
<p>Es una técnica que permite seleccionar el tema con el que se va a trabajar, con base a las calificaciones que los miembros del equipo otorgan a aquellas ideas (tres a cinco) que superaron el multivoto (o provenientes de otras fuentes), de acuerdo con el impacto sobre el cliente y la necesidad de mejorar.</p>	<p>Esta técnica evita discusiones difíciles —y a veces incómodas— para seleccionar el tema con el que se va a trabajar; facilita la participación de los miembros del equipo y favorece la rapidez de la definición.</p>	<p>Los tres a cinco temas (ideas), que pasaron la técnica del multivoto, se someten a la evaluación numérica por parte de los miembros del equipo de trabajo, quienes emiten dos calificaciones para cada idea o tema. La primera corresponde al impacto que puede tener sobre el cliente el hecho de que se trabaje en ese tema y la segunda a la necesidad de mejoramiento del mismo. Cada miembro del equipo califica en secreto para no influir en los demás y la calificación asignada será el promedio de las calificaciones de los miembros.</p> <p>La escala de calificación sugerida es:</p> <p>1 = No, 2 = Algo, 3 = Moderado, 4 = Mucho, 5 = Extremo</p> <p>Así pues, si un miembro califica con 4 el impacto en el cliente, es porque cree que trabajar en ese tema específico tendrá mucho impacto en él. Pero si califica con 1 la necesidad de mejoramiento, indica que ese tema no necesita mejorar.</p> <p>La calificación definitiva será el total que resulte de multiplicar la calificación del impacto en el cliente por la necesidad de mejorar.</p> <p>Una vez que se tienen las calificaciones totales pueden ordenarse los temas. Debe abordarse el que obtenga la calificación más alta, es decir aquél en el que, a juicio del equipo, el impacto en el cliente y la necesidad de mejorar son más significativos.</p>	<p>Se utiliza para seleccionar el tema sobre el cual se va a trabajar, teniendo en cuenta el criterio del equipo al calificarlas en la escala de 1 a 5 de acuerdo al impacto sobre el cliente y la necesidad de mejorar.</p>

Anexo 3: continuación

Matriz para selección de temas			
Temas (descripción)	Impacto al cliente X	Necesidad de mejorar Y	Tota X * Y

Calificación	1	2	3	4	5
Criterio	No	Algo	Moderado	Mucho	Extremo

Fuente: (Salud (THS), 2005)

Anexo 4: Matriz de Acciones Correctivas

Definición	Propósito	Método	Utilización
<p>La matriz de acciones correctivas es una estructura en forma de árbol que muestra la relación entre el problema, sus causas fundamentales y las acciones correctivas.</p>	<p>Se utiliza para observar la relación entre las acciones correctivas y las causas fundamentales. También facilita la planificación de las acciones correctivas al evaluarlas a través de la efectividad y la factibilidad.</p>	<p>A continuación presentamos la forma genérica de la matriz de acciones correctivas, que puede modificarse según el número de causas, acciones correctivas o métodos prácticos.</p> <p>En la casilla correspondiente al "problema" se debe escribir el enunciado del problema (Paso 2 de la Ruta de Mejoramiento). En las causas fundamentales deben colocarse las identificadas y verificadas en el Análisis de Causas (Paso 3), que pueden ser una o más. Más tarde pueden definirse una o más acciones correctivas para cada causa fundamental.</p> <p>Una medida correctiva (el "qué") se puede llevar a cabo de diferentes maneras o métodos prácticos (el "cómo"). Los diferentes métodos prácticos deben calificarse —con valores de 1 a 5— por su efectividad y factibilidad. La efectividad corresponde a la habilidad de la medida práctica para reducir la causa fundamental, mientras que la factibilidad es la posibilidad de llevar a cabo la medida correctiva efectivamente.</p> <p>La escala de calificación es la siguiente: 1 = Nada, 2 = Poco, 3 = Moderado, 4 = Mucho, 5 = Extremo.</p> <p>En la definición de las acciones correctivas y posteriormente de los métodos prácticos, se recomienda el uso de la tormenta de ideas y el multivoto para reducir el número de Items.</p> <p>Finalmente se multiplican las calificaciones asignadas a la efectividad y factibilidad y se clasifican las acciones correctivas para su implementación de acuerdo a la calificación total. Dependiendo de los recursos y el objetivo de mejoramiento, pueden implementarse varias acciones correctivas.</p>	<p>La utilización de esta técnica está limitada al paso 4 de la Ruta para el Mejoramiento, pero el valor de su aplicación es indudable.</p>

