



Departamento de Ingeniería Industrial

Trabajo de Diploma

Título: *Gestión de inventario en los equipos de instrumentación y control automático en la Unidad de Negocio Cuvenpetrol S.A de la Refinería Camilo Cienfuegos.*

Autor: Yenisey Pérez Garay.

Tutores: Msc. Ing. Michael Feitó Cespón.
Lic. Mario Alejandro Moreira Martínez

Curso: 2012-2013

Año 55 del Triunfo de la Revolución



PETRÓLEOS
LIBA VENEZUELA S.A.

PENSAMIENTO

*... Solo con un pensamiento económico puede aspirarse
a una gestión con eficiencia...*

Che.



PETRÓLEOS
LIBA VENEZUELA S.A.

DEDICATORIA

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño.

*A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa, llena
de principios y valores.*

*Con mucho cariño principalmente a mis padres Delia y Marcelo que me dieron la vida y
han estado conmigo en todo momento, y les agradezco el que están conmigo a mi lado.*

*A mi hermanas Mailin, Yaiselys y Yunisleidys por su apoyo incondicional en los buenos y
malos momentos.*

*A mi Hijo Alejandro que es la bendición más grande que Dios me pudo dar,
motivo e inspiración por la que día a día me sigo superando como persona, madre, hija,
esposa y profesional.*

*A mi esposo Mario Alejandro por su apoyo constante en todo momento por enseñarme a
ser perseverante en mis proyectos, y por brindarme su inmenso amor sin pedir nada a
cambio.*



PETRÓLEOS
LIBA VENEZUELA S.A.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a mis padres porque gracias a ellos he realizado mi vida.

A Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales porque en sus aulas recibí los más bellos e inolvidables recuerdos y por haber permitido formarme académicamente durante todo este tiempo de preparación profesional.

A los profesores que me han impartido clases en estos seis años de estudios, ustedes de una manera u otra han aportado su granito de arena a mi formación, sin su ayuda, conocimientos y enseñanzas, no estaría en este momento cumpliendo mi meta de ser ingeniera.

A mis compañeros del grupo por los buenos y malos momentos que pasamos juntos en especial a Mailín, Elpidio, Castillo y a mi hermana Yaiselys por brindarme su ayuda y apoyo cuando más lo necesitaba.

A Msc. Michael Feitó Cespón, quien con sus conocimientos, su motivación y profesionalismo ha sabido guiarme para el desarrollo de mi tesis.

Al personal de la Unidad de Negocio Cuvenpetrol S.A por su ayuda y colaboración para el desarrollo de la tesis en especial a Anabel y María Teresa.

A mis suegros Mary y Mario por la comprensión y el apoyo brindado.

A mis amores preciosos y más preciados, mi esposo Mario Alejandro que fue mi motor impulsor para que iniciara mi carrera y a la luz de mis ojos mi hijo Alejandro, quienes pacientemente han soportado largos momentos de ausencia y me han apoyado en toda esta etapa de mi vida.

A todos muchas GRACIAS



PETRÓLEOS
LIBA VENEZUELA S.A.

RESUMEN

Resumen

El presente trabajo se desarrolló en la Unidad de Negocio Cuvenpetrol S.A de la “Refinería Camilo Cienfuegos”, con el objetivo de proponer mejoras para la gestión de los inventarios de los equipos de instrumentación y control automático y establecer una política de compra que propicie la disminución de los costos de la entidad y el incremento del nivel de servicio al cliente. Para la elaboración de la investigación se utilizaron técnicas y herramientas útiles en la recopilación de información tales como: trabajo de grupo, entrevistas, encuestas, criterio de los expertos, entre otros, que permitieron determinar los costos de emisión de pedidos, de mantenimiento del inventario, así como las diferentes variables que componen el algoritmo del cálculo de stock de seguridad y el nivel de servicio al cliente; para de esta forma darle a la Unidad de Negocio Cuvenpetrol S.A las herramientas necesarias para establecer su política de compra y eliminar la formación de inventarios ociosos y de lento movimiento de los equipos de instrumentación y control automático. Durante la investigación se planificó la demanda de varios equipos muestreados, y se determinaron las órdenes de compra para el nuevo año, logrando una propuesta que mejora las condiciones actuales del sistema de gestión de los inventarios para estos equipos.



PETRÓLEOS
LIBA VENEZUELA S.A.

SUMMARY

Summary

This work was developed in the Business Unit Cuvenpetrol SA of "Camilo Cienfuegos Refinery", in order to suggest improvements to the management of inventories of equipment instrumentation and automatic control and establish a purchasing policy that favors the reduction costs of the entity and the increased level of customer service. For the development of research techniques and tools used in gathering information such as group work, interviews, surveys, opinion of experts, among others, which allowed to determine the costs of issuance of orders of maintaining inventory, and the different variables that make up the algorithm for calculating safety stock and the level of customer service, to thereby give the Cuvenpetrol SA Business Unit the tools necessary to establish its purchasing policy and eliminate the formation of slow idle inventory and movement of equipment and automatic control instrumentation. During the investigation was planned several teams demand sampled and identified the purchase orders for the new year, achieving a proposal to improve the current system conditions inventory management for these teams.



PETRÓLEOS
LIBA VENEZUELA S.A.

INDICE

Índice

Resumen

Summary

Introducción.....	10
Capítulo I: Fundamentación teórica de la Investigación.....	14
1.1. Conceptos de logística.....	15
1.1.1. Objetivos de la logística.	15
1.1.2. Las actividades Logísticas.	16
1.1.2.1. Actividades clave	17
1.1.2.2. Actividades de soporte.....	17
1.2. Sistemas de Gestión de Inventarios.....	18
1.2.1. Clasificación de los inventarios. Método ABC clásico.....	19
1.2.1.1. Clasificación de ítems	20
1.2.1.2. Controles para cada tipo de inventario	20
1.3. Comportamiento de la demanda	21
1.3.1. Demanda Independiente y Demanda Dependiente	22
1.3.2. Demanda determinista o demanda probabilista	22
1.3.3. Demanda continua y demanda irregular.....	23
1.3.4. Pronósticos de la demanda.....	24
1.4. Costos del SGI.....	26
1.5. Modelos de optimización de los inventarios	28
1.5.1. Modelo de la Cantidad Económica de la Orden (EOQ)	30
1.5.2. Modelos basados en el EOQ, modelos de revisión continua y modelos de revisión periódica.....	32
1.5.3. Modelo de revisión continua con demanda aleatoria.....	32
1.5.4. Modelo de Revisión Periódica.....	35
1.5.5. Modelo mín-máx.	37
1.5.6. Modelos de Inventario para demanda irregular	37
1.5.6.1. Heurística de Silver – Meal.	38
1.5.6.2. Heurística Balanceo de Período Fragmentado, (BPF).	39
1.5.6.3. Heurística Costo Mínimo Unitario.....	39
1.6. Procedimientos para la gestión de los inventarios.....	40
Capítulo II: Diagnóstico del Sistema de Gestión de Inventario (SGI) de los equipos de instrumentación y control automático en la Refinería Camilo Cienfuegos.	42
2.1. Caracterización general de la empresa.....	43
2.2. Caracterización del objeto de estudio	47

2.3. Implementación del Sistema ABC al Inventario de los equipos de instrumentación y control automático	48
2.4. Estudio de la demanda en los equipos y piezas del control automático e instrumentación.	50
2.5. Cálculo de los costos relacionados con el sistema de inventario.....	52
2.5.1. Cálculo del costo de ordenar un pedido.	52
2.5.2. Cálculo del costo de mantener una unidad de producto en inventario	55
2.6. Nivel del Servicio	56
2.7. Evaluación del Sistema de Gestión de Inventarios de los equipos automáticos de instrumentación y control.	57
2.7.1. Cálculo del número de expertos para método AHP y Delphi.	57
2.7.2. Aplicación del Método AHP (Proceso de Jerarquía Analítica) en los indicadores de gestión de inventario.....	59
2.7.3. Evaluación de los indicadores del SGI.	61
Capítulo III: Propuesta de mejora en el SGI de los equipos de instrumentación y control automático en la Refinería Camilo Cienfuegos.	64
3.1. Planeación de la Demanda Futura	65
3.2. Modelación de los Inventarios de los equipos seleccionados	66
3.2.1. Heurística Silver - Meal	67
3.2.2. Heurística Costo Unitario Mínimo	72
3.3. Políticas de Inventario para cada Producto	76
3.4. Cálculo de los inventarios máximos	78
3.5. Línea de suministro de los equipos de instrumentación y control automático con lento movimiento en almacén.....	80
3.6. Evaluación del SGI propuesto	81
Conclusiones Generales	
Recomendaciones	
Bibliografía	
Anexos	

Introducción

La realización de actividades de movimientos y almacenamiento de productos y mercaderías se remonta a los orígenes de la historia; sin embargo gran parte de la filosofía logística fue desarrollada en las actividades militares durante la segunda guerra mundial, transcurriendo algunos años antes de que se aplicara al mundo empresarial.

En los últimos años, el mundo ha sufrido una serie de cambios, especialmente en lo que respecta a las prácticas de los negocios. El cliente se ha convertido en una fuente de información estratégica sobre la calidad del producto y del servicio.

En consecuencia, las formas clásicas de dirigir a las organizaciones basadas en el análisis y la optimización de cada una de sus áreas funcionales van perdiendo vigencia a favor de enfoques de dirección sistémicos, que abogan por conseguir un funcionamiento del sistema suficientemente satisfactorio para cada una de sus partes. El control total de la calidad, la dirección por objetivos, el mercadeo y la logística constituyen, bajo formas y campos diferentes, métodos de gestión inspirados en un enfoque integrador y sistémico.

En particular, la logística aborda el estudio del conjunto de actividades que se desarrollan sobre los flujos materiales, informativos, financieros y de retorno desde un origen hasta un destino con una visión sistémica e integrada, con el objetivo de brindar a los clientes internos o externos de la organización un servicio de calidad en el momento oportuno, con un mínimo de gastos.

Tomando en cuenta estas consideraciones, la logística es una herramienta para obtener ventajas competitivas que realiza servicios de valor añadido, los cuales redundan en el incremento de la rentabilidad de las empresas.

Durante las dos décadas posteriores a la segunda guerra mundial se dieron cambios en las condiciones económicas y tecnológicas que favorecieron el desarrollo de la logística; los movimientos demográficos implicaron la ampliación de las cadenas de distribución, y por tanto el aumento de los costos; también se incrementaron los costos de almacenamiento y de transporte. En el campo tecnológico se dieron modalidades y variantes de los servicios de comunicación y de transportes, y paralelamente la variedad de productos repercutieron en la gestión de inventarios.

“Los inventarios se definen como bienes ociosos almacenados, en espera de ser utilizados. Hay muchos tipos de inventarios: materias primas, de materiales en proceso, de productos terminados, entre otros. Se mantiene inventarios por muchas razones: permite reducir costos de producción, se logra ofrecer un servicio rápido al cliente, algunos distribuidores tienen inventarios para poder atender de inmediato los pedidos de sus clientes.

La gestión de inventarios se deriva de la importancia que tienen las existencias para la empresa y, por lo tanto, la necesidad de administrarlas y controlarlas. Su objetivo consiste fundamentalmente en mantener un nivel de inventario que permita, a un mínimo de costo, un máximo de servicio a los clientes.

La administración de los inventarios es uno de los factores determinantes en la cadena proveedor – distribuidor – consumidor. Lo que el cliente compre o deje de comprar, y en la cantidad que desee, define el accionar de cada uno de los integrantes de este negocio maximizar sus beneficios. Los conceptos de manejo y control de inventarios son producto de nuevas ideológicas, que ahora constituye una herramienta fundamental para mejorar la gestión empresarial.

En un gran porcentaje de las empresas tienen problema con la gestión que se realiza en los inventarios, no solo en Cuba sino a nivel mundial. En los lineamientos de la política económica, en los marcos del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, se pronuncia la necesidad de realizar una valoración sobre el estado de la economía y los problemas a resolver, teniendo en cuenta los principales acontecimientos y circunstancias de orden externo e interno. En cuanto a los factores externos, el entorno internacional se ha caracterizado por la existencia de una crisis estructural sistémica, con la simultaneidad de las crisis económica, financiera, energética, alimentaria y ambiental, con mayor impacto en los países subdesarrollados, donde Cuba, con una economía dependiente de sus relaciones económicas externas, no ha estado exenta de los impactos de dicha crisis. Es por esto que este trabajo de diploma está enfocado en los (Modelo de Gestión Económica I) y a la (Política Macroeconómica II).

La Unidad de Negocio Cuvenpetrol S.A., necesita mantener la modernización, mantenimiento y desarrollo de los equipos de instrumentación y control automático los cuales tienen la función de medir y controlar todas las variables como son: temperatura, nivel, flujo y presión. Para garantizar el cumplimiento de los trabajos de montaje, puesta en marcha, reparación, mantenimiento, ajuste y calibración de todo el proceso de refinación se necesita una gestión del inventario que asegure un adecuado nivel de servicio a un mínimo costo.

La Refinería de Cienfuegos Cuvempetrol S.A es una empresa mixta Cuba-Venezuela que combina los últimos avances tecnológicos automáticos en el proceso de refinación. Para la automatización de la gestión de los inventarios de mantenimiento la misma cuenta con una aplicación de software CMMS (Sistema Computarizado para la Administración del Mantenimiento), pero este sistema no cuenta con técnicas que permitan la optimización de pedidos, ni brinda información sobre las cantidades máximas, y mínimas a almacenar, cantidades a pedir, stock de seguridad, frecuencia y fechas de pedido, la evaluación del impacto económico y técnico lo que trae consigo en múltiples ocasiones el exceso o agotado del inventario para mantenimiento y calibración de los equipos automáticos e instrumentación que miden y controlan las variables del proceso de refinación.

- En caso de agotamiento de los equipos de instrumentación el proceso de refinación se ve afectado, pues se dejan de medir variables que pueden traer consigo falta de control en el proceso de refinación.
- Con el agotamiento de los equipos automáticos el proceso de refinación se puede ver afectado en el control de muchas variables que pueden ocasionar la parada del proceso o trabajar bajo riesgo.
- Actualmente 9 de los 24 equipos más importantes con más actividad en la demanda se encuentran en falta o lo han estado por largos períodos, lo cual ha afectado el nivel de servicio al mantenimiento y calibración viéndose afectado el proceso de refinación o trabajando bajo riesgo.
- Con el exceso de los inventarios de equipos automáticos e instrumentación se pierden las garantías en el almacén, provocan lentos movimientos, trayendo consigo un incremento de los costos de esta actividad con un valor total retenido de **700.829,06 CUC**.
- El sistema informativo no es capaz de brindar la información necesaria para gestionar correctamente los inventarios eficiente y eficazmente por lo que se desconocen los niveles actuales de servicio del sistema, los costos de ordenar y de mantener estos inventario

Lo anteriormente expuesto constituye **la situación problemática de la investigación** de la cual se deriva el problema de investigación a resolver.

Problema Científico:

¿Cómo contribuir a disminuir los costos de inventarios y asegurar un adecuado nivel de servicio en las actividades de mantenimiento y calibración de los equipos automáticos y de instrumentación directos al proceso de refinación?