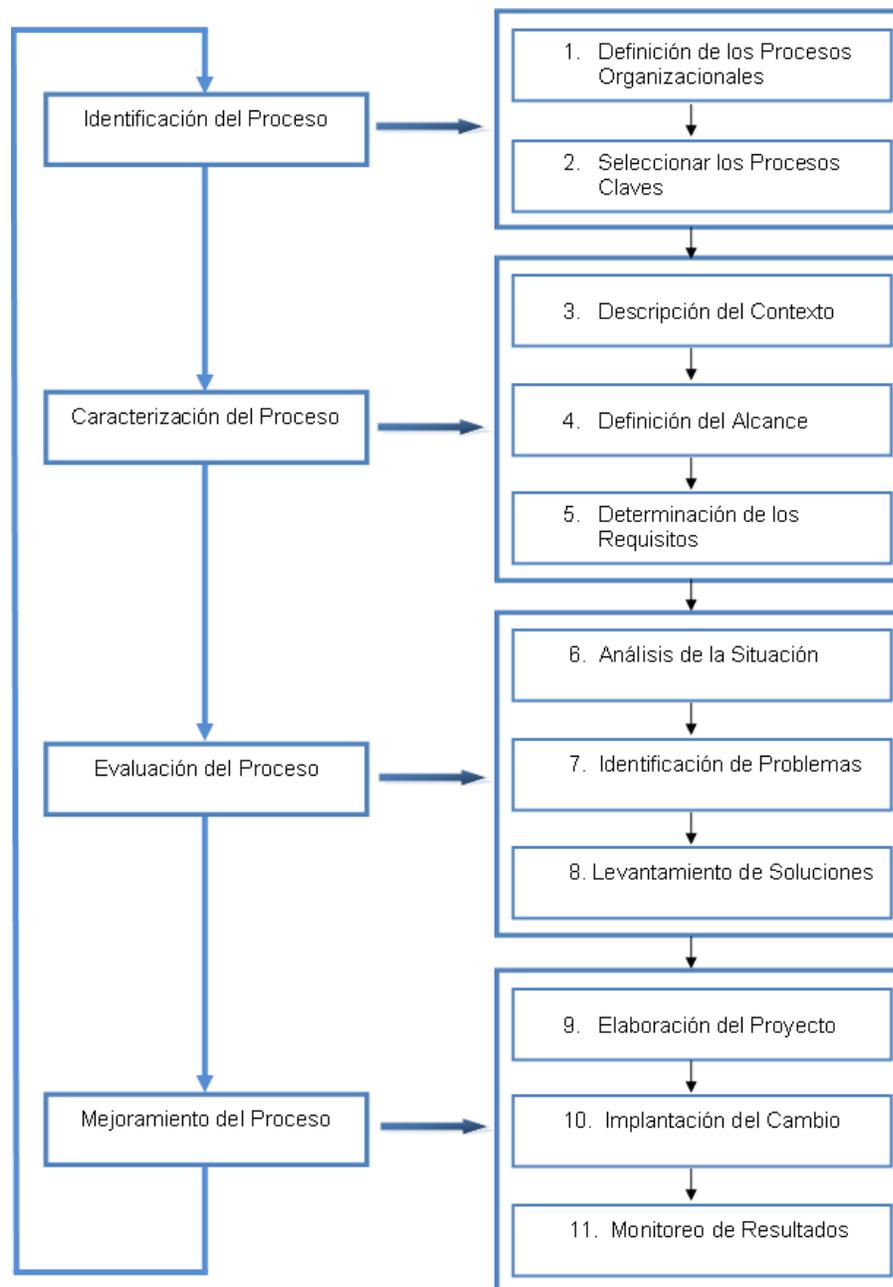
Fuente: (Salud (THS), 2005)

Anexo 4: continuación

MATRIZ DE ACCIONES CORRECTIVAS							
<p>El diagrama muestra un flujo de información: un cuadro 'Problema' se conecta a uno 'Causa Fundamental', el cual se ramifica en tres cuadros 'Acciones Correctivas'. Cada 'Acción Correctiva' se ramifica en uno o dos cuadros 'Métodos Prácticos'. A la derecha de este diagrama hay una tabla de 8 filas y 4 columnas con encabezados: 'Efectividad', 'x Factibilidad', '= Total' y 'Acción'.</p>							
PROBLEMA	CAUSA FUNDAMENTAL	ACCIONES CORRECTIVAS	MÉTODOS PRÁCTICOS	EFFECTIVIDAD	FACTIBILIDAD	TOTAL	ACCIÓN
Este es el problema que necesita corrección	Son identificadas en su diagrama de causa y efecto y han sido verificadas	Están enfocadas específicamente a las causas fundamentales y están dentro de la habilidad del equipo para implementar	La tarea específica requerida para lograr las acciones correctivas. Una medida correctiva es el QUE, un método práctico es el CÓMO.	Una calificación basada en cuánto la acción correctiva reducirá la causa fundamental, la calificación mayor se le aplica a la acción correctiva más efectiva	Una calificación basada en la potencialidad de llevar a cabo la acción correctiva y su respectivo método práctico, teniendo en cuenta costos y tiempos	La multiplicación de la efectividad por factibilidad. Esta debe servir como una calificación de las acciones correctivas para la acción	Indicar SI o NO, se va a tomar la acción
ESCALA: 1 Nada 2 Poco 3 Moderado 4 Mucho 5 Extremo							

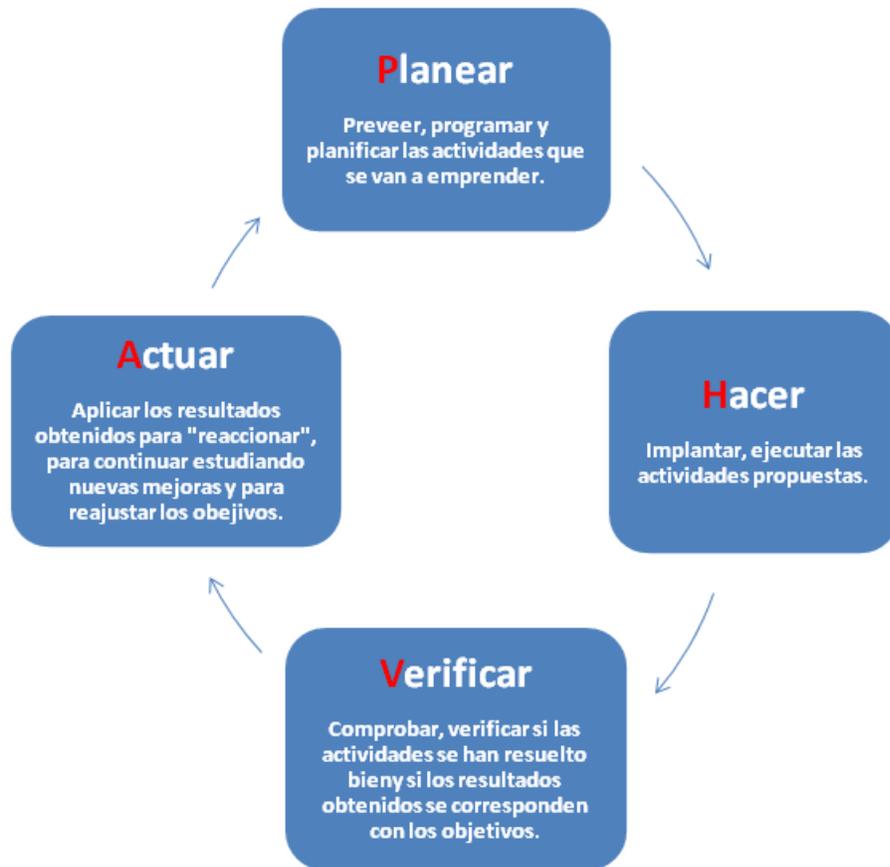
Fuente: (Salud (THS), 2005)

Anexo 5: Secuencia de pasos del Procedimiento para la Gestión por Procesos.



Fuente: (Pons & Villa, 2006)

Anexo 6: Ciclo Gerencial de Deming



Fuente: (Nascimento, 2007)

Anexo 7: Metodología de Solución de Problemas

Acción Básica del Equipo	Pregunta a responder	Trabajo en Equipo
1-Conocer el problema	¿Cuál es el problema	<p>El conocimiento completo del problema requiere entre otros aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Definir claramente su naturaleza ➤ Identificar los actores involucrados ➤ Especificar los estragos causados por el problema. ➤ Describir en que situaciones ocurre el problema. <p>La investigación relacionada con el problema exige:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Obtener evidencias(recopilar datos) ➤ Entrevistar personas que brindan información. ➤ Verificar opiniones, sentimientos y valores que están en juego.
2-Plantear alternativas de solución	¿Cómo se puede resolver el problema?	<p>La consideración de las diferentes maneras, modos y cursos de acción a seguir para resolver el problema exigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Detenerse a pensar ➤ Analizar ideas y sugerencias ➤ Estudiar y descubrir salidas <p>Esta operación, por su complejidad, exige:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Creatividad e imaginación ➤ Un grupo de personas conocedoras del problema. ➤ La utilización de técnicas e instrumentos para generar y organizar ideas. <p>Dos aspectos relacionados merecen ser resaltados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La reflexión para evitar resultados indeseados de una conclusión precipitada ➤ Dejar las cosas tal como se presentan.
3-Analizar las alternativas de solución	¿Cuáles son las alternativas de cada solución?	<p>El examen de las repercusiones de cada alternativa de solución, tanto dentro como fuera de la institución, abarcan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ El estudio de las relaciones entre los resultados previstos y los costos. ➤ La verificación de las afectaciones que provoca cada solución en los diferentes sectores de la institución. <p>Este análisis debe ser realizado con la participación de todos los involucrados: Clientes, Proveedores, Ejecutores y Gerentes</p>

Fuente: (Pons & Villa, 2006)

Anexo 7: Continuación

Acción Básica del Equipo	Pregunta a responder	Trabajo en Equipo
4-Seleccionar la mejor alternativa de solución	¿Cuál es la mejor solución para el problema?	<p>Una solución final exigirá una ponderación cuidadosa, de la utilización de esquemas y criterios de juicio adecuados.</p> <p>Para aumentar la racionalidad y disminuir riesgos es fundamental que la selección de la mejor alternativa sea una decisión participativa y compartida por los diferentes factores involucrados en el problema.</p>
5-Divulgación de la solución final aprobada	¿Cómo informar a todos sobre la solución final?	<p>Una comunicación clara, abierta y transparente a todas las personas afectadas por la solución escogida requiere una explicación adecuada sobre la solución final y sus posibles consecuencias.</p> <p>Las informaciones pueden ser comunicadas en reuniones o por documentos escritos</p> <p>La divulgación es fundamental para obtener una comprensión y apoyo de todos los involucrados estableciendo las bases necesarias para el éxito de la ejecución.</p>
6-Implantar la solución final	¿Cómo garantizar la ejecución de la solución final?	<p>Para implantar una solución final es conveniente que se elabore un plan y se ejecute una experiencia inicial.</p> <p>El éxito de la implantación va a depender de la cooperación de todos los involucrados y de la estrategia seleccionada para lograr el funcionamiento de la solución.</p>
7-Evaluar la implantación de la solución final	¿Cómo se evalúa la implantación de la solución final?	<p>La observación de la marcha de la solución requiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Observar, controlar y evaluar su efectividad. ➤ Identificar problemas imprevistos ➤ Buscar nuevas soluciones para corregir las desviaciones detectadas.

Fuente: (Pons & Villa, 2006)

Anexo 8: Listado para emplear en la técnica 5W y 2H

(Qué, Quién, Cómo, Por qué, Dónde, Cuándo y Cuánto)

¿Qué?

1. ¿Qué es una actividad?
2. ¿Cuál es la esencia (negocio) de la actividad?
3. ¿Cuáles son las salidas?
4. ¿Cuál es el producto o servicio final esperado?
5. ¿Cuáles son las entradas?
6. ¿Cuáles son los insumos indispensables?
7. ¿Cuáles son los objetivos y metas?
8. ¿Cuáles son los recursos necesarios?
9. ¿Qué datos son recopilados?
10. ¿Cuáles son los indicadores?
11. ¿Qué métodos y técnicas son utilizadas?
12. ¿Qué otros procesos tienen interfaces con ella?
13. ¿Cuáles son los problemas existentes?

¿Quién?

1. ¿Quiénes son los ejecutores de la actividad?
2. ¿Quién es el propietario del proceso?
3. ¿Quiénes son los clientes?
4. ¿Quiénes son los proveedores?