Hipótesis:

Si se diagnostica y se perfecciona el Sistema de Gestión de Inventarios (SGI) de los equipos automáticos y de instrumentación directos al proceso de refinación, se logrará un adecuado nivel de servicio de las actividades de mantenimiento y calibración, con la reducción de los costos del SGI.

Las **variables independientes** de la investigación:

El diagnóstico al SGI actual de los equipos automáticos y de instrumentación.

Las **variables dependientes**:

Las causas de los problemas detectados en el sistema y la propuesta de un SGI que sea capaz de determinar las cantidades a ordenar de dichos equipos, cuándo ordenarlos, los niveles de inventario a mantener y el costo de este sistema.

Conceptualización:

El diagnóstico del SGI es el conjunto de técnicas de obtención, organización y análisis de la información acerca del sistema estudiado con el fin de encontrar oportunidades de mejora, y tomar acciones para ello.

Las causas de los problemas detectados: Son el inventario de causas que llevan a la ineficacia o ineficiencia del SGI para mantener las actividades de mantenimiento y calibración de los equipos de instrumentación y control automático.

La propuesta de mejoras en el SGI: Constituye la enmienda necesaria para garantizar que el sistema cuente con los modelos de gestión de inventarios más adecuados de a las características de los equipos y productos, (comportamiento de la demanda, valor, importancia para el proceso, comportamiento de los tiempos de entrega, etc.) y sea capaz de determinar las cantidades a ordenar, cuándo realizar los pedidos y que pueda predecir los costos al sistema.

Tipo de investigación: Descriptiva.

Objetivo General:

Diagnosticar el SGI actual para los equipos automáticos y de instrumentación directa al proceso de refinación de Cuenpetrol S.A para proponer un sistema capaz de mantener un alto nivel de servicio y a un costo de mínimo.

Para el cumplimiento de este objetivo se desarrollan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Demostrar la importancia de la gestión de inventarios así como el desarrollo de modelos de gestión de inventarios que garanticen el desarrollo de la investigación.
2. Diagnosticar el SGI actual para detectar las deficiencias que necesiten la propuesta de acciones de mejora.
3. Proponer mejoras en el SGI que garanticen un adecuado nivel del servicio con la reducción de los costos asociados a la gestión de los inventarios

Justificación de la investigación:

La gestión de los inventarios y un modelo adecuado para el mismo es de vital importancia, ya que su descontrol presta oportunidades a grandes diferencias en cantidades monetarias y volúmenes, robos, desperdicios, lo cual ocasiona directamente pérdidas a la organización, este se centra en determinar qué ordenar, cuánto ordenar, cuándo ordenar y a qué costo. Teniendo en cuenta que la empresa necesita analizar el sistema de gestión de inventario en los equipos automáticos y de instrumentación directa al proceso de refinación que garantice un adecuado Nivel de Servicio de la actividad de control automático, logrando reducir así el impacto económico y técnico que trae consigo, se procede al trabajo de investigación.

Estructura de la Investigación.

Esta tesis de diploma consta de resumen de los principales resultados del estudio, y una introducción donde se describen los principales aspectos del diseño de la investigación. El **capítulo I** resume la teoría y la práctica de la gestión de inventarios para justificar el transcurso de la investigación. El **capítulo II** describe la realización del diagnóstico del SGI de los equipos automáticos y de instrumentación utilizados en la Unidad de Negocio Cuvenpetrol S.A de la Refinería Camilo Cienfuegos. En el **capítulo III** se realizan las propuestas de mejoras al SGI que garanticen la gestión correcta de estos inventarios. Por último se realizan conclusiones donde se muestran los principales resultados y recomendaciones necesarias para la continuidad de la investigación.

Capítulo I: Fundamentación teórica de la Investigación.

En el presente capítulo se abordan los principales aspectos teóricos sobre los temas relacionados con la logística, los sistemas de gestión de inventarios, los tipos de demanda, y los costos relacionados con el inventario. Se estudian los modelos de optimización, así como los tipos de procedimientos para gestionar los inventarios propuestos por diversos autores. En la **Figura 1.1** se muestra el hilo conductor de la investigación en el cual se relacionan los principales temas abordados.

Generalidades sobre la Logística Empresarial	• Concepto Logística Empresarial • Objetivos de la Logística • Actividades Claves de la Logística
Los Sistemas de Gestión de Inventarios (SGI)	• Concepto de Inventario • Objetivos de los SGI • Clasificación de los Inventarios (ABC) • Control de los Inventarios
La demanda	• El comportamiento de la demanda y SGI • Demanda Independiente vs Demanda Dependiente • Demanda Determinista vs Demanda Estocástica • Demanda Regular vs Demanda Irregular
Los costos de Inventarios	• Los costos de ordenar • Los costos de mantener inventario
Modelos de optimización de Inventarios	• Modelos demanda determinista • Modelos demanda aleatoria • Modelos demanda irregular
Soporte Teórico de la Investigación	

Figura 1.1 Hilo conductor de la investigación. Fuente: Elaboración propia

En los epígrafes que siguen se desarrollan los principales planteamientos relacionados con cada uno de los aspectos expuestos en el hilo conductor de la investigación.

1.1. Conceptos de logística

Muchos son los autores que han definido el término logística, a lo largo de su desarrollo evolutivo. A continuación se exponen algunas de estas definiciones:

Según (Magee, JF, 1968), la logística es el movimiento de materiales desde una fuente u origen hasta un destino o usuario. También plantea que es el conjunto de actividades que tienen por objeto situar al menor costo una cantidad de productos en el sitio, en el momento y con la calidad deseada.

Para (Santos Norton María L, 1995), la logística es un enfoque que permite la gestión de una organización a partir del estudio del flujo material y del flujo informativo que a él se asocia, desde los suministradores hasta los clientes, partiendo de las funciones básicas siguientes: la gestión de aprovisionamiento, la gestión de los procesos, la distribución física, la planificación integrada y el aseguramiento de la calidad.

Según el Council of Supply Chain of Management Professionals (CSCMP), “la logística es aquella parte de la gestión de la cadena de abastecimientos que planifica, implementa y controla el flujo -hacia atrás y adelante- y el almacenamiento eficaz y eficiente de los bienes, servicios e información relacionada desde el punto de origen al punto de consumo con el objetivo de satisfacer los requerimientos de los consumidores”(CSCMP, 2007)

(Cespón Castro, R. y M. Amador Orellana, 2003) definen: “Logística es el proceso de gestionar los flujos material e informativo de materias primas, inventario en proceso, productos acabados, servicios y residuales desde el suministrador hasta el cliente, transitando por las etapas de gestión de los aprovisionamientos, producción, distribución física y de los residuales”.

1.1.1. Objetivos de la logística.

Para (Ballou, H. R., 1991) el objetivo de la logística es lograr que los productos o servicios adecuados estén en el lugar adecuado, en el momento preciso y en las condiciones deseadas, con el menor coste posible.

La logística debe procurar lograr el mayor retorno posible de los fondos invertidos en la empresa, por lo que esto constituye su misión. Esto tiene dos aspectos:

- El impacto del diseño del sistema logístico sobre los ingresos.
- Los costos de dicho diseño.

Por lo que podría decirse que los objetivos del sistema logístico consisten en proporcionar el nivel de servicio al cliente (NSC) deseado, con un costo aceptable.

Un aspecto siempre importante para asegurar un buen NSC lo constituye el tiempo del ciclo logístico, siendo la definición asumida en este trabajo, los tiempos transcurridos desde que se solicita la orden de un cliente hasta que esta es servida. La minimización del ciclo logístico constituye también un objetivo importante en las soluciones del diseño del sistema logístico y fuente de investigaciones.

Los objetivos de la logística han variado con las problemáticas de los sistemas empresariales incorporando también como metas aspectos muy diversos como el deterioro ambiental con llamadas logística inversa, logística del reciclaje y logística verde, la sostenibilidad y la integración entre los diferentes miembros del sistema logístico para la administración de la llamada cadena de suministros. Es indudable que la nueva concepción del sistema logístico como cadena integrada de suministros, hace necesario que proveedores y clientes comiencen a reconocer las oportunidades de obtener ventajas mutuas que pueden derivarse de compartir información acerca de las necesidades de materiales de una manera continua y leal. Los beneficios de esta relación más estrecha pueden cifrarse en:

- Mayor valor añadido al producto.
- Plazos de entrega más cortos y fiables.
- Menos cambios de última hora en las programaciones.
- Menos *stocks*.
- Menos problemas de calidad.
- Mayor adecuación del servicio y el producto a las necesidades específicas de cada cliente.

1.1.2. Las actividades Logísticas.

La logística es un sistema con actividades interdependientes (Ballou, H. R., 1991). Estas actividades pueden variar de unas organizaciones a otras, algunos autores (Cespón Castro, R. y M. Amador Orellana, 2003), (Ballou, H. R., 1991) concuerdan en clasificar en actividades claves aquellas actividades que siempre van a tener lugar en cualquier canal logístico,

mientras que las actividades de soporte sólo se van a desarrollar, bajo ciertas circunstancias en determinadas empresas.

1.1.2.1. Actividades clave

- Servicio al cliente: Cooperación con el departamento de ventas mediante: la determinación de las necesidades y deseos del cliente con relación el servicio logístico, la determinación de la respuesta del cliente al servicio que se le ha dado, establecimiento de los niveles de servicio al cliente.
- Transporte: Selección del modo y medio de transporte, consolidación de envíos, establecimiento de rutas de transporte.
- Gestión de inventarios: Política de *stocks* tanto a nivel de materias primas como de productos acabados o finales, proyección de las ventas a corto plazo, relación de productos en los almacenes, número, tamaño y localización de los puntos de almacenamiento.
- Procesamiento: Procesamiento de interacción entre la gestión de pedido y la de inventarios, métodos de transmisión de información sobre los pedidos, reglas para la confección de los pedidos.

1.1.2.2. Actividades de soporte

- Almacenamiento: Determinación del espacio de almacenamiento, diseño de almacén y de los muelles de carga y descarga, configuración del almacén, ubicación de los productos en el almacén.
- Manejo de mercancías: Selección de equipos, procedimientos de preparación de pedidos, almacenamiento y recuperación de mercancías.
- Compras: Selección de las fuentes de suministro, cálculo de las cantidades a comprar, selección de los momentos de compra.
- Empaquetamiento: El diseño depende de: manipulación, almacenaje, nivel de protección contra pérdidas y desperfectos.
- Planificación del producto: Cooperación con producción/operaciones, especificando las actividades de los componentes, estableciendo la secuencia y ciclo de operaciones.
- Gestión de la información: Recogida, almacenamiento y manipulación de la información, análisis de datos, procedimiento de control.

1.2. Sistemas de Gestión de Inventarios

El inventario constituye una reserva de materiales, materias primas, producción en procesos o productos terminados, que no tiene un empleo sistemático y son originados por la baja fiabilidad, para garantizar un determinado servicio al cliente (Cespón, C. R. y Auxiliadora, M, 2003).

(Monks, Joseph G, 1991), lo define como una actividad de recursos materiales, con un valor económico potencial, retenida para facilitar la producción o los servicios o para satisfacer las demandas de los consumidores. Es una interrupción en el flujo material que oculta problemas existentes en el mismo.

Los inventarios están presentes en el aprovisionamiento, la producción y la distribución y cumplen al menos cinco funciones de la empresa:

- Permiten utilizar economía de escala.
- Equilibran la oferta y la demanda.
- Permiten la especialización en la producción.
- Permiten protegerse de la inseguridad de la demanda y del ciclo de abastecimiento.
- Actúan como colchón en los diferentes niveles de la cadena logística.

El *Sistema Gestión de inventario* es el proceso encargado de reducir al máximo su cuantía, sin afectar el servicio al cliente, mediante una adecuada planeación y control del mismo, a través de políticas y controles que supervisan los niveles de inventario y se determinan cuáles son los niveles que deben mantenerse, cuándo hay que reabastecer el inventario y de qué tamaño debe ser el inventario. Dichas políticas consisten en el conjunto de reglas y procedimientos que aseguran la continuidad de la producción de una empresa, permitiendo una seguridad razonable en cuanto a la escasez de materia prima e impidiendo el exceso de inventario. El objetivo de los SGI, tiene dos aspectos que se contraponen: por una parte, se requiere minimizar la inversión del inventario, puesto que los recursos que no se destinan a ese fin se pueden invertir en otros proyectos aceptables que de otro modo no se podrían financiar; por la otra, hay que asegurarse de que la empresa cuente con inventarios suficientes para hacer frente a la demanda cuando se presente y para que las operaciones de producción y venta funcionen sin obstáculos, como se ve los dos aspectos del objetivo son conflictivos.

Las principales decisiones del SGI se representan a continuación

1. Análisis del comportamiento y predicción de la demanda
2. Clasificación de los inventarios
3. Determinación de los costos del SGI
4. Selección del modelo de optimización más adecuado
5. Adecuación de los resultados del modelo a la realidad de la empresa
6. Controlar el desempeño del SGI y mejorar continuamente el sistema.

1.2.1. Clasificación de los inventarios. Método ABC clásico

Los inventarios de la empresa pueden estar compuestos por más de un tipo de artículo y no todos ellos requieren el mismo control y el mismo manejo, porque no todos tienen el mismo valor.

Como el inventario representa el capital ocioso e inactivo de la empresa, se debe ejercer un estricto control de inventarios en los artículos que sean los que incrementan los costos de capital, mientras que en los artículos rutinarios que contribuyen muy poco al costo de capital, el control de inventarios menor.

El sistema “ABC”: es un sistema de clasificación de los artículos de la empresa en función al costo, esta clasificación es en tres grupos A, B, C, basado en el principio del 80-20 obtenido por Pareto en Italia en 1897 tras un estudio sobre la distribución de los ingresos y la riqueza (Paul S. Bender, 1981). La clasificación de los inventarios según este método permite lograr economía en el personal necesario para la planificación y control de los inventarios, menores posibilidades de casos de desabastecimiento de los artículos más importantes causados por fallas internas de la empresa, mayor eficiencia en el manejo de las existencias.

Los artículos clasificados como tipo o en el grupo “A”, representan pequeñas cantidades (20% del volumen total) de artículos más costosos (80% del costo total); son los que requieren de un estricto control de inventarios, aunque el tamaño o cantidad de pedido sea pequeña.

Los artículos de tipo o grupo “B”, son menos costosos que los primeros (15% del costo total) y también representan pequeñas cantidades (30% del volumen total); este grupo requiere un control moderado de inventarios.

Los artículos tipo “C”, son los restantes, es decir representan cantidades grandes (50% del volumen total), pero son los artículos de costos más bajos (5% del costo total); el control de inventarios es de limitada prioridad, aunque el tamaño del pedido puede ser muy grande.

Se clasifican los inventarios de la siguiente forma:

1. Para cada ítem, determinar la cantidad de unidades almacenadas.
2. Obtener costo unitario de cada ítem.
3. Multiplicar las cantidades almacenadas por el costo unitario, determinando así, el costo de las cantidades empleadas para cada ítem.
4. Ordenar los artículos en orden descendente por sus valores de consumo.