5. ¿Quiénes son los responsables de ofrecer apoyo?
6. ¿Quién establece los objetivos y metas?
7. ¿Quién recolecta, organiza e interpreta los datos?
8. ¿Quiénes participan y mejoran la actividad?
9. ¿Cuál es el sector responsable?
10. ¿Quién toma las decisiones finales?
11. ¿Qué sectores están directamente involucrados con los problemas que ocurren?
12. ¿Qué sectores están directamente involucrados con los problemas que ocurren?

¿Cuándo?

1. ¿Cuándo es planeada la actividad?
2. ¿Cuándo es realizada la actividad?
3. ¿Cuándo es avalada la actividad?
4. ¿Con que periodicidad acontecen determinados eventos de la actividad?
5. ¿Cuándo están disponibles los recursos?
6. ¿Cuándo son recopilados, organizados y evaluados los datos?
7. ¿Cuándo acontecen las reuniones?
8. ¿Cuándo ocurren los problemas?

¿Dónde?

1. ¿Dónde es planeada la actividad?
2. ¿Dónde es realizada la actividad?
3. ¿Dónde es avalada la actividad?
4. ¿Dónde acontecen determinados eventos especiales?

5. ¿Dónde son recopilados, organizados e interpretados los datos?
6. ¿Dónde ocurren los problemas?

¿Por qué?

1. ¿Por qué esta actividad se considera necesaria?
2. ¿Para qué sirve?
3. ¿La actividad puede ser eliminada?
4. ¿Por qué son éstas las operaciones de la actividad?
5. ¿Por qué las operaciones de la actividad acontecen en este orden?
6. ¿Por qué fueron definidos estos objetivos y metas?
7. ¿Por qué estos datos son recopilados, organizados e interpretados?
8. ¿Por qué son usados estos métodos y técnicas?
9. ¿Por qué estos indicadores son utilizados para la validación?
10. ¿Por qué los problemas ocurren?

¿Cómo?

1. ¿Cómo es planeada la actividad?
2. ¿Cómo es realizada?
3. ¿Cómo es evaluada?
4. ¿De qué manera son recopilados, organizados e interpretados los datos sobre la actividad?
5. ¿Cómo son difundidas las informaciones?
6. ¿Cómo es medida la satisfacción del cliente?
7. ¿Cómo es medida la satisfacción del ejecutor de la actividad?
8. ¿Cómo son incorporadas a la actividad las necesidades, intereses y expectativas del cliente?

9. ¿Cómo es medido el desempeño global de la actividad?
10. ¿Cómo es la participación de las diferentes personas involucradas en la actividad?
11. ¿Cómo se hace la capacitación de los recursos humanos involucrados?
12. ¿Cómo ocurren los problemas?

¿Cuánto?

1. ¿Cuántos recursos materiales, humanos se requieren para la mejora de la actividad?
2. ¿Cuántos recursos financieros y de otro tipo?

Anexo 9: Selección del proceso a mejorar utilizando AHP.

Matrices de Comparaciones por Pares

$$C_1 = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{7} & 3 \\ 7 & 1 & 7 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{7} & 1 \end{pmatrix} \quad C_2 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & 5 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & 1 \end{pmatrix}$$
$$C_3 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 7 \\ \frac{1}{3} & 1 & 5 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & 1 \end{pmatrix} \quad W = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 3 \\ \frac{1}{7} & 1 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & 3 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$\begin{pmatrix} 0,167946128 & 0,607001694 & 0,643388869 \\ 0,751380471 & 0,303343999 & 0,282839025 \\ 0,080673401 & 0,089654307 & 0,073772106 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 0,668696895 \\ 0,08820212 \\ 0,243100985 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,322252359 \\ \mathbf{0.597959817} \\ 0,079787824 \end{bmatrix}$$

$$\frac{IC}{IA} = \frac{0,00351}{0,58} = 0,0061 < 0,1 \Rightarrow \text{Matriz Consistente}$$

Donde:

C_1 = Matriz de comparación de los tres procesos con respecto al criterio 1 (Cantidad de Quejas del Cliente)

C_2 = Matriz de comparación de los tres procesos con respecto al criterio 2 (Incumplimiento del Plan de Producción)

C_3 = Matriz de comparación de los tres procesos con respecto al criterio 3 (Bajo Margen de Utilidad)