1.2.1.1. Clasificación de ítems

- **Existencias A:** Son los artículos *más importantes* para la gestión de aprovisionamiento, forman aproximadamente el 20 % de los artículos del almacén y, en conjunto, pueden sumar del 60 al 80 % del valor total de las existencias. Estas existencias hay que controlarlas y analizarlas estricta y detalladamente, dado que tienen el valor económico más relevante para el aprovisionamiento.
- **Existencias B:** Son existencias *menos relevantes* para la empresa que las anteriores. A pesar de ello, se debe mantener un sistema de control, pero mucho menos estricto que el anterior. Pueden suponer el 30 % de los artículos del almacén, con un valor de entre el 10 y el 20 % del almacén.
- **Existencias C:** Son existencias que tienen muy *poca relevancia* para la gestión de aprovisionamiento. Por tanto, no hay que controlarlas específicamente, es suficiente con los métodos simplificados y aproximados. Representan aproximadamente el 50 % de las existencias de la empresa, pero menos del 5 o 10 % del valor total del almacén.

1.2.1.2. Controles para cada tipo de inventario

Existencias A

Se requiere un estrecho control para las partidas de inventario con altos costos por faltantes y para aquellas partidas que presentan una parte importante del valor total del inventario. El control más estrecho puede quedar reservado a las materias primas que se utilizan en forma constante en volúmenes extremadamente elevados. Los agentes de compras pueden

celebrar contratos con los proveedores que aseguren un suministro constante de estos materiales en cantidades que equiparen la proporción de utilización.

En estas instancias la adquisición de materias primas no está determinada por cantidades económicas o por ciclos. Se realizan cambios periódicos en la velocidad de flujo conforme a la demanda y la posición de inventario sufre cambios.

Se mantienen suministros mínimos como protección contra las fluctuaciones de la demanda y posibles interrupciones en el suministro.

Existencias B

Estas partidas deberán ser seguidas y controladas mediante un sistema computarizado con revisiones periódicas por parte del administrador.

Los parámetros del modelo son revisados con menor frecuencia que en el caso de las partidas de la clase A. Los costos de faltantes de existencias para las partidas de la clase B deberán ser moderados a bajos y las existencias de seguridad deberán brindar un control adecuado de los faltantes, aun cuando la colocación de órdenes ocurre con menos frecuencia.

Existencias C

Las partidas de la clase C representan la mayor parte de las partidas de inventario y un sistema de controles diseñados pero rutinarios debe ser adecuado para su control. Un sistema de punto de reabastecimiento que no requiera de una evaluación física de las existencias generalmente será suficiente.

Para cada una de estas partidas, las acciones necesarias son activadas cuando los inventarios se reducen hasta el punto de reabastecimiento. Si la utilización cambia, las órdenes serán activadas antes o después del promedio, siempre y cuando se establezca la compensación necesaria. Deberán realizarse revisiones semestrales o anuales de los parámetros del sistema para actualizar las proporciones de utilización, los estimados de los tiempos de entrega de los insumos y los costos que pudieran derivarse.

1.3. Comportamiento de la demanda

El comportamiento de la demanda resulta de vital importancia en el estudio del sistema de

inventario, debido a que influye de manera decisiva en el comportamiento del mismo, y en el tipo de modelo matemático que puede ser utilizado para su gestión. La demanda puede ser clasificada como sigue:

1.3.1. Demanda Independiente y Demanda Dependiente

La mayor diferencia en la forma en que se planifica y controla el inventario viene dada por el hecho de que la demanda del producto es independiente o dependiente (Aquilano C, 2004). El producto con demanda independiente es aquel cuya demanda está influenciada por las condiciones del mercado, y se identifica con producto terminado, una parte o una pieza de repuesto. Es típica de un inventario comercial, aunque puede presentarse en otros tipos de actividad. Un producto con demanda dependiente es aquel que será utilizado en la fabricación de un producto final, estando su demanda determinada por la cantidad de producto terminado que debe fabricarse. Surge en un proceso de manufactura donde la demanda de partes depende de la demanda del producto terminado (Felipe, Pilar, 2007).

Estos diferentes patrones de demanda requieren diferentes enfoques para la administración del inventario. Para el producto con demanda independiente es apropiada una filosofía de reposición, esto es, conforme se utiliza la existencia se repone con el objetivo de tener el producto para satisfacer la demanda de los consumidores. Para un artículo con demanda dependiente, se utiliza una filosofía del requerimiento, esto es, la cantidad del producto que se ordena se basa en el requerimiento por artículos de nivel más alto. Cada una de estas filosofías utiliza métodos diferentes para la administración del inventario, modelo cuantitativo que se desarrolla es aplicable solo a un producto con demanda independiente.

1.3.2. Demanda determinista o demanda probabilista

Se dice que un producto tiene demanda determinista cuando la demanda del mismo para un período determinado de tiempo se conoce con certeza. Si la demanda del producto está sujeta a una gran incertidumbre y variabilidad la demanda del mismo es probabilista. (Felipe, Pilar, 2007)

Dentro del suministro resulta muy importante tener en cuenta el tiempo de entrega, que no es más que, el tiempo que media entre la solicitud del pedido y la recepción del mismo. Al igual que la demanda, el tiempo de entrega puede ser determinista, si es conocido y constante, o puede ser probabilista. Dentro de este elemento puede también considerarse la llamada tasa de reaprovisionamiento que no es más que la tasa a la que se recibe el producto. Si una vez

que se solicita el pedido o lote éste se recibe completamente y todo de una vez se dice que el reaprovisionamiento es global. Si el lote se va recibiendo de forma paulatina, se dice que el reabastecimiento es uniforme.

1.3.3. Demanda continua y demanda irregular

Cuando la demanda es regular o continua podrá ajustarse a alguna de las distribuciones estadísticas conocidas y generalmente va a ser posible descomponer un modelo de demanda en componentes aleatorios, estacionales y de tendencia. Para este tipo de demanda es posible utilizar modelos matemáticos como series de tiempo o regresión entre otras, (Ballou, H. R., 1991), (Schroeder, R, 1992) Otra consecuencia importante en este tipo de demanda es que cuanto menor sea la influencia de la componente aleatoria en la variación de la demanda a lo largo del tiempo, mejores resultados se van a obtener en los procedimientos de previsión más comunes.

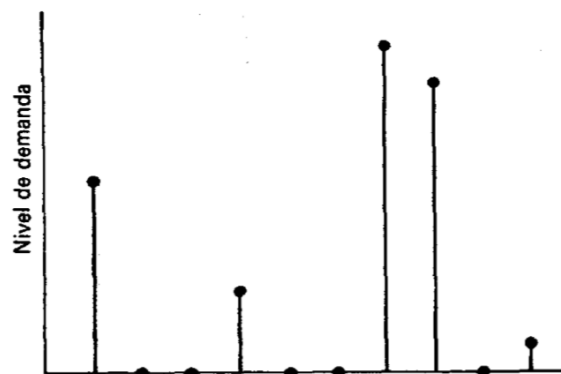


Figura 1.2 Comportamiento de la demanda irregular (Ballou, H. R., 1991)

Cuando la demanda de artículos es intermitente como se observa en la **Figura 1.2**, producto de un bajo volumen global y de un alto grado de incertidumbre al determinar cuándo y qué nivel de demanda se va a producir, se dice que es irregular. Este comportamiento es muy frecuente en artículos que se están introduciendo en el mercado o en aquellos que están saliendo de la línea de productos de la compañía. También es frecuente en inventarios utilizados en mantenimiento de las tecnologías instaladas. En estos casos, la demanda es relativamente baja, está repartida entre diferentes puntos de almacenamiento o se deriva de la demanda de otros productos. Este tipo de comportamientos de la demanda son particularmente difíciles de prever a través de las técnicas más comunes. Este tipo de demanda refleja la situación en la que hay tanta variación aleatoria en el comportamiento de

la misma que puede llegar a ocultar los efectos del elemento tendencia y de posibles variaciones estacionales. La condición de demanda desigual como aquellas situaciones en las que la desviación típica de los datos históricos supera el nivel del mejor modelo de previsión que pueda emplearse. Existen varias razones para que se produzca este modelo de demanda desigual. En primer lugar puede darse si el comportamiento de la misma está dominado por grandes e infrecuentes pedidos de los clientes. Otra razón es que la demanda se derive de la demanda de otros productos o servicios. Los comportamientos desiguales de la demanda son, por naturaleza, difíciles de predecir con exactitud. No obstante, es posible dar algunas sugerencias para su tratamiento. En primer lugar, es conveniente buscar las razones de la irregularidad e intentar sacar provecho de este conocimiento. La segunda sugerencia es no reaccionar rápidamente ante cambios en el comportamiento de la demanda de productos y servicios si no se puede encontrar causas a las que atribuir dichas variaciones. En vez de hacer esto, es mejor usar un método sencillo y estable de estimación que no reaccione.

1.3.4. Pronósticos de la demanda

La demanda debe pronosticarse para planear el sistema productivo, el abastecimiento y los despachos, de manera que la cadena de suministros opere correctamente. Los pronósticos permiten la obtención de información relevante, precisa y confiable, que debe ingresar a los sistemas de control de inventarios; es entonces necesario que las empresas utilicen correctamente los modelos y procedimientos más adecuados para tal fin.

(Chase, R. B. y Aquilano, N. J, 1994), divide los modelos de pronósticos en cuatro grupos básicos:

Modelos cualitativos: son subjetivos y se basan en opiniones y procedimientos realizados por personas consideradas como expertas en una compañía

Modelos de series de tiempo: suponen que el futuro se comporta de manera similar al pasado. Las proyecciones se realizan mediante la utilización de modelos matemáticos que tratan de buscar relaciones entre los datos pasados y el tiempo

Modelos causales: suponen que la demanda se relaciona con una o varias variables diferentes al tiempo, y tratan de establecer sus interrelaciones mediante modelos matemáticos

Modelos de simulación: examinan supuestos sobre las condiciones del pronóstico, y establecen predicciones del tipo “que pasaría sí...”.

Los inventarios de seguridad son elementos del control de inventarios que buscan proteger a las empresas contra las fluctuaciones de la demanda; se encuentran directamente relacionados con los pronósticos, específicamente con los errores que ellos generan. De esta manera, mejorar la calidad de un pronóstico conlleva la disminución de este tipo de inventarios, reduciendo de manera significativa el costo de los inventarios y ofreciendo un mejor nivel de servicio al cliente. Para lograrlo se hace necesario que las empresas trabajen de la mano con proveedores y clientes y utilicen mejores modelos de proyección, para disminuir las fuentes de error y predecir de forma más acertada la demanda futura.

Para realizar un pronóstico adecuado, cualquiera sea el método empleado, se recomienda llevar a cabo los siguientes pasos:

Levantamiento u obtención de datos y retroalimentación permanente de los resultados obtenidos. Si no se dispone de la información es necesario recopilarla; cuando definitivamente ella no se encuentra disponible (por ejemplo en el caso de artículos nuevos) es necesario utilizar técnicas de tipo cualitativo (Ballou, H. R., 1991).

Identificación de patrones de comportamiento de la demanda. La **Figura 1.3** muestra los diferentes tipos existentes; realizar la identificación del más representativo es de vital importancia para definir el modelo de pronósticos por emplear.

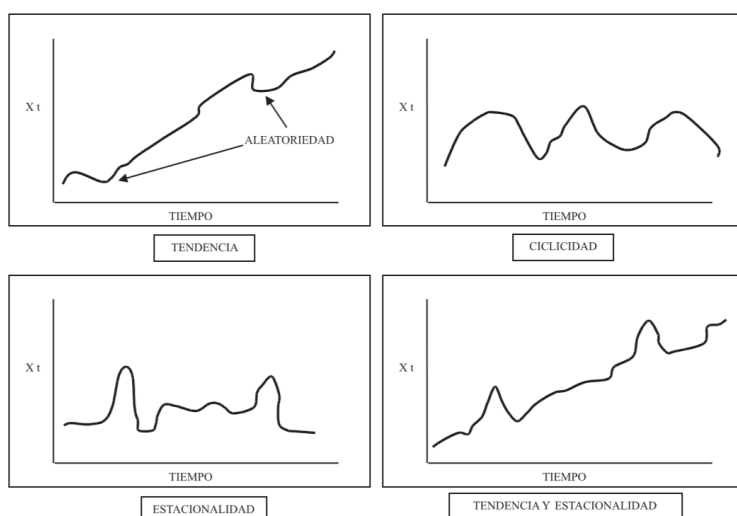


Figura 1.3 Comportamiento de las demandas regulares (Castro, C. A, 2003)

Definición del tipo de modelo a utilizar, de acuerdo con el patrón identificado. Modelos diferentes han sido desarrollados para cada patrón de comportamiento; es necesario emplear varios de ellos y luego realizar análisis comparativos de sus resultados.

Medición del error y comportamiento del modelo en el tiempo. Para medir los errores de un pronóstico se emplean básicamente los siguientes indicadores: el MAD (Desviación Absoluta Media) y $L \sigma$ (Desviación Estándar del Error del Pronóstico); ellos representan una medida inicial sobre la exactitud de los modelos utilizados. Para validar el comportamiento del modelo en el tiempo y realizar los ajustes necesarios alcanzando un buen funcionamiento también se hace necesario realizar un control del pronóstico, mediante la utilización de la señal de rastreo, la cual permite identificar posibles sesgos en el pronóstico (Sipper, D, Robert L, 1999), (SILVER, E; PYKE, D. and PETERSON, R, 1998).

Incorporación del juicio humano. Dado que la mayoría de los modelos son desarrollos matemáticamente y que es imposible incluir “todos” los posibles factores que afectan el pronóstico de la demanda, es importante incluir apreciaciones de expertos; solo ellos pueden identificar otras posibles causas influyentes en el resultado obtenido.

1.4. Costos del SGI

Muchos problemas de inventarios pueden ser resueltos mediante criterios económicos. Sin embargo uno de los prerrequisitos es entender la estructura del costo. Las estructuras del costo de inventario incorporan siguientes tipos de costo:

1. Costo del artículo. Este es el costo de comprar o producir los artículos individuales del inventario. Generalmente, se expresa como un costo unitario.
2. Costo de preparación o de ordenar pedidos. Este costo está relacionado con la adquisición de un grupo o lote de artículos.

El costo de ordenar o producir una cantidad q se puede representar por una función. La forma más sencilla de esta función es aquella que es directamente proporcional a la cantidad ordenada o producida, cq , donde c representa el costo unitario por ordenar cada unidad. Otra suposición común es que c se compone de dos partes: un término que es directamente proporcional a la cantidad ordenada o producida y un término que no depende de la cantidad de productos q como se muestra en la expresión 1.1.

$$S(q) = C_0 + cq$$

1.1

Donde: $S(q)$ es el costo de lanzar una orden, C_0 representa el costo fijo de preparación de la orden y c el costo unitario. La constante incluye la mecanografía de la orden de compra, la expedición de la orden, los costos de transportes, los costos de recepción. Cuando el artículo se produce dentro de la empresa, existen también costos asociados a la colocación de una orden que son independientes a la cantidad de artículos producidos. Estos costos llamados de preparación incluyen los costos de papeleo, más los costos requeridos en poner a funcionar el equipo de producción. En algunos casos, los costos de preparación pueden ascender a miles de pesos, conduciendo a economías significativas a largo plazo. El costo de preparación con frecuencia se considera fijo cuando, se puede reducir cambiando las formas, como están diseñadas y administradas las operaciones. (Hillier, F.S., 1995) (Lieberman, Julio, 2000).

3. Costos de inventario o conservación. Esta clase de costos están relacionados con la permanencia de artículos en inventarios durante un período. El costo de conservación usualmente se carga como un porcentaje de valor por unidad en el tiempo. Usualmente se carga como un porcentaje del valor por unidad en el tiempo, denominada tasa de inventario y en la práctica están generalmente en el rango de 15 a 30 % al año. (Felipe, Pilar, 2007) y se determina el costo de mantener inventario como iC donde i es la tasa de inventarios por unidades de tiempo y C el costo unitario del inventario.
 - **Costo de capital.** Cuando los artículos se tienen en el inventario, el capital invertido no está disponible para otros propósitos. Esto representa un costo de pérdida de oportunidades, lo cual se asigna al costo de inventario como un costo de oportunidad.
 - **Costo de almacenamiento.** Este costo incluye costos variables del espacio, seguros e impuestos. En algunos casos, una parte del costo es fijo, por ejemplo, cuando se posee un almacén y no se puede utilizar con otros fines. Tales costos fijos no deben incluirse en el costo de almacenamiento de inventario. De la misma manera, los impuestos y seguros deben incluirse, sólo si varían con el nivel del inventario.
 - **Costos de obsolescencia, deterioro y pérdida.** Los costos de obsolescencia deben asignarse a los artículos que tienen un alto riesgo de hacerse obsoletos;

entre mayor es el riesgo mayor es el costo. Los productos perecederos deben cargarse con el costo de deterioro cuando el artículo se daña con el tiempo. Los costos de pérdida incluyen costos de hurto y daños relacionados con la conservación de artículos en el inventario.

- **Costo de inexistencia.** El costo de inexistencia refleja las consecuencias económicas cuando se terminan los artículos almacenados. Pueden aparecer dos casos: En primer caso una pérdida de oportunidad se contabiliza como un costo de inexistencias. Esto sucede cuando por ausencia de un artículo el cliente tiene que esperar y exige que se apliquen políticas de descuento, etc. El segundo caso aparece cuando se pierde la venta si no se tiene material listo. Se pierde la ganancia que representa la venta, en la forma de ventas futuras se puede perder también.

La autora de esta investigación considera que los costos de los SGI son difíciles de determinar, pero se pueden estimar en forma lo suficientemente precisa para la mayoría de los propósitos de toma de decisiones a partir de los datos históricos y registros contables de la empresa, aunque, sobre todo en empresas cubanas, con la demanda cautiva y registros contables demasiado convencionales, los costos de oportunidad tanto del capital como por roturas de stock son difíciles de estimar correctamente. El costo de mantener inventario es el más difícil de estimar de todos los costos del sistema de inventario. Las estimaciones se basan en el concepto de utilidades perdidas, en la práctica el problema es manejado con frecuencia indirectamente, especificando un nivel de riesgo de almacenamiento aceptable a través de la tasa de inventarios. El costo de ordenar pedidos también se puede determinar de los registros de la empresa. Sin embargo, se encuentran algunas dificultades al separar los componentes fijos y variables de este costo. El problema de la medición de los costos de los SGI requiere más trabajo de investigación teórica y práctica.

1.5. Modelos de optimización de los inventarios

Los modelos cuantitativos de inventario que se han desarrollado parten de determinados supuestos. Estos no son más que declaraciones acerca del comportamiento de los elementos del sistema de inventario que el modelo representa. Los sistemas y modelos de inventario se clasifican de muchas formas. Una de las más conocidas es la de clasificarlos en función del grado de conocimiento del comportamiento de la demanda. En ese sentido se puede clasificar en determinista, cuando la demanda del producto para un período dado se conoce exactamente y probabilista si el comportamiento de la demanda es aleatorio.

Los modelos de inventario también pueden clasificarse como modelos de cantidad fija de reorden y modelos de período fijo de reorden. En el modelo de cantidad fija de reorden la orden de reabastecimiento es siempre por la misma cantidad. En el modelo de período fijo de reorden el reabastecimiento se realiza a un intervalo fijo de tiempo y la cantidad que se ordena está en dependencia del nivel de inventario que quede en el momento de la revisión, es decir se hace revisiones periódicas a un intervalo fijo de tiempo. En estos tipos de modelo la demanda puede ser determinista o probabilista, al igual que el tiempo de entrega.

Una muestra de los modelos de optimización de inventarios más conocidos insertados en SGI se expone en la **Tabla 1.1**.

Tabla 1.1 Principales técnicas y métodos empleados actualmente en la Logística Empresarial. (Cespón y Orellana, 2003)

Modelos de Inventario	Aportes	Observaciones
Modelo general de inventario determinista para un solo producto.	Tamaño óptimo del lote de producción, en unidades. Tamaño óptimo del número de unidades en déficit. Tiempo óptimo entre reaprovisionamientos. Frecuencia óptima de los reaprovisionamientos. Valor del inventario máximo, en unidades.	Con frecuencia se impone a este modelo algunas restricciones en cuanto a las posibilidades de existencia o no de déficit de unidades.
Modelo periódico único sin costo de lanzamiento	Valor óptimo de la demanda (Punto de pedido), en unidades. (r^*)	Cuando la demanda sea una variable con distribución normal con parámetros μ y σ^2 es aplicable la expresión : $r^* = \mu + \sigma^2$
Modelo básico EOQ	Tamaño óptimo del lote.	Constituye uno de los modelos más empleados en la práctica.
Sistema R,S	Plazo óptimo para realizar un conteo de las unidades	Resulta útil en presencia de varios productos que se transportan en un

	en existencias, en unidades de tiempo.	mismo medio.
Descuento por cantidades	Tamaño del lote mínimo antes del descuento, en unidades. Tamaño del lote mínimo después del descuento, en unidades.	Pueden presentarse diferentes casos.
Retropedidos	Tamaño calculado del retropedido, en unidades.	Su aplicación debe tener un carácter temporal, por la importancia actual del cliente.
Llegada continúa de artículos.	Costo total anual del inventario, en pesos. Tamaño óptimo del lote, en unidades.	CI debe interpretarse como el costo de preparación de las máquinas.
Gestión multiproducto e introducción de restricciones.	Costo total anual, en pesos.	Aparecen restricciones que limitan los tamaños de las órdenes de diferentes productos.
Método Min-Max.	Norma de inventario máxima. Norma de inventario mínima.	Resulta útil para determinar, en qué rango fluctúa el inventario.

1.5.1. Modelo de la Cantidad Económica de la Orden (EOQ)

El *Modelo Básico de Lote Económico de Pedido* (EOQ), también conocido como Modelo de Wilson en honor a su creador, tiene el mérito de haber servido de base a casi la totalidad de los modelos de administración de inventario existentes. Aunque su aplicación práctica tiene limitaciones, derivadas del conjunto de supuestos que requiere, bajo ciertas consideraciones puede y de hecho es aplicado. Entre los mencionados supuestos, los más importantes son:

1. Solo se considera el costo de preparación del pedido y el costo de inventario.
2. La demanda de productos es constante.
3. El plazo de entrega también es constante e inmediato.
4. Los pedidos se solicitan en intervalos constantes de tiempo.

5. No existirá ruptura de stock.

Este modelo encuentra el tamaño del lote a pedir que minimice los costos totales como se muestra en la **Figura 1.4**.

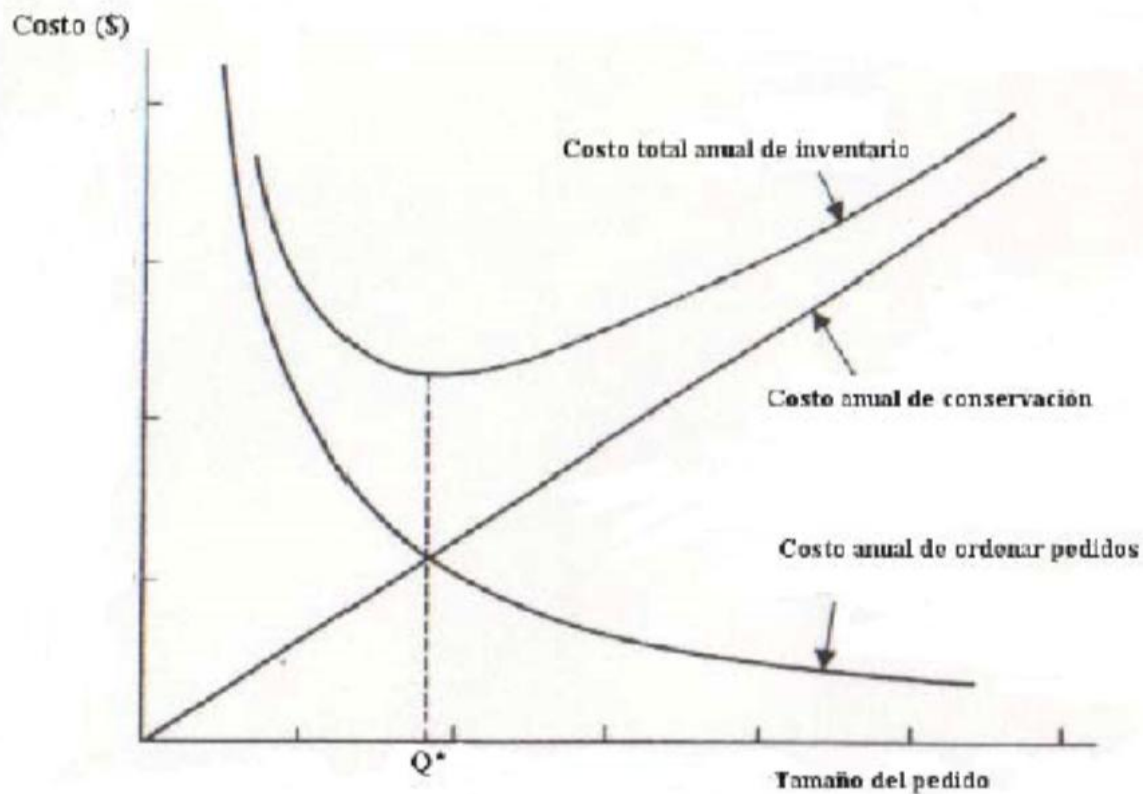


Figura 1.4 Relación entre los costos de ordenar y mantener inventarios con el tamaño de la orden

Los costos totales del modelo se calculan siguiendo la expresión 1.2 y el tamaño del lote óptimo a través de la expresión 1.3.

$$Ct(Q) = S \frac{D}{Q} + iC \frac{Q}{2} + DC \quad 1.2$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{iC}} \quad 1.3$$

Donde Q es la cantidad de productos a ordenar expresada en unidades, $Ct(Q)$ es el costo total del sistema de inventario en \$/(unidad de tiempo) para el tamaño del lote Q que garantiza el cumplimiento de la demanda D la cual está expresada en unidades/(unidades de

tiempo), S representa los costos de ordenar \$/orden, C el costo unitario en \$/unidad, i es la tasa de mantener inventario %/(unidad de tiempo). El perfil del inventario para este caso se muestra en la **Figura 1.5**, donde se puede observar el cumplimiento de los mencionados supuestos.

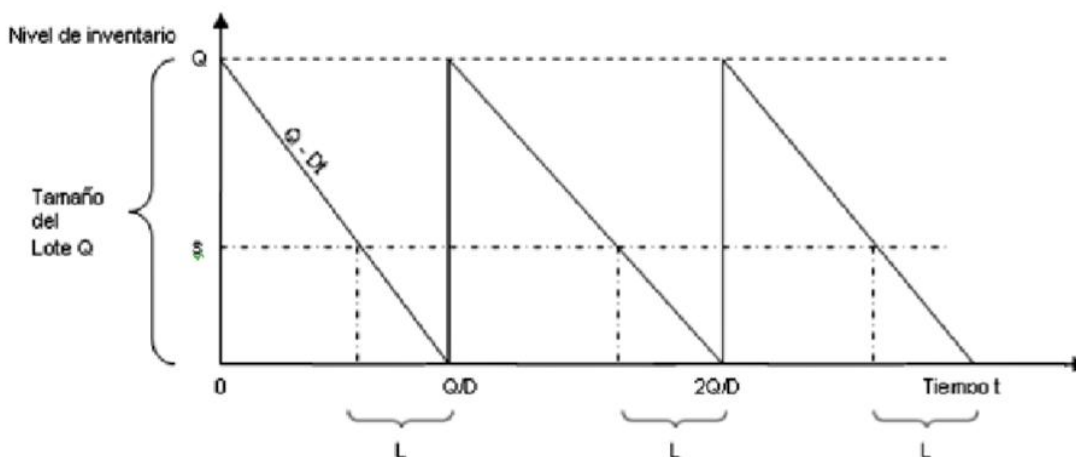


Figura 1.5 Perfil de Inventarios para el Modelo EOQ

El supuesto del EOQ que plantea la inexistencia de ruptura de stock, o sea que siempre habrá disponibilidad en inventario, garantiza en teoría un nivel de servicio al cliente del 100%.

1.5.2. Modelos basados en el EOQ, modelos de revisión continua y modelos de revisión periódica.

El modelo EOQ en la práctica no brinda buenos resultados debido a que los supuestos en que se basa están muy alejados de la realidad, aunque su importancia reside en que fue el precursor de muchos otros los cuales si se acercan más a la realidad de las empresas. En este caso se encuentran los modelos de revisión continua, de revisión periódica y el min-max.

1.5.3. Modelo de revisión continua con demanda aleatoria

Se conoce también como sistema de punto de pedido, sistema de cantidad fija o sistema Q . En el mismo, a partir de determinada cantidad de inventario se le va haciendo entrega de los productos a los clientes internos o externos, hasta llegar a un momento en que queda almacenada cierta cantidad (punto de reorden), en el cual se emite un pedido que será siempre por la misma cantidad, aunque el tiempo entre un pedido y otro pasa a ser variable

siendo esta última la característica principal de este sistema: cantidad fija y frecuencia variable, esta característica del sistema se puede observar en la *¡Error! No se encuentra el ríen de la referencia..*

Este sistema es conveniente utilizarlo cuando se trata de productos o materiales fáciles de contabilizar; de costo elevado que requieren un estricto control, la variedad de surtidos no es muy grande y preferentemente cuando hay cercanía con el proveedor o cliente. Existen dos enfoques principales para el cálculo del inventario de seguridad que según (Chase, R. B. y Aquilano, N. J, 1994) son:

- Enfoque probabilístico, en el cual a partir del nivel de servicio fijado en la estrategia, se determina el percentil que le corresponde y se calcula el stock de seguridad, siendo su resultado más aproximado, pero dada la sencillez del procedimiento resulta muy fácil de aplicar en la práctica.
- Enfoque basado en el nivel de servicio, que considera la existencia de faltantes durante el plazo de entrega, siendo su resultado más exacto pero también menos práctico en cuanto a su empleo frecuente.