W = Matriz de comparación de los tres criterios

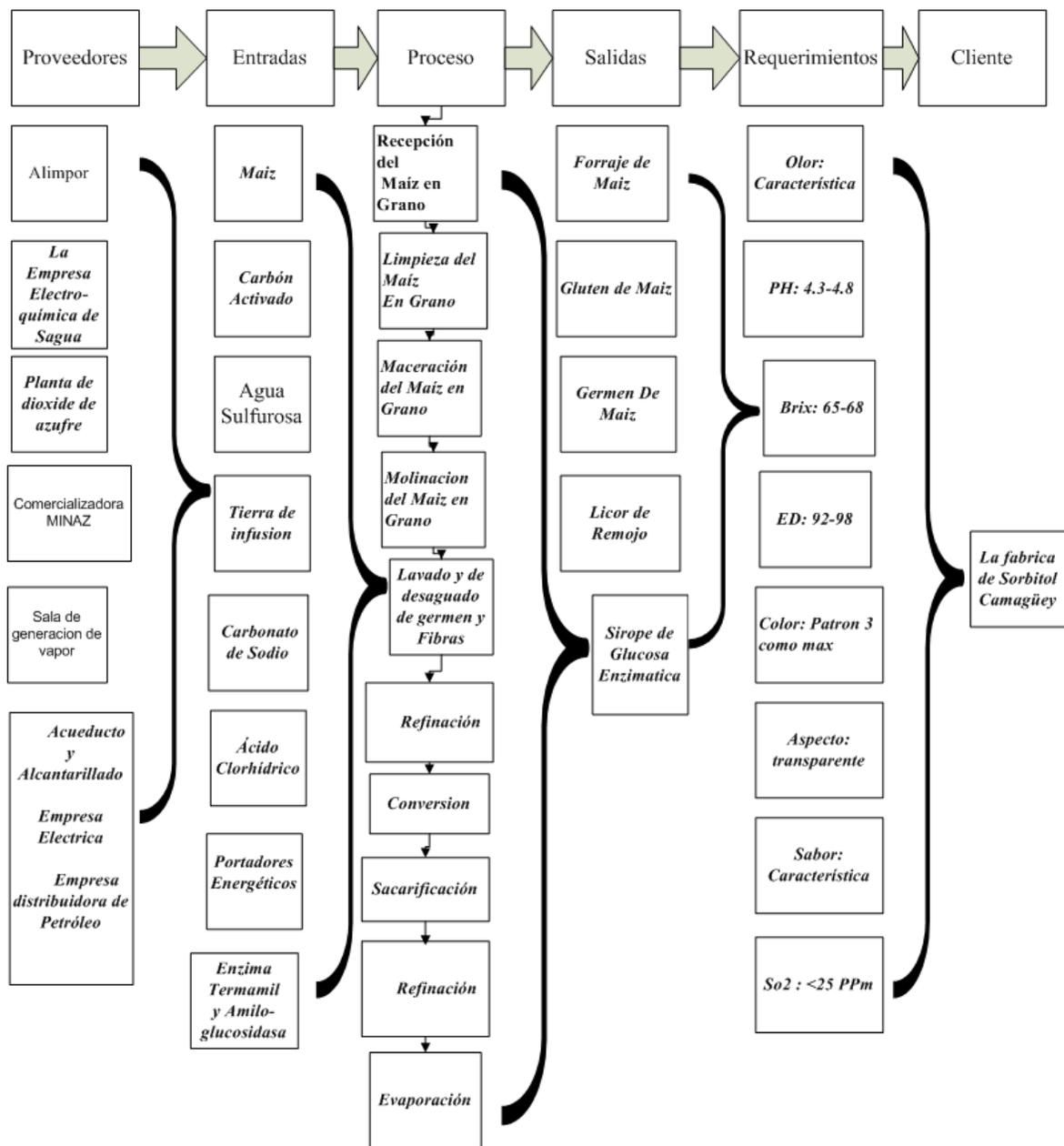
Proceso 1 = Alternativa 1 = Proceso de obtención de Sirope de Glucosa Ácida

Proceso 2 = Alternativa 2 = Proceso de obtención de Sirope de Glucosa Enzimática

Proceso 3 = Alternativa 3 = Proceso de obtención de Almidón de Maíz

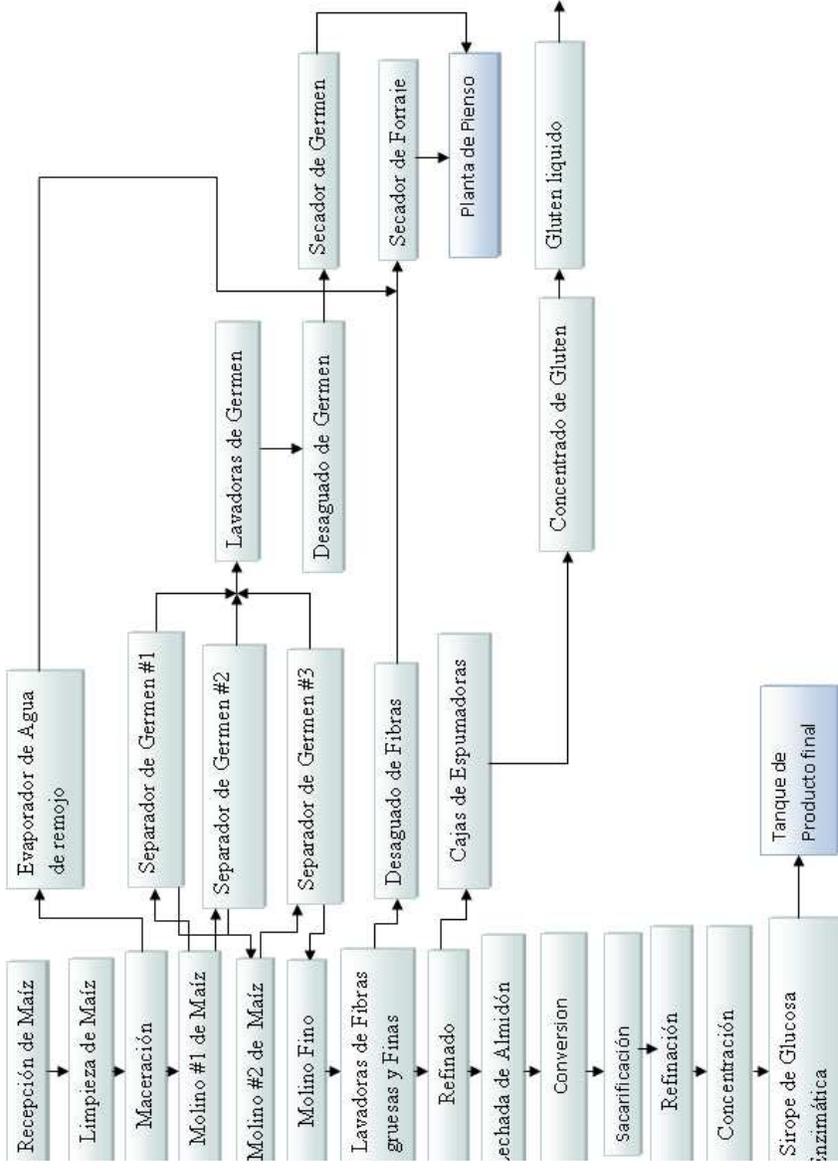
Resulta de la aplicación del AHP que el proceso a estudiar debe ser el 2, o sea, Proceso de obtención de Sirope de Glucosa Enzimática.

Anexo 10: Diagrama SIPOC para el proceso de producción de Glucosa Enzimática



Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Diagrama de Bloques para el proceso de producción de Glucosa Enzimática



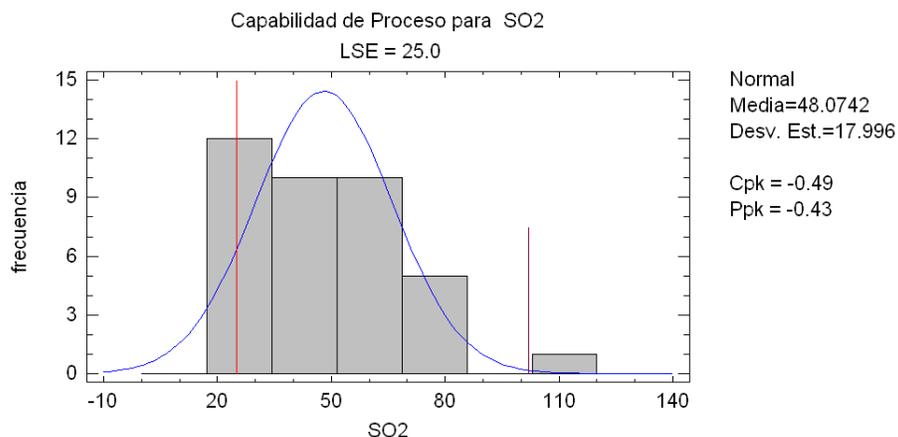
Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Diagnóstico inicial de las variables de salida del producto final

Variable del producto	¿Por qué es importante para el cliente?	Diagnóstico Inicial	Prioridad en el proyecto
PH	Este parámetro es de vital importancia pues en el caso de los productos derivados del maíz se declara como pH grado alimenticio los valores comprendido entre 4.8 y 5.2	Bueno	1
Brix	El cumplimiento de este parámetro debe garantizarse pues es el medio de garantizar la cantidad de sustancia declarada sobre todo en las normas para la utilización de la Glucosa como materia prima.	Bueno	1
Contenido de dióxido de azufre(SO ₂)	Más de 25 ppm constituye una no conformidad por la incidencia negativa que tiene en las unidades de desmineralización de la glucosa y la de hidrogenación porque constituye un veneno irreversible para el catalizador el cual pierde su actividad y disminuye entonces la cinética de la reacción incidiendo entonces en el índice de consumo del catalizador (1.65).	Pésima	5
Contenido de Almidón	En el caso de contenido de almidón que aparece en la glucosa éste repercute de igual manera en nuestro proceso, específicamente obstruye la capacidad de intercambio de las resinas que son en esta etapa del proceso lechos mezclados. En el caso del catalizador impide el acercamiento de los reaccionantes a los poros del catalizador, disminuyendo la cinética de la reacción química constituyendo un paso crítico en el proceso tecnológico, para el caso del producto final Sorbitol 70 % el almidón es una impureza del producto que limita así su calidad y precio en el mercado.	Pésima	5
Equivalente de Dextrosa(ED)	Es un parámetro que define las características del tipo de producto que se elabore.	Regular	3
Color	El cliente relaciona la calidad de la glucosa con el patrón 3 como máximo. Si no es así, se valora como de baja calidad	Regular	3
Olor	El cliente relaciona la calidad de la glucosa con un olor característico, si no es así, se considera de mala calidad	Bueno	1
Sabor	El cliente relaciona la calidad de la glucosa con un sabor característico, si no es así, se considera de mala calidad	Bueno	1
Aspecto	El cliente relaciona la calidad de la glucosa con un aspecto transparente o ligeramente opalescente, si no es así, se considera de mala calidad	Bueno	1
Volumen de Producción.	El cliente relaciona la calidad de la glucosa con el cumplimiento en la entrega del volumen de producción, solicitado, si no es así, se considera de mala calidad	Regular	3

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Estudio de Capacidad del Proceso (Índices)



Fuente: Elaboración propia

Análisis de Capacidad de Proceso (Individuales) - SO2

Datos/Variable: SO2 (Contenido de dióxido de Azufre)

Transformación: ninguna

Distribución: Normal
tamaño de muestra = 38
media = 48.0742
desv. est. = 17.996

6.0 Límites Sigma
+3.0 sigma = 102.062
media = 48.0742
-3.0 sigma = -5.91378

	Observados		Estimados	Defectos
Especificaciones	Fuera Especs.	Valor-Z	Fuera Especs.	Por Millón
LSE = 25.0	97.368421%	0.00	100.000000%	1000000.00
Total	97.368421%		109.988843%	1099888.43

Fuente: Elaboración propia

Indices de Capabilidad para SO2

Especificaciones

LSE = 25.0

	Capabilidad	Desempeño
	Corto Plazo	Largo Plazo
Sigma	15.5865	17.996
Cpk/Ppk	-0.493464	-0.427395
Cpk/Ppk (superior)	-0.493464	-0.427395
DPM	930616.	1.09989E6

Con base en límites 6.0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

Fuente: Elaboración propia

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para SO2

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Normal
DMAS	0.162066
DMENOS	0.0982012
DN	0.162066
Valor-P	0.272047