En la **figura 1.6** se muestra que los parámetros de este sistema son los siguientes:

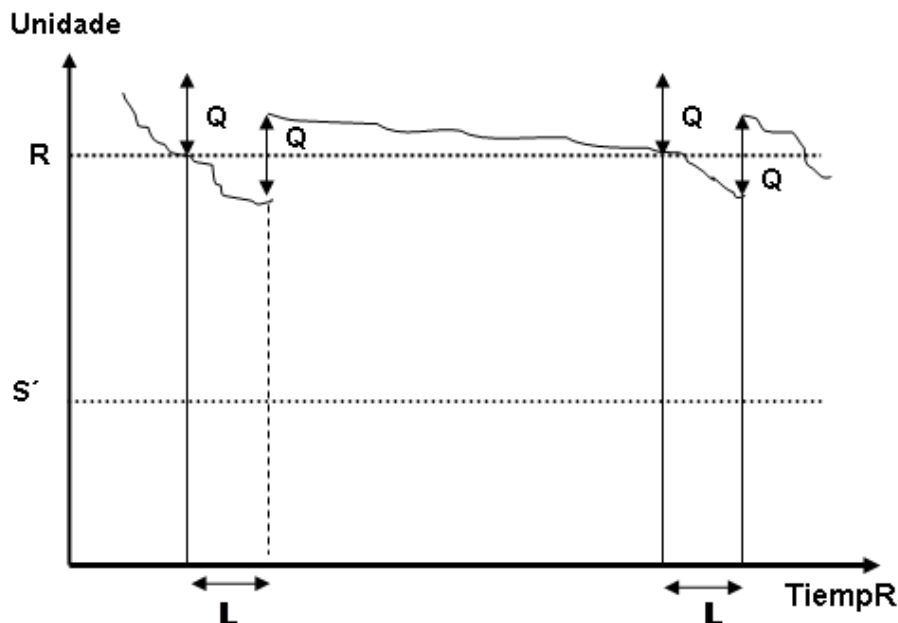


Figura 1.6: Perfil de inventarios par el modelo de revisión continúa

Q: Cantidad Solicitada, expresada en unidades.

L: Plazo de entrega, también conocido como *lead time* es el tiempo que demora el suministrador en enviar el lote (unidades de tiempo).

R: Punto de Pedido o de Reorden (unidades) es la cantidad de inventario para el cual se debe realizar una orden.

SS: Stock de seguridad (unidades) constituye la cantidad de inventario que se utiliza para protegerse de la desviación de la demanda, los errores de predicción y otras irregularidades.

Las expresiones de cálculo 1.4, 1.5 y 1.6 se utilizan para determinar el stock de seguridad, el punto de reorden y el costo total del sistema respectivamente.

$$SS = Z_{\alpha} \sigma_d \sqrt{L} \quad 1.4$$

$$R = DL + SS \quad 1.5$$

$$Ct(Q) = S \frac{D}{Q} + iC \left(\frac{Q}{2} + SS \right) + DC \quad 1.6$$

Donde:

Z_{α} es el percentil de la distribución de la demanda que asegura para la probabilidad α relacionada con el nivel de servicio al cliente que se desea responder con el modelo de inventario, σ_d es la desviación típica de la demanda y L es el plazo de entrega fijado con el proveedor.

La administración del sistema a partir de los parámetros calculados sería de la siguiente forma: se procede a solicitar una cantidad “Q” cada vez que el inventario llega al punto de reorden “R”, debiéndose estar atentos a los cambios de demanda, pues una variación muy pronunciada puede implicar que el sistema tenga que ser rediseñado. En la práctica, estos parámetros se ajustan de acuerdo a las condiciones específicas de la compañía, así por ejemplo, la cantidad a solicitar puede ajustarse a la capacidad del medio de transporte y el punto de reorden a la capacidad del almacén. Además, el sistema se aplica tantas veces como productos existan con esta concepción de administración del inventario, siendo lo más difundido en las empresas el empleo de tarjetas CARDEX que permitan el seguimiento del consumo.

1.5.4. Modelo de Revisión Periódica

Conocido también como sistema de frecuencia fija o sistema “P”, se caracteriza porque en el mismo la frecuencia de suministro se mantiene fija, mientras que la cantidad solicitada en cada pedido constituye una magnitud variable. Su aplicación se recomienda, en presencia de productos muy difíciles de contabilizar, de costo reducido que no requieren de un estricto control, cuando en una misma solicitud se incluyen varios productos y además si el proveedor se encuentra en un lugar relativamente alejado.

Los parámetros principales que constituyen el diseño de un sistema de revisión periódica, son: la frecuencia de suministro, el inventario objetivo, el inventario de seguridad y la cantidad a solicitar en cada revisión, siendo éstos los que a continuación aparecen en las diferentes expresiones de cálculo.

Qi: Cantidad solicitada (unidades).

T: Inventario objetivo (unidades) es la cantidad máxima de inventario que permite el sistema.

L: Plazo de entrega (unidades de tiempo).

SS: Stock de seguridad (unidades).

P: Frecuencia de revisión (unidades de tiempo) constituye el plazo de tiempo fijo entre dos revisiones.

El cálculo de este período P se determina de la misma forma que para Q^* en el modelo EOQ a partir de la función de costo pero sustituyendo a Q como la demanda durante el período P de forma que este costo queda como se muestra en la expresión 1.7 ya que como promedio esa debe ser la cantidad que se consuma entre dos períodos de revisión.

$$Ct(P) = S \frac{1}{P} + iC \left(\frac{DP}{2} + SS \right) + DC \quad 1.7$$

Donde: P es el período de revisión del inventario expresado en unidades de tiempo, el período P que minimice el costo total se determina como se muestra en la expresión 1.8.

$$P^* = \sqrt{\frac{2S}{DiC}} \quad 1.8$$

El resto de los parámetros se calculan a través de las expresiones 1.9 y 1.10.

$$SS = Z_{\alpha} \sigma_d \sqrt{P + L} \quad 1.9$$

$$T = D(P + L) + SS \quad 1.10$$

Donde:

P es el período de revisión y T el inventario objetivo el resto de las variables son las mismas que para los modelos anteriormente descritos. La cantidad a ordenar en un pedido se determina calculando la diferencia entre el inventario objetivo y el inventario actual como se muestra en la expresión 1.11.

$$Q = T - \text{Inventario Disponible} \quad 1.11$$

Donde el Inventario Disponible es la cantidad de productos que existen en existencias en el momento de la revisión. Como la demanda es variable la cantidad a ordenar va a variar de una revisión a otra como puede observarse en la **Figura 1.7**

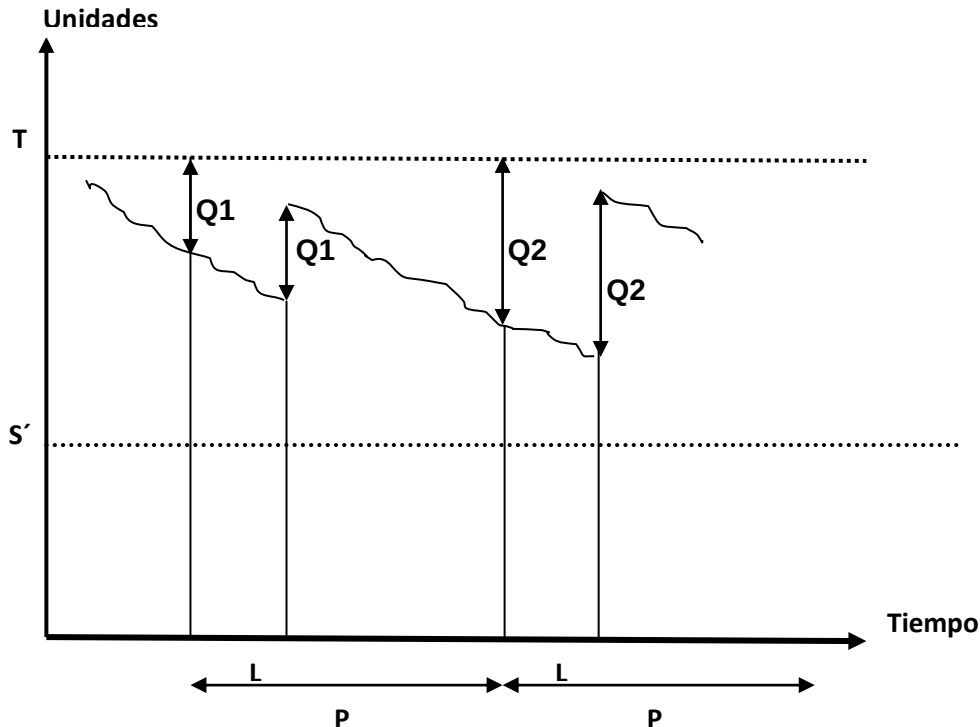


Figura 1.7 Perfil de inventario para el modelo de revisión periódica

Se procede a gestionar el inventario con los parámetros calculados en el diseño. Al igual que en el Sistema de Revisión Continua, estos parámetros de diseño son corregidos para fines prácticos, atendiendo a las características específicas de las organizaciones.

Es evidente que en el Sistema P, siempre se requerirá mayores niveles de inventario que en el tratado en el epígrafe anterior, pues tanto el stock de seguridad como el inventario objetivo, deben estar referidos a un período de tiempo " $P + L$ ", superior al " L " que se emplea en la Revisión Continua. Además, también en este sistema de Revisión Periódica, es evidente el nexo existente con la estrategia de servicio al cliente trazada, pues el porcentaje que se fije en la misma, constituye la base para calcular el inventario de seguridad, siendo éste quien garantiza el cumplimiento de la misma, como elemento imprescindible en toda cadena de suministros.

1.5.5. Modelo mín-máx.

En la práctica se encuentran también sistemas híbridos que son una mezcla de las reglas de inventario P y Q. Uno de estos sistemas se caracteriza por las reglas de decisión mín. /máx. Y la revisión periódica. En este caso, el sistema tiene ambos, un punto de reorden (mín.) y un objetivo (máx.). Cuando se realiza la revisión periódica no se coloca ninguna orden, si la posición de existencias está arriba del mín. Si la posición de existencia está por debajo del mín, se coloca una orden para aumentar la posición de existencias hasta el nivel máx. Sistema R- T, o Mín – máx. Es una variación del sistema Q. Se realiza una revisión continua del nivel de stock y se lanza un pedido reaprovisionamiento cuando la cantidad disponible alcanza o baja del nivel R. la idea en que se basa el sistema Q es que la demanda tiene lugar en pequeñas cantidades y por tanto el inventario se irá reduciendo hasta igualar el punto de pedido. Si la demanda puede ser en grandes cantidades, con frecuencia se pasará de estar por encima a estar por debajo del punto de pedido, sin igualarlo. Para tener en cuenta esto, se aumenta la cantidad de reaprovisionamiento en la diferencia entre el punto de pedido (R) y la cantidad disponible (q), en el momento de lanzar el pedido. Por tanto la cantidad de pedido es $Q + (R-q)$, o $T - q$. en este caso, la cantidad de pedido no es constante, a diferencia del sistema Q.

1.5.6. Modelos de Inventario para demanda irregular

Para la solución de problemas de inventario cuando la demanda es intermitente existen varios modelos que buscan optimizar también el costo total, de ellos el modelo de inventarios

conocido como Wagner y Whitin utiliza la programación dinámica para obtener el mejor resultado (Bañol, N., Hernan, J, 2010) aunque no constituye un método muy popular ya que la programación no es sencilla y otros métodos heurísticos proporcionan soluciones muy buenas con métodos mucho más simples. Este es el caso de las heurísticas Silver-Meal, Balanceo de período fragmentado y Mínimo costo unitario (Sipper, D, Robert L, 1999), (Hu, J., Munson C. L, Silver, E. A, 2004), (Bregman, R L, Silver, E A, 1993)(Ho, J.; Chang, Y.; Solis, A, 2006) aunque de ellas la más conocida y que generalmente aporta mejores resultados es la Heurística de Silver- Meal (Bañol, N., Hernan, J, 2010).

1.5.6.1. Heurística de Silver – Meal.

Según las definiciones proporcionadas por (Sipper, D, Robert L, 1999) el principio de esta heurística es que desea ordenar para varios períodos futuros, (logrando el costo promedio mínimo por período para el lapso de tiempo. El costo considerado es el costo variable; esto es, el costo de ordenar o preparar el pedido, más el costo de mantener el inventario. Se tiene entonces un proceso iterativo utilizando la expresión 1.12:

$$K(j) = \frac{1}{j} (S + h(D_2 + 2D_3 + \dots + (j - 1)D_j)) \quad 1.12$$

Donde:

j son los períodos para planificar el sistema de inventario, K(j) es el costo promedio calculado con la expresión 1.12 y expresado en \$/período, S el costo de ordenar en \$, h el costo de mantener una unidad en inventario por un período \$/unidad período y Dj la demanda pronosticada por cada período j.

Se calcula K(j), para j = 1, 2, ... j; y se detiene cuando K(j+1) > K(j).

En el período 1 se ordena una cantidad que cumpla con la demanda de los siguientes j pedidos; hasta el período en el que el costo promedio por período comienza a crecer y se ordena una cantidad Q1 igual a la suma de la demanda de los siguientes j períodos y se comienza a calcular para el próximo período. El método de Silver Meal selecciona la cantidad a reaprovisionar (Lote) reproduciendo una de las propiedades que posee la fórmula EOQ cuando la demanda es homogénea en el tiempo: Los costes relevantes totales por unidad de tiempo correspondientes al lote elegido son mínimos. Este método ha sido fruto de

adaptaciones para diferentes problemas específicos (Hu, J., Munson C. L, Silver, E. A, 2004)(Bregman, R L, Silver, E A, 1993)

1.5.6.2. Heurística Balanceo de Período Fragmentado, (BPF).

(Sipper, D, Robert L, 1999), hacen referencia a este método, explicando que este intenta minimizar la suma del costo variable para todos los lotes; se debe recordar en el análisis del EOQ que si la demanda es uniforme, el costo de ordenar o preparar es igual al costo de almacenar. Aunque este argumento es correcto para demanda uniforme, no es cierto para la demanda irregular, en la que el inventario promedio no se estima como la mitad del tamaño del lote. Sin embargo, puede proporcionar soluciones razonables para la demanda irregular. Esta heurística aquí descrita no presenta divergencia con la heurística de Silver- Meal. Ambos métodos comparten los mismos argumentos en su planteamiento.

Para obtener el costo de mantener el inventario se introduce el período fragmentado, definido como una unidad del artículo almacenada durante un período

Sea, $PFj = D_2 + 2D_3 + \dots + (1 - j)D_j$ donde el PFj es el período fragmentado j

El costo de mantener inventario es $h(PFj)$, y se quiere seleccionar el horizonte de pedidos j que cubra, en términos generales, el costo de ordenar S. Este método trata de elegir j tal que $S \cong h(PFj)$ de esta forma entonces: $PFj \cong \frac{S}{h}$ lo que constituye la regla detención de las iteraciones. La razón $\frac{S}{h}$ se llama factor económico de período fragmentado. El tamaño de la orden es: $Q_1 = D_1 + D_2 + \dots + D_j$ y el proceso se repite comenzando en el período j + 1. El método heurístico BPM también se conoce como Costo Total Mínimo (CTM) y es de los más usados en la industria.

1.5.6.3. Heurística Costo Mínimo Unitario.

Al igual que en los dos métodos anteriores, (Sipper, D, Robert L, 1999) describen esta heurística de forma que el costo mínimo unitario responde a un cálculo flexible cuyo punto se encuentra en las cantidades físicas de los elementos que se combinan, pero también de los precios de cada uno de ellos. Esta heurística es similar a la Heurística de Silver - Meal La diferencia radica en que la decisión se basa en el costo variable promedio por unidad en lugar de por período (Bañol, N., Hernan, J, 2010). El costo promedio por unidad se calcula siguiendo la expresión 1.13.

$$k'_j = \frac{S + hD_2 + 2hD_3 + \dots + (j-1)hD_j}{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_j} \quad 1.13$$

Siguiendo el mismo razonamiento que en el caso de Silver Meal, la regla detención es: $k'(j+1) > k'(j)$, de nuevo, el proceso se repite a partir del período $(j+1)$.