Cramer-Von Mises W²

	Normal
W ²	0.170871
Forma Modificada	0.164991
Valor-P	>=0.10

D de Kolmogorov-Smirnov Modificada

	Normal
D	0.162066
Forma Modificada	1.02138
Valor-P	>=0.10

Watson U²

	Normal
U ²	0.148018
Forma Modificada	0.148518
Valor-P	>=0.10

Kuiper V

	Normal
V	0.260268
Forma Modificada	1.65487
Valor-P	<0.10

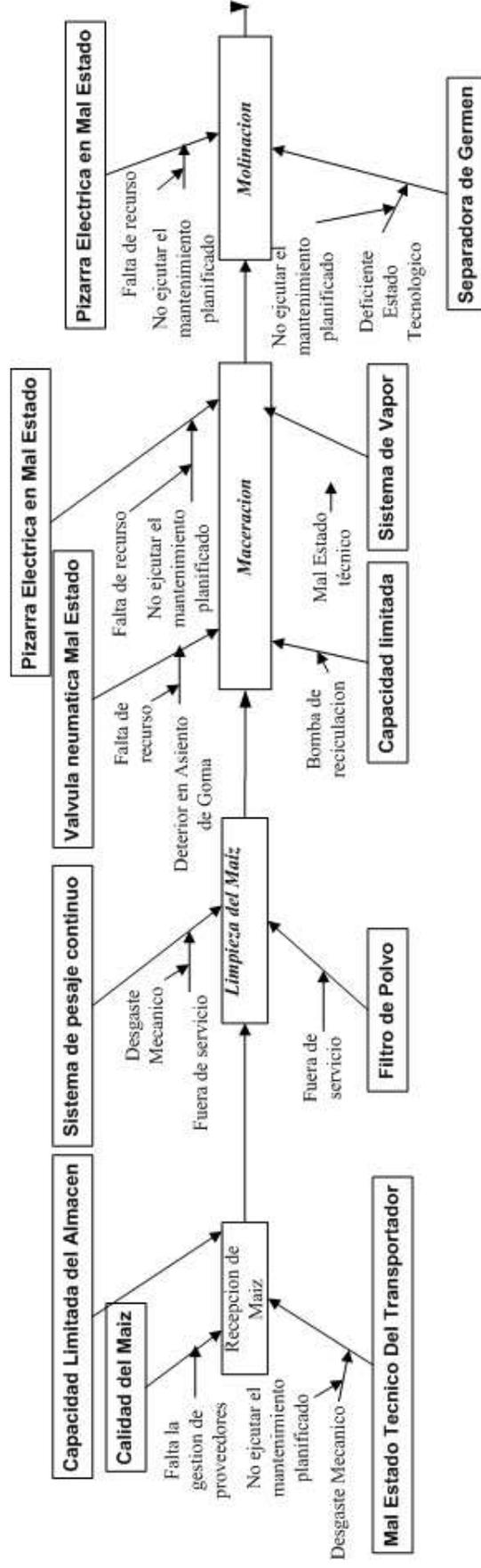
Anderson-Darling A²

	Normal
A ²	1.06298
Forma Modificada	1.06298
Valor-P	>=0.10

Fuente: Elaboración propia

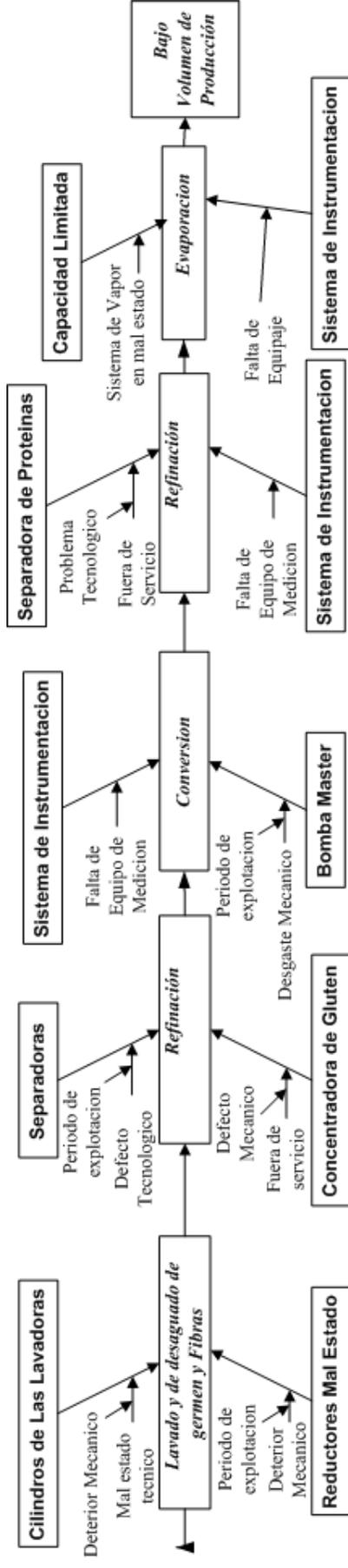
Debido a que el valor-P más pequeña de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que el contenido de dióxido de azufre proviene de una distribución normal con 95 % de confianza.

Anexo 14: Diagrama Causa-Efecto para el Volumen de Producción



Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: continuación



Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Determinación del Número de Expertos

$$M = \frac{p(1-p)K}{i^2}$$

Donde:

i = nivel de precisión deseado.

p = proporción estimada de errores.

K = parámetro cuyo valor está asociado al nivel de confianza que sea elegido en la tabla siguiente:

Tabla 2: Valores de K para diferentes niveles de confianza

NIVEL DE CONFIANZA (%)	VALOR DE K
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6806

$$M = \frac{0,01(0,99)1,96^2}{0,075^2} = 6,76 \approx 7$$

Es decir, siete (7) expertos, el cual coincide con los valores recomendados que oscilan entre 7 y 15 expertos.

Anexo 16: Ponderación de las Oportunidades de Mejora del proceso de obtención de Sirope de Glucosa Enzimática.

$$X = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & 5 & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 3 & \frac{1}{7} & \frac{1}{7} \\ 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 3 & 1 & 3 & 3 & 1 & 1 \\ \frac{1}{5} & 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{7} & \frac{1}{7} \\ 3 & 1 & 3 & 1 & 1 & 3 & 5 & 7 & 1 & 5 & 7 & 1 & 1 \\ 5 & 1 & 5 & 1 & 1 & 3 & 3 & 5 & 3 & 5 & 5 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 5 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 & 3 & 3 & 1 & 3 & 3 & 1 & 1 \\ 5 & \frac{1}{3} & 3 & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 & 1 & 1 & 3 & 1 & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} \\ 3 & \frac{1}{3} & 3 & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 1 & \frac{1}{3} & 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 3 & 1 & 5 & 1 & \frac{1}{3} & 1 & 1 & 3 & 1 & 3 & 3 & 1 & 1 \\ 3 & \frac{1}{3} & 3 & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{3} & 1 & 3 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 3 & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} \\ 7 & 1 & 7 & 1 & 1 & 1 & 5 & 3 & 1 & 3 & 5 & 1 & 1 \\ 7 & 1 & 7 & 1 & 1 & 1 & 5 & 3 & 1 & 3 & 5 & 1 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow W = \begin{bmatrix} 0,0322 \\ 0,0953 \\ 0,0237 \\ 0,1379 \\ 0,1438 \\ 0,0873 \\ 0,0485 \\ 0,0359 \\ 0,0887 \\ 0,0386 \\ 0,0271 \\ 0,1205 \end{bmatrix}$$

$IC = 0,128854$ $IA = 1,67538$, luego $\frac{IC}{IA} = 0,07691 < 0,1 \Rightarrow$ **Matriz Consistente**

Jererquización de las Oportunidades de Mejora.

- 5 **0.1438** Bombas de recirculación en el proceso de maceración limitada
- 4 **0.1379** El estado técnico de las Pizarras Eléctricas no son adecuados
- 12 **0.1205** Sistema de Instrumentación limitado
- 13 **0.1205** Desgaste en Bomba Master
- 2 **0.0953** El estado técnico del transportador no es adecuado
- 9 **0.0887** Deterioro Mecánico en Reductores y Cilindros de las lavadoras
- 6 0.0873 El Estado Técnico del Sistema de Vapor no es adecuado
- 7 0.0485 El Estado Tecnológico de la Separadora de Germen no es adecuado
- 10 0.0386 Defecto mecánico en Concentradora de Gluten
- 8 0.0359 Deterioro en los Asientos de Goma de las válvulas neumáticas
- 1 0.0322 Capacidad limitada del Almacén
- 11 0.0271 Separadora de proteína en mal estado tecnológico
- 3 0.0237 Desgaste mecánico en el sistema de pesaje continuo y filtro de polvo

Anexo 18: Plan de Acciones para la implantación de la alternativa de mejora seleccionada.

Oportunidad de Mejora: Obtener recursos necesarios para mejorar el estado técnico del transportador						
Meta: Una reparación con la calidad requerida						
Responsable General: Director General						
QUÉ	QUIÉN	CÓMO	POR QUÉ	DÓNDE	CUÁNDO	CUÁNTO
Crear un equipo multifuncional	Director General	Seleccionar especialistas de calidad, compras y producción	Para asegurar la calidad del trabajo mediante la selección adecuada de expertos	Empresa Glucosa y derivados del Maíz	10/7/09	2 horas del personal implicado
Hacer un estudio del estado técnico del transportador	Equipo de mantenimiento	Mediante la observación y análisis de la capacidad del transportador	Para conocer el estado técnico real del transportador	Área de recepción del maíz	11/7/09	10 horas del personal implicado
Confeccionar un informe técnico sobre el estado técnico del transportador	Director Técnico de Mantenimiento	Mediante la información resultante del estudio del estado técnico del transportador	Para entregar al Director General y obtener su aprobación	Oficina del Director Técnico de Mantenimiento	13/7/09	4 horas del personal implicado
Evaluación del informe sobre el estado técnico del transportador	Director General y Comité de Expertos	Empleando técnicas grupales y de decisión con múltiples criterios	Para establecer la jerarquía de las alternativas de solución	Salón de Reuniones	14/7/09	6 horas del personal implicado
Listar todas las vías posibles para ejecutar la alternativa de mejora y seleccionar la mejor	Comité de Expertos	Aplicando la técnica de Matriz de Acciones Correctivas	Para seleccionar el mejor método práctico que permita implantar la mejora	Salón de Reuniones	17/7/09	6 horas del personal implicado
Realizar una evaluación económica de la inversión necesaria para implantar la mejora	Director Técnico de Producción y Sub-Director Económico	Mediante técnicas de evaluación de proyectos de inversión	Para conocer las necesidades de recursos financieros	Oficinas de los Directivos implicados	22/7/09	1 semana del personal; implicado

Realizar un Plan de Acciones a seguir con vistas a implantar la mejora	Director Técnico de Producción	Mediante la técnica 5Ws y 2Hs	Para confeccionar secuencias de acciones a ejecutar	Oficina del Director Técnico de Producción	29/7/09	4 horas del personal implicado
Ejecutar los pasos del Plan de Acción	Director Técnico de Producción y el equipo de Mantenimiento	Aplicar los procedimientos establecidos en cada caso	Para llevar a cabo una implantación exitosa	En el área de recepción	Cuando se requiera	Lo que está establecido en el Plan de Acciones
Confeccionar un Plan de Control para la mejora implantada	Director Técnico de Producción	Mediante la técnica Plan de Control	Para preservar la implantación y verificar el cumplimiento de los parámetros óptimos de explotación	En el área de recepción	Todo el tiempo posterior a la implantación	Cada tres meses