El objetivo de este método de costo mínimo unitario, es minimizar el costo promedio por unidad. Para problemas simples en los cuales los costos de ordenar son constantes, el método no funciona tan bien como otros, pero si los costos de ordenar un pedido no son constantes, este método tiene una ventaja (al igual que la heurística de Silver - Meal), ya que pueden incorporar los costos no constantes de ordenar un pedido (Ho, J.; Chang, Y.; Solis, A, 2006).

1.6. Procedimientos para la gestión de los inventarios

Tabla 1.2 Resumen de procedimientos para gestionar los inventarios

Referencias	Fases de los procedimientos
(Villa, Eulalia, & Pons, R, 2003)	Gestión del proceso de inventario Cálculos de los costos asociados al inventario. Evaluación de los resultados.
(Castro, C. A, 2003)	Clasificación de los Productos según método ABC Pronóstico de la demanda Definición de la variabilidad de la demanda Selección del modelo a utilizar
(Iglesias, L. Y. C., 2006)	Organización de la Información. Clasificar el Inventario. Estudio de la Demanda. Determinar la Ley de distribución de probabilidades de la variable en estudio. Determinar los costos asociados a los modelos de inventario. Identificar el Modelo y aplicar paquetes de programas. Análisis de los resultados.
(Lorenzo Martín, José Yhoslán, 2008)	Recopilación de la información y organización de la misma. Clasificación de los Productos según método ABC con enfoque multicriterio.

Cálculo de los costos asociados a modelos de Inventario.
Estudio de la demanda.
Selección y aplicación de modelos de inventario.
Cálculo del impacto económico de la investigación.

Existen varias referencias de procedimientos para la gestión de los inventarios como muestra la **Tabla 1.2**. Entre ellos se pueden notar algunas diferencias en la agrupación en fases y herramientas utilizadas aunque la mayoría coinciden en aspectos medulares como: clasificación de los inventarios, cálculo de los costos, pronóstico y clasificación de la demanda, determinación del nivel de servicio, selección e implementación del modelo de optimización de los inventarios, fijación de políticas para gestionar y controlar el inventario.

Conclusiones parciales del Capítulo I.

Concluyendo este capítulo se revisan temáticas relativas a los sistemas de gestión de inventarios, cómo se gestionan los mismos, así como las diferentes definiciones, los métodos que existen para la clasificación de los inventarios específicamente el método ABC y los modelos de optimización de inventario. Además se hace referencia a los diferentes procedimientos sobre la gestión de inventarios según el autor por lo que se pueden arribar a las siguientes conclusiones:

1. La logística empresarial y dentro de ella la gestión de los inventarios constituye una fuente de ventajas competitiva para las empresas. Su correcta gestión influye tanto en la optimización de los costos como en la satisfacción del cliente.
2. En la literatura nacional e internacional existen varios procedimientos para la gestión de los inventarios, en ellos se evidencia concordancia en algunas etapas como son, estudio de la demanda, clasificación de los inventarios y aplicación de modelos de optimización del mismo. En esta investigación se procederá de similar forma por lo que se considera innecesaria una explicación detallada de los pasos a seguir.

Capítulo II: Diagnóstico del Sistema de Gestión de Inventario (SGI) de los equipos de instrumentación y control automático en la Refinería Camilo Cienfuegos.

Dentro de la dirección de automática, informática y telecomunicaciones (AIT), se encuentran los grupos de automática y el taller de instrumentación los cuales se encargan de monitorear, controlar y sustituir todos los sistemas de control automático de la refinería, garantizando el funcionamiento de la instrumentación, a través del sistema de control distribuido. Por la importancia que representa medir y controlar todas las variables del proceso de refinación como son: temperatura, nivel, flujo y presión, es necesario cumplir con los mantenimientos, reparaciones, trabajos de montajes, puesta en marcha, ajuste y calibración de estos equipos.

El correcto desarrollo de esta actividad se ve afectado en ocasiones por el agotamiento de estos equipos en los almacenes que pueden traer como consecuencias falta de control, trabajar bajo riesgo o paradas en el proceso de refinación. Por el contrario varios de estos equipos son almacenados en exceso, equipos con lentos movimientos de rotación, los cuales pierden las garantías de funcionamiento con los proveedores incurriendo en riesgos de perder la inversión y por tanto se aumentan los costos en el almacén. Como el objetivo fundamental de este trabajo es realizar diagnóstico del SGI para la dirección de AIT y realizar una planificación de los inventarios que garantice de esta forma prestar un mejor servicio a los clientes a un mínimo costo y evitar el agotamiento o exceso de estos equipos, es importante determinar una adecuada gestión de inventario que sea capaz de determinar qué ordenar, cuánto ordenar, cuándo ordenar y a qué costo.

Para dar cumplimiento a este objetivo en este capítulo se realiza un diagnóstico de la situación actual de los inventarios de estos equipos en la Refinería Camilo Cienfuegos, para lo cual se recopila y organiza la información necesaria y se procede de la siguiente forma:

1. Se caracterizan la empresa y la dirección de AIT.
2. Se clasifican los inventarios según método ABC clásico.
3. Se estudia el comportamiento de la demanda de cada equipo.
4. Se calculan los costos asociados al SGI actual.
5. Se evalúa el comportamiento de los niveles de servicio que garantiza este sistema.
6. Se consulta a expertos de la entidad para determinar una evaluación al SGI actual.

2.1. Caracterización general de la empresa

La refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos se encuentra ubicada en la finca Carolina, al norte de la bahía de Cienfuegos entre los ríos Salado y Damují, ocupando sus instalaciones 320 ha.

La refinería es una de las grandes inversiones que se inician en la década del 80 con la colaboración de la desaparecida Unión Soviética, comenzando su etapa de proyección y movimiento de tierra en el período comprendido entre 1977 y 1983, su construcción y montaje se enmarca entre 1983 y 1990.

En el verano de 1990 comienzan los trabajos de ajustes y puesta en marcha del complejo mínimo de arrancada. En enero de 1991 se realizan las primeras pruebas con carga, obteniéndose las primeras producciones. La puesta en marcha de estas plantas es realizada por personal de la refinería, sin la necesidad de asesoramiento extranjero.

La refinería es declarada por la Comisión Nacional del Sistema de Dirección de la Economía como empresa, el 22 de mayo de 1992, mediante la Resolución 690/1992.

La empresa a partir de la paralización de las plantas para la refinación, comienza una etapa de negociaciones sucesivas con diversas firmas extranjeras para la obtención del capital y los mercados necesarios para su arrancada, pero estas no resultan. Paralelamente se comienza a aprovechar sus facilidades tecnológicas como un centro de transbordo para la prestación de los siguientes servicios:

- Consignación de combustibles
- Almacenamiento de productos
- Operaciones de manipulación a entidades de la Unión del Combustible

Con la caída de la Unión Soviética, desaparecen también los suministros estables de crudo y en 1995 es necesario paralizar la planta de procesos de refinación y utilizar solo la capacidad instalada para la recepción, almacenamiento y entrega de productos derivados del petróleo, que eran necesario almacenar y distribuir en toda la región central de Cuba.

No es hasta el 10 de abril del 2006 que en el marco de la Alternativa Bolivariana para las Américas (ALBA) se crea la empresa mixta PDV CUPET, S.A. entre las compañías petroleras PDVSA de Venezuela y CUPET de Cuba, con el objetivo de reactivar la refinería de petróleo de Cienfuegos y en este sentido comercializar los productos resultantes de la refinación tanto

en Cuba como en el extranjero. Actualmente la Refinería de Cienfuegos pertenece a la corporación CUVENPETROL, dentro de la cual es una Unidad de Negocio.

El capital humano en la actualidad de la empresa es de 854 trabajadores, los cuales se dividen en cuadros (2), obreros (568), servicio (9), técnicos (209) y gerentes (2), cuyos porcentajes se muestran en la **Figura 2.1**.

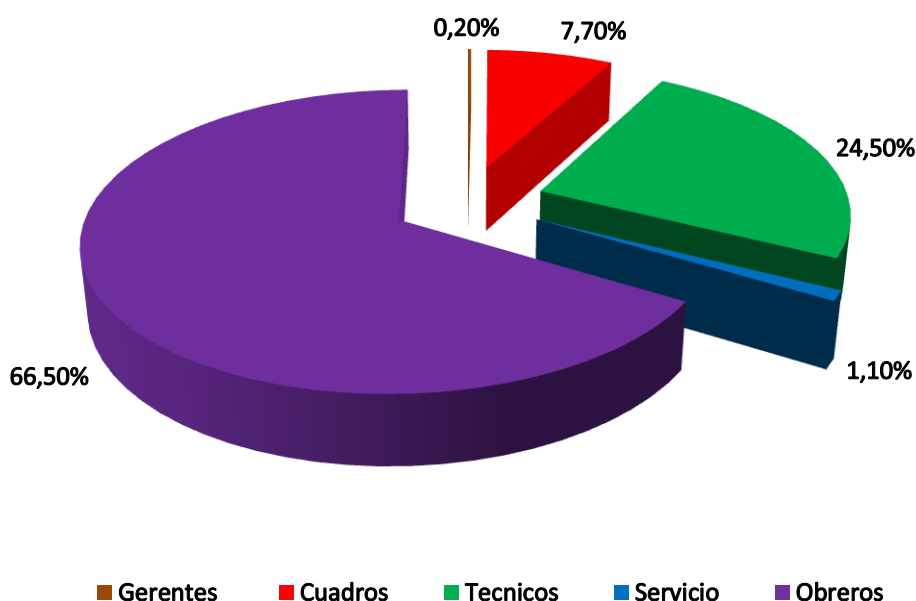


Figura 2.1: Representación de las categorías ocupacionales en la Unidad de Negocio Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”. Fuente: Elaboración propia.

La misión, visión, así como su objeto social y valores se exponen a continuación:

Misión: Garantizar la refinación de hidrocarburos manteniendo la continuidad de la recepción, almacenamiento y comercialización de los productos con calidad, alta seguridad y responsabilidad ambiental, con PDVSA.

Visión: Consolidar a CUVENPETROL S.A. como Unidad de Negocio refinadora de petróleo, de reconocido prestigio nacional y en el área del Caribe, con excelencia en sus productos y servicios, de eficiente gestión, competitiva, en alianza estratégica con PDVSA, comprometida con el servicio al cliente, la formación integral de sus recursos humanos, la protección del medio ambiente y el desarrollo energético del país.

Objeto Social

El desarrollo y la operación del sistema de refinación de petróleo, gas natural licuado (GNL) y gas natural comprimido, sin limitación en los siguientes proyectos:

- Expansión de la Refinería —Camilo Cienfuegos, con la finalidad de añadir valor a los productos mediante esquemas de conversión profunda y obtener materia prima para la industria petroquímica transformativa.
- Construcción de la Refinería de Matanzas, para manufacturar productos de alto valor mediante esquemas de conversión profunda que le permitan procesar crudo pesado cubano.
- Expansión de la Refinería Hermanos Díaz (Santiago de Cuba), con la finalidad de apoyar el desarrollo del polo energético en la zona Oriental y obtener calidad Euro V en la gasolina para la exportación.

Valores

DISCIPLINA: Actuación con honor y respeto ante dirigentes, funcionarios, proveedores y clientes, con una adecuada y mantenida conducta en cualquier actividad del quehacer cotidiano, cumpliendo a cabalidad con la legislación vigente.

COLABORACIÓN: Cooperación, ayuda y contribución del colectivo de trabajadores en todas las tareas que se precisen dentro del marco legal, estrechando las relaciones interpersonales y entre áreas, así como con los proveedores, clientes y la comunidad.

AUSTERIDAD: Rigurosos, severos y exigentes con nosotros mismos y los demás en el uso racional y sostenible de los recursos humanos y materiales, combatiendo el derroche, el desvío de recursos y el delito, considerando éstos, actos de indisciplina social.

FIDELIDAD: Actuación con constancia, devoción y lealtad ante nuestro trabajo cotidiano, ante nuestros clientes y proveedores, nuestros dirigentes, nuestra organización y de manera general ante la sociedad que construimos, manteniendo la unidad y la colaboración en torno a la Revolución y a los principios integracionistas de la Alternativa Bolivariana para las Américas.

RESPECTO AL CLIENTE Y PROVEEDORES: Hacer de la confianza recíproca y la buena fe principios que inspiren nuestras actuaciones en la ejecución e interpretación de nuestras relaciones interempresariales.

HONESTIDAD: Ejecutar nuestras acciones y palabras con decoro, transparencia y correspondencia entre la forma de pensar y actuar, manteniendo una posición de honor y vergüenza en defensa de la verdad bajo cualquier circunstancia, cumpliendo con las normas legales.

Sus principales proveedores y clientes son:

- **Proveedores internos:** Dirección General, Dirección de Tecnología, Servicios Técnicos, Mantenimiento, Sector Energético (Calderas y la Subestación eléctrica).
- **Proveedores externos:** Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), Empresa de Preparación y Suministro de Fuerza de Trabajo (PETROEMPLO), Empresa de Servicios al Petróleo (EMSERPET.), ENERGOCONTROL, Refinería de petróleo —Níco Lópezll, Empresa de productos químicos —Sagua la Grandell, Comercializadora de Sal/División Matanzas, Refinería de petróleo —Puerto La Cruzll, Empresa de Mantenimiento del Petróleo (EMPET).
- **Clientes Internos:** Planta de Tratamiento y Residuales (PTR), Laboratorio, Producción de Diesel.
- **Clientes externos:** Petróleos de Venezuela (PDVSA).

La dirección general de la Unidad de Negocio perteneciente a CUVENPETROL se encuentra compuesta por once direcciones y dos grupos. La estructura jerárquica de estas direcciones se define claramente en el organigrama de la empresa que se muestra en el **Anexo No1**.

Las direcciones con que cuenta la empresa son:

1. Dirección de Automática, Informática y Telecomunicaciones (AIT)
2. Dirección de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (SHA)
3. Dirección de Contabilidad y Finanzas (DCF)
4. Dirección de Recursos Humanos (DRRHH)
5. Dirección Técnica (DT)
6. Dirección de Compra de Bienes y Servicios (DCBS)
7. Dirección de Operaciones (DO)
8. Dirección de Movimiento de Crudo y Productos (MCP)

9. Dirección de Mantenimiento (MTTO)
10. Dirección de Servicios (DS)
11. Dirección Seguridad y Protección(DSP)

2.2. Caracterización del objeto de estudio

La refinería Camilo Cienfuegos posee un Sistema de Gestión de la Calidad diseñado sobre la base de la NC ISO 9001:2008, certificado por *Lloyd's Register*, que tiene identificado 5 procesos principales, de acuerdo al mapa de procesos que aparece en el **Anexo No.2**. Los procesos M1 y M2 corresponden a actividades netamente administrativas y de oficinas, relacionadas con toda la gestión de la Unidad de Negocios. El proceso M3, básicamente responde a actividades administrativas y de oficinas, salvo la actividad de almacenamiento. El proceso M4 concentra los procesos de apoyos fundamentales tales como: M4.1Gestión de la infraestructura; M4.2 Gestión de la documentación; M4.3 Gestión del ambiente de trabajo y protección de los trabajadores y la comunidad y M4.4 Gestión de los recursos financieros y de ahorro. Este proceso también corresponde a actividades administrativas y de oficinas, a excepción del subproceso M4.1 y específicamente el M4.1.2, que asume las actividades de mantenimiento, calibración y verificación de los medios de medición ver **Anexo No.3**. El proceso M5 constituye la espina dorsal del sistema, donde se lleva a cabo la realización del producto, fundamentalmente asociado a los subprocesos M5.2, M5.3 y M5.4.

La dirección de automática, informática y telecomunicaciones (AIT), objeto de estudio de este trabajo es la encargada del control automático e instrumentación del proceso de refinación, la cual se divide en cinco grupos funcionales como muestra el **Anexo No.4**:

1. El Grupo de Informática y Telecomunicaciones.
2. El Grupo de Plataforma Centralizada. (Creado en el 2012)
3. El Grupo de Planificación, Control y Gestión de Activos. (Creado en el 2012)
4. El Taller de instrumentación.
5. El Grupo Técnico de Automática.

Funciones del grupo técnico de automática y el taller de instrumentación:

1. Garantizar el funcionamiento estable y seguro de la red de planta, logrando el acceso de todos sus usuarios a los servicios internos y externos que le hayan sido debidamente autorizados.

2. Garantizar la disponibilidad técnica del equipamiento y los sistemas asociados a la automática.
3. Desarrollar la implementación y mantenimiento de los programas informáticos, sistemas automatizados existentes, así como los de nueva adquisición.
4. Garantizar y Gestionar la explotación, modernización, mantenimiento y desarrollo de los instrumentos, equipos y sistemas de instrumentación asociados al control automático, la señalización y las protecciones tecnológicas.
5. Orientar y Fiscalizar los procesos de Investigación y análisis de averías, interrupciones y limitaciones ocurridas en el proceso tecnológico.
6. Revisar la calidad de los trabajos de montaje, puesta en marcha, reparación, mantenimiento, ajuste y calibración de los instrumentos, equipos y sistemas de instrumentación asociados al control automático, la señalización y las protecciones tecnológicas.
7. Disminuir el tiempo promedio entre fallas, realizando el mantenimiento preventivo de todos los instrumentos ubicados en el MP2 según su período establecido.
8. Acudir a cada falla de los instrumentos para lograr una rápida recuperación del mismo.
9. Realizar las calibraciones a los manómetros, presostatos y transmisores incluyendo los de transferencia fiscal.
10. Vincularse de forma ejecutora a cada proyecto del grupo técnico en los cuales sean impactados.
11. Mantener una alta disponibilidad de los equipos del laboratorio y la red de control.

Los procesos de mantenimiento y calibración de los equipos de control automático y de medición necesitan para su correcto funcionamiento que haya en almacenes los equipos e implementos necesarios para realizar los debidos ajustes en tiempo. Actualmente existen dificultades con la gestión de ese equipamiento lo que trae consigo que este no responde adecuadamente a las necesidades, es por ello que se procede a diagnosticar este sistema.

2.3. Implementación del Sistema ABC al Inventario de los equipos de instrumentación y control automático

La clasificación de los inventarios es un proceso medular el cual tiene el fin de separar aquellos productos y equipos almacenados que necesitan una gestión más profunda que otros. En este punto se clasifican los equipos siguiendo una metodología de Pareto muchos triviales y pocos vitales para organizar el SGI y establecer políticas diferenciadas, el ABC

clásico ubica los equipos en función de su demanda y su costo. Para la realización de este método se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

1. Las cantidades consumidas por meses en el período comprendido (2010-2012), obteniéndose de los registros de la empresa.
2. El costo unitario de cada producto, se obtiene del registro de salidas del almacén.
3. Dichos productos se ordenan en forma descendente teniendo en cuenta los criterios de evaluación seleccionados, y se clasifican en clases utilizando el criterio ABC.

Para el desarrollo y la aplicación del sistema ABC en los equipos de instrumentación y control automáticos se procedió primeramente a la recogida y organización de los datos necesarios en la empresa; con ese fin se solicitaron los informes de salida mensuales por cada año desde 2010 hasta 2012 del almacén # 7, el cual es el encargado de la permanencia de los mismos.

Una vez obtenidos estos informes de salida se seleccionaron los equipos a analizar dentro de la gama de equipos de instrumentación y control automáticos. Teniendo en cuenta las cantidades de unidades consumidas y precio de costo (unitario).

Para organizar la información y comenzar el procesamiento de la misma se hizo uso del tabulador electrónico Microsoft Excel ver **Anexo No.5**, el total de productos que conforma la muestra es de 24.

Se implementa el algoritmo propuesto en Microsoft Excel como se puede ver en el **Anexo No.6**, arrojando la información como se muestra en la **Figura 2.12**. Los resultados obtenidos y graficados del método ABC se describen a continuación: de 24 equipos o piezas analizadas de instrumentación y control automático se evalúan 5 de alto impacto que representan aproximadamente el 65% del valor de consumo, de impacto medio 7 que representan el 25% del valor de consumo y 12 equipos de bajo impacto para un 10% del valor. Los criterios de selección para la clasificación de estos productos fueron decisión de la autora en conjunto con especialistas de la dirección de automática, informática y telecomunicaciones (AIT), por la importancia que representan los mismos en los trabajos de mantenimiento, calibración y verificación de los medios de medición en todo el proceso de refinación.

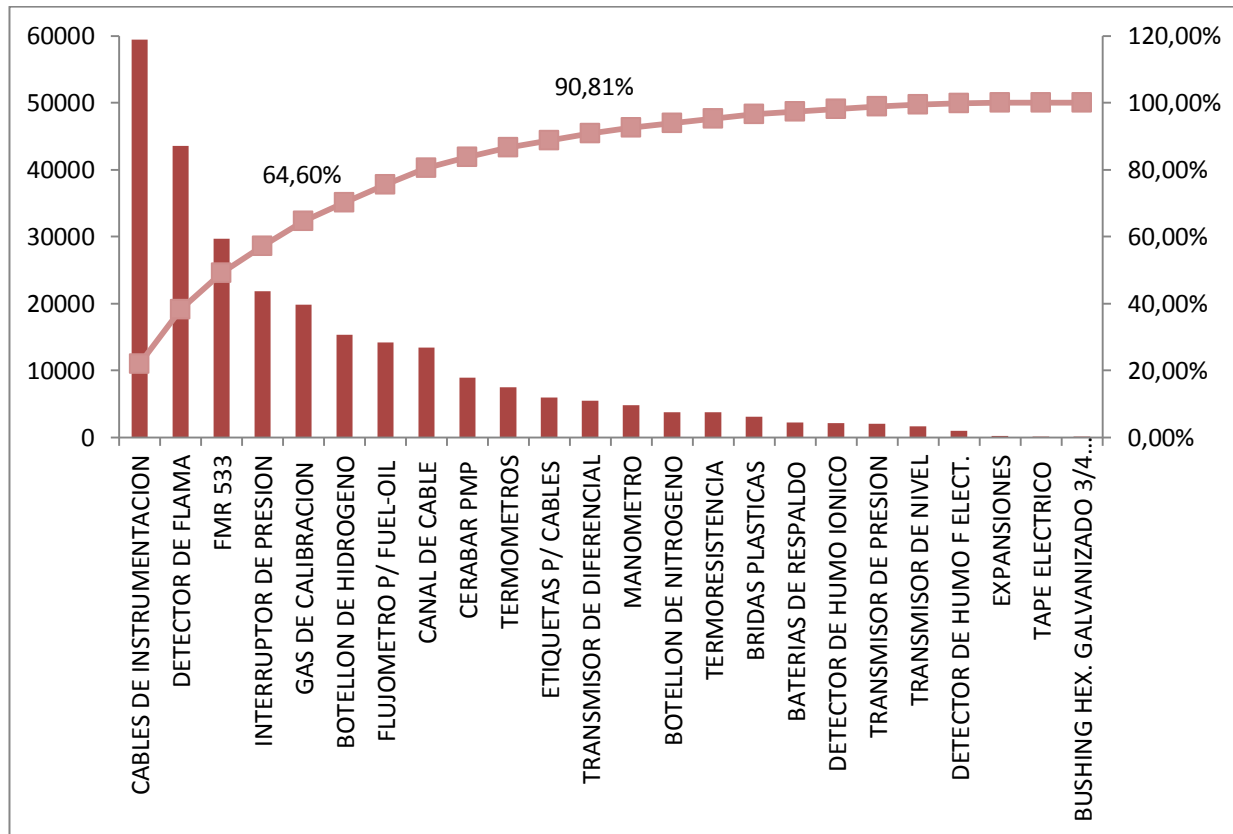


Figura 2.1 Diagrama de Pareto, para la aplicación del método ABC

2.4. Estudio de la demanda en los equipos y piezas del control automático e instrumentación.

Una vez clasificados los productos se procedió al estudio de la demanda, este es un paso necesario y de extrema importancia, dado que en función de esta se seleccionará el modelo de optimización más adecuado.

La determinación de la hipótesis de demanda constante o probabilística es importante, y para ello es imprescindible el estudio de esta para cada producto durante un período de tiempo razonable que proporcione resultados significativos sobre la misma, por lo que se procedió al cálculo del coeficiente de variabilidad donde se toman los consumos $d_1, d_2, \dots, d_n$ durante los 3 años analizados por cada uno de los meses y por producto.

Para determinar si la demanda de cada producto es regular o irregular se hizo uso de los siguientes pasos (Pulido Vega, María, 2009):

1. Calcular la demanda promedio de cada equipo utilizando la expresión 2.1.

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad 2.1$$

Donde $\bar{d}$ el estimador de la media de la demanda, d_i cada registro i de la demanda de los n períodos de la muestra.

2. Calcular la estimación de la varianza para cada equipo a través de la expresión 2.2.

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2 \quad 2.2$$

Donde S es el estimador de la varianza de la demanda, d_i cada registro i de la demanda de los n períodos de la muestra, y $\bar{d}$ el estimador de la media de la demanda.

3. Calcular la variabilidad relativa de la demanda o coeficiente de la variabilidad de la demanda Cv como muestra la ecuación 2.3.

$$Cv = \frac{S}{\bar{d}^2} \quad 2.3$$

Donde:

Cv es el coeficiente de variabilidad de la demanda, $\bar{d}$ el estimador de la media de la demanda y S el estimador de la varianza de la demanda.

Una vez determinado el coeficiente de variabilidad se está en condiciones de decidir si la demanda de cada producto es regular o no. Si $VC > 0,2$ se considera la demanda irregular, en caso contrario la demanda se considera continua. Para realizar estos cálculos y determinar el coeficiente de variabilidad se utilizó el tabulador Microsoft Excel. En la **tabla 2.1**. Muestra un resumen del tipo de demanda por producto.

Los resultados del cálculo del coeficiente de variabilidad mostrados en la **tabla 2.1** dieron $CV > 0.2$ por lo que la demanda de estos productos es irregular, por tanto deben aplicarse con ellos modelos heurísticos descritos en el capítulo I. Actualmente no se realizan los pedidos teniendo en cuenta la demanda de los equipos, no se realizan pronósticos de ningún tipo, ni siquiera a través de métodos cualitativos. Esto provoca que los pedidos se realicen de manera empírica ajustándose varias veces en el año y causando la problemática que origina la investigación.

Tabla 2.1: Resumen del cálculo del coeficiente de variabilidad

No	Descripción	Media (d)	Varianza (D)	Coeficiente de Variabilidad (CV)	Clasificación de la Demanda	Clasificación de productos
1	CABLES DE INSTRUMENTACION	224,47	211155,91	4,19	Irregular	A
2	DETECTOR DE FLAMA	0,39	1,10	7,28	Irregular	A
3	FMR 533	0,11	0,10	8,23	Irregular	A
4	GAS DE CALIBRACION	0,19	0,22	5,77	Irregular	A
5	INTERRUPTOR DE PRESION	0,69	2,79	5,78	Irregular	A
6	BOTELLON DE HIDROGENO	0,58	0,36	1,07	Irregular	B
7	CANAL DE CABLE	7	529,2	10,80	Irregular	B
8	CERABAR PMP	0,14	0,18	9,34	Irregular	B
9	ETIQUETAS P/ CABLES	683,33	7388285,71	15,82	Irregular	B
10	FLUJOMETRO P/ FUEL-OIL	0,06	0,05	17,49	Irregular	B
11	TERMOMETROS	0,53	1,34	4,82	Irregular	B
12	TRANSMISOR DE DIFERENCIAL	0,06	0,05	17,49	Irregular	B
13	BATERIAS DE RESPALDO	1,81	84,96	26,06	Irregular	C
14	BOTELLON DE NITROGENO	0,58	0,54	1,57	Irregular	C
15	BRIDAS PLASTICAS	344,44	2632253,97	22,19	Irregular	C
16	BUSHING HEX. GALVANIZADO 3/4 - 1/2	0,08	0,08	11,31	Irregular	C
17	DETECTOR DE HUMO F ELECT.	0,17	0,49	17,49	Irregular	C
18	DETECTOR DE HUMO IONICO	0,39	1,27	8,42	Irregular	C
19	EXPANSIONES	12,08	1219,11	8,35	Irregular	C
20	MANOMETRO	1,56	11,51	4,76	Irregular	C
21	TAPE ELECTRICO	1,08	13,79	11,75	Irregular	C
22	TERMORESISTENCIA	0,22	0,46	9,39	Irregular	C
23	TRANSMISOR DE NIVEL	0,03	0,03	36,00	Irregular	C
24	TRANSMISOR DE PRESION	0,03	0,03	36,00	Irregular	C

2.5. Cálculo de los costos relacionados con el sistema de inventario

Para el cálculo de los costos de inventario se tuvieron en cuenta:

- Los costos por pedido.
- Los costos de mantener inventario.

La suma de ambos costos resultan los costos totales de inventario anuales.

2.5.1. Cálculo del costo de ordenar un pedido.

Los costos de ordenar un pedidos son aquellos que incluyen todos los gastos de la dirección de compra para colocar un pedido, es decir, todos los costos de preparación de una orden de

compra, procesamiento del papeleo que se produce y verificación contra factura, materiales de oficina, flete, gastos de electricidad, salario, o sea todos aquellos gastos que mantenga el funcionamiento de la gestión de compras, como muchos de estos costos no fue posible determinar cuáles son variables o fijos en dependencia de la cantidad de órdenes de compras emitidas debido a los reportes de contabilidad, se tomaron en su conjunto y se dividió entre la cantidad de pedidos realizados en ese mismo año como muestra la ecuación 2.4.

$$S = \frac{\text{Total de gastos en el departamento de compras en un año}}{\text{Cantidad de ordenes realizadas en el año}} \quad 2.4$$

Donde: S es el costo de ordenar un pedido.

La recopilación de los gastos incurridos en el periodo del año 2012 en la dirección de compras se muestra en el **Anexo No.7**. Muchos datos obtenidos fueron el total de los gastos generalizados para la dirección de compra de la refinería completa donde se producen todas las órdenes y contratos en la Refinería la cual cuenta con cuatro áreas de trabajo, siete almacenes y 39 trabajadores, por lo que para conseguir el costo de las órdenes para los equipos de instrumentación y control se tuvo en cuenta la cantidad de trabajadores dedicadas a esta dirección en particular. La lista de gastos a los cuales se les realizaron dichos ajustes se muestra en la **tabla 2.2**. Y se multiplicaron los gastos por el porcentaje de trabajadores de la dirección de compras dedicados a ordenar las compras para la dirección de AIT.

Tabla 2.2: Promedio de los gastos por cantidad de trabajadores.

Elemento	Descripción	Gastos del área Compra (CUC)
220301	MEDIOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	668,4820513
220808	MATERIALES E INSUMOS ALIMENTARIOS	211,3461538
220810	PRODUCTOS PARA ASEO	102,4615385
220915	UNIFORMES	567,7897436
800272	SALARIO TRABAJADORES	83420,79487
800273	VACACIONES TRABAJADORES	10450,39744
800274	SEGURIDAD SOCIAL	17558,26667
800275	IMPUESTO USO FUERZA TRABAJO	13795,79487
800451	TRANSPORTE PASAJEROS CON EMSERPET	4101,1
800456	DIETAS	703,9487179
TOTAL		131580,3821

Los costos listados en la **tabla 2.3.** Se obtuvieron dividiendo los costos totales entre la cantidad de áreas en la refinería que atiende esta dirección.

Tabla 2.3. : Promedio de los gastos por cantidad de áreas.

Elemento	Descripción	Gastos del área Compra (CUC)
220401	MAT, EQUIPOS DE OFICINA Y OTROS	1232,592308
220402	MAT, INSUMO COMP, Y COMUNIC,	3232,56
220833	MAT, Y PROD, PARA ACTIV, LIMPIEZA	49,987
400202	ENERGIA ELECTRICA VARIABLE	560,87
700100	DEPRECIACION DE A,F, TANGIBLES PRODUCTIVOS	59703,201
800241	SERVICIOS DE TELEFONO	5902,85
800251	SERVICIOS DE LIMPIEZA	1359,188
800291	SERVICIOS DE ACUEDUCTOS	65,23589744
800787	SEGURO DE LAS INSTALACIONES	4844,104
TOTAL		76950,58821

Y como muestra la **tabla 2.4.** Se listan los gastos de transportación de los vehículos correspondiente al área de compra dedicadas a las compras de la dirección de AIT.

Tabla 2.4. : Gastos de transporte.

Elemento	Descripción	Gastos del área compra (CUC)
300301	GASOLINA ESPECIAL COMPRADA	3794,37
300310	DIESEL AUTOMOTOR COMPRADO	3090,55
800288	SERVICIOS TRANSPORTACION DE MERCANCIAS,	10618,63333
800751	LICENCIA OPERATIVA Y OTROS	73,58974359
800754	SEGURO DEL TRANSPORTE	5234,4
TOTAL		22811,54308

Una vez obtenidos los gastos incurridos en el área de compra se pidió la cantidad de solicitudes de pedidos que se logró contratar en ese mismo año las cuales están identificadas por números consecutivos. El plan para los compradores fue de 110 pedidos solicitados (Solped.) en el año 2012 logrando contratar 286 como se puede observar en la **tabla 2.5.**

Tabla 2.5: Representación de las compras realizadas en el año 2012

	Solped	Contratadas	Pdte.	%
Plan	110	110	0	100
Extra plan	222	176	46	79
Total (pro)	332	286	46	89.5

Teniendo en cuenta los gastos incurridos en el periodo del año 2012 que es de **(232 604.95 \$/año)** y la cantidad de pedidos realizados en el mismo periodo que es de **(286 órdenes)** el costo de ordenar un pedido es como promedio **(813.30 \$/orden)** para los equipos de instrumentación y control en la Unidad de Negocio Refinería Cienfuegos

2.5.2. Cálculo del costo de mantener una unidad de producto en inventario

Para determinar los costos de mantener en inventario el equipamiento de instrumentación y control se calculó la tasa anual de mantener inventario en % / año, esta tasa representa el porcentaje que representan los costos de almacenar del costo del producto. Para estimar esta tasa se tomaron en cuenta los gastos totales del almacén #7 el cual es el encargado de mantener estos equipamientos para las necesidades de mantenimiento y calibración. Los gastos se muestran en el **Anexo No.8** y se determinaron a partir de la información de la empresa para el año 2012. El monto total de los gastos de este almacén ascendieron a **18988.72 \$/año.**

La tasa anual de inventarios es el porcentaje del costo del producto que aproximadamente es aportado por el almacenamiento del mismo. Esta tasa multiplicada por el costo unitario del producto resuelve aproximadamente el problema del costo de mantener inventarios, aunque en la bibliografía consultada se comenta que esta tasa puede ser de hasta un 30% al año y que generalmente oscila entre un 10% y un 15% anual (Ballou, H. R., 1991), no se muestra ninguna información de cómo estimarse en la práctica. Para conseguir una tasa aproximada que sirva para ser utilizada en los modelos de inventarios para el caso de los equipos de instrumentación y control automático, se determinó como se muestra en la ecuación 2.5.

$$i = \frac{\text{Costos de almacenamiento anual}}{\text{Valor de los productos en existencia}} * 100 \quad 2.5$$

Donde i es la tasa anual de mantener inventarios expresada en %/año.

El costo de almacenamiento en este caso no pudo tener en cuenta los llamados costos de oportunidad, ya que no se llevan registros de los equipos que su mantenimiento o calibración falló por falta de existencias, ni los costos adicionales para casos en que se tuvo que buscar esa remplazo por urgencias. Esta pérdida hace que la tasa de mantener inventario sea realmente baja, unido a que el valor de los equipos almacenados es bastante alto, y muchos de lenta rotación (menos de una vez al año) lo que hace que la existencia media sea elevada de aproximadamente **\$ 4'059'450,85**. Es por esta razón que la tasa anual de mantener inventarios es baja, de alrededor de **0,467 %/año**.

Los costos no se tienen en cuenta para determinar las cantidades a pedir ni la frecuencia de los pedidos, tampoco se han realizado mejoras en los procesos de ordenar y almacenar para hacerlos más eficientes. La comparación entre el costo de mantener inventario y el costo de ordenar arroja que los costos de ordenar son mucho más altos por encima de los 200 000 \$/año cuando los costos de almacenar estos equipos no llega a los 20 000, seña de que el proceso de ordenar no es eficiente y es el que más aporta al costo del SGI. Este problema unido a que los plazos de respuesta a las solicitudes de pedidos son de aproximadamente tres meses y que la llegada a un acuerdo y contrato puede tardar hasta 6 meses, provoca que sea más conveniente almacenar grandes cantidades y variedades de equipos, lo que ha traído como consecuencia que existan muchos con lento movimiento.

2.6. Nivel del Servicio

El nivel de servicio no hay forma de cuantificarlo, pues no existen registros que informen las cantidades de las veces que un mantenimiento, calibración o una puesta en marcha ha sido afectada por falta de equipos o piezas en existencias. Para demostrar que este nivel en realidad no es suficientemente alto se realizó la revisión a los registros de inventarios encontrando numerosas roturas del stock en equipos clasificados como A y B entre otros. Esta información se obtuvo de los especialistas del grupo técnico de automática que son los encargados de realizar las solicitudes de pedido de estos equipos, y de realizar los vales de pedido del almacén para los trabajos a realizar. La **tabla 2.6** muestra el tiempo en el que no se contó con la existencia de algunos de estos equipos.

Tabla 2.6. : Tiempo de agotamiento de los equipos.

No	Descripción	Tiempo de Agotamiento
1	BATERIAS DE RESPALDO	-
2	BOTELLON DE HIDROGENO	Hace 4 meses que no hay
3	BOTELLON DE NITROGENO	Hace 4 meses que no hay
4	BRIDAS PLASTICAS	-
5	BUSHING HEX. GALVANIZADO	-
6	CABLES DE INSTRUMENTACION	Hace 7 meses que no hay
7	CANAL DE CABLE	-
8	CERABAR PMP (transmisor de presión)	Hace 1 año que no hay
9	DETECTOR DE FLAMA	-
10	DETECTOR DE HUMO F ELECT.	-
11	DETECTOR DE HUMO IONICO	-
12	ETIQUETAS P/ CABLES	-
13	EXPANSIONES	-
14	FLUJOMETRO P/ FUEL-OIL	Se estuvo 1 año sin comprar
15	FMR 533 (medidor de nivel)	Hace 1 año que no hay
16	GAS DE CALIBRACION	-
17	INTERRUPTOR DE PRESION	Se estuvo 1 año sin comprar
18	MANOMETRO	-
19	TAPE ELECTRICO	-
20	TERMOMETROS	-
21	TERMORESISTENCIA	Desde 2011 algunos modelos no los hay.
22	TRANSMISOR DE DIFERENCIAL	Desde el 2010 no se compra.
23	TRANSMISOR DE NIVEL	-
24	TRANSMISOR DE PRESION	-

2.7. Evaluación del Sistema de Gestión de Inventarios de los equipos automáticos de instrumentación y control.

Para evaluar el funcionamiento del SGI actual para los equipos estudiados en este trabajo se procede a consultar un conjunto de expertos, los cuales en unión a la autora de esta investigación proponen una herramienta basada en enfoque multicriterial para realizar dicha tarea. El objetivo de este paso es encontrar aquellos aspectos del SGI que se encuentran en peores condiciones para rectificarlos.

2.7.1. Cálculo del número de expertos para método AHP y Delphi.

Se identifican como expertos aquellos que otros creen que tienen conocimiento suficiente para serlo. Los criterios se basan en la relevancia de sus trabajos, en la posición que ocupan,

en sus opiniones, creatividad, disposición a participar, experiencia científica y profesional en el tema, capacidad de análisis y pensamiento lógico y espíritu de colectivismo. Se recomienda que el número de expertos varíe entre 7 y 15.

El número de experto se calcula como muestra la ecuación 2.6.

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2} \quad 2.6$$

Dónde:

n = número de expertos.

p = proporción estimada de errores.

i = nivel de precisión deseado. ($\leq 12\%$)

k = parámetro cuyo valor está asociado al nivel de confianza que sea elegido en la siguiente **tabla 2.7.:**

Tabla 2.7: Valor de K para los diferentes valores de Confianza. Fuente. Elaboración Propia.

Nivel de Confianza (%)	Valor de K
99%	66.564
95%	38.416
90%	26.806

Los datos utilizados para un nivel de confianza del 95% son los siguientes:

p = 0.05

k = 3.8416 (Nivel de confianza del 95%)

i = 0.12

n = 12.6 $\approx$ 13

Luego de realizado el cálculo, el resultado obtenido es de 13 expertos ver lista en la **tabla 2.8** teniendo en cuenta las características para la selección de los expertos, el grupo quedo conformado por:

Tabla 2.8: Lista de los expertos seleccionados.

No.	Nombre y Apellidos	Cargo Ocupacional	Años de experiencia	Estudios realizados
1	Annia Quintana	Directora de AIT	20 años	Ing. Control Automático
2	Mario A. Moreira Mtnez	Jefe Técnico Automática	8 años	Lic. Ciencia de la Computación
3	Freddy Bravo Gil	Jefe grupo de Planif., Control y Gestión de Act.	4 años	Ing. Control Automático
4	Yoanky Madrazo	Jefe Taller de Instrumentación	7 años	Ing. Informática
5	María Teresa Jaeregui	Económica de la dirección AIT	20 años	Lic. Economía
6	Ernesto Roldan	Tec. Automática (programador mtto)	7 años	Ing. Industrial
7	Anderson Jiménez	Tec. Automática (atienden plantas de proceso)	7 años	Ing. Informática
8	Heinz García	Tec. Automática (atienden plantas de proceso)	7 años	Ing. Control Automático
9	Ricardo Benítez Rodríguez	Tec. Automática (atienden plantas de proceso)	10 años	Ing. Control Automático
10	Yoliset Moya Suarez	Directora de Economía	9 años	Lic. Economía
11	Anabel Erice	Analista en los sistemas contables	30 años	Ing. Industrial
12	Vilma Delgado	Analista en los sistemas contables	25 años	Ing. Informática
13	Abel Delgado	Gerente AIT	20 años	Ing. Control Automático

2.7.2. Aplicación del Método AHP (Proceso de Jerarquía Analítica) en los indicadores de gestión de inventario.

Luego de determinado el grupo de expertos se procede a evaluar el SGI para ello se determinaron un conjunto de criterios los cuales se listan a continuación.

1. Nivel de Servicio (NS)

Es el medidor de la respuesta del sistema de inventarios a la actividad que debe garantizar. Este indicador mientras más alto puntée mejor para el sistema.

2. Costo de ordenar un pedido (CO)

Es la medida del costo de lanzar una orden, este costo es de vital importancia junto con la respuesta de los proveedores para mantener inventarios bajos, en la medida que este costo baja, más órdenes de menos cantidades se pueden realizar.

3. Costo de almacenamiento (CA)

Es la medida del costo de almacenamiento, es también importante para mantener bajos los costos del SGI, y para mantener stocks de seguridad a bajos costos para protegerse mejor de las desviaciones en la planeación de la demanda.

4. Sistema informativo (SI)

Es el sistema que nutre de información al SGI, mientras más información brinde de manera oportuna, mejor se podrán realizar ajustes en el inventario para garantizar un adecuado Servicio al Cliente.

5. Niveles de inventario (NI)

Son las cantidades de inventarios mantenidas como promedio en el sistema, la cantidad inadecuada de estos niveles provoca pérdidas económicas por varios conceptos, la revisión de estos niveles es vital para tomar decisiones acertadas en el SGI.

Para ponderar estos 5 criterios de evaluación del SGI se utiliza el método de evaluación AHP desarrollado por Saaty. Este método se enmarca dentro de la denominada óptica multicriterio y a partir de la opinión de los expertos seleccionados, se aplica con el objetivo de determinar la importancia entre un criterio y otro. Para ello se hizo uso de la escala de medición propuesta por [Chase, 2000], mostrada en el **Anexo No.9**. El proceso de ponderación fue resultado de la técnica de grupo tormenta de ideas y es por esta razón que no se mide ningún coeficiente de consenso o concordancia ya que todos están en acuerdo a la hora de establecer el criterio final.

Según el grupo de expertos el establecimiento de prioridades de un indicador respecto al otro queda conformado como muestra la **tabla 2.9.**, estos resultados demuestran que para el grupo de la Dirección de AIT, es mucho más importante el Nivel de Servicio que logra brindar el SGI y los expertos le otorgan la máxima prioridad, ya que el cumplimiento de todas las

tareas de mantenimiento y calibración de los equipos estudiados es clave en el aseguramiento del control automático e instrumentación para el proceso de refinación. En segundo lugar de prioridad se le otorga a los Niveles de Inventarios. Para el grupo de expertos los criterios Costos de Ordenar, Costos de Mantener Inventario y Sistema de Información no son de mucha importancia, ya que consideran que el SGI debe responder a cualquier costo, y que en estas actividades no pueden influir demasiado.

Tabla 2.9: Resultados según criterio de los expertos

	N.S	C.O	C.A	S.I	N.I	N.S	C.O	C.A	S.I	N.I	Ponderación
N.S	1	9	9	5	1	2/5	2/5	2/5	1/2	3/8	0,42
C.O	1/9	1	1	1/7	1/5	0,05	0,04	0,04	0,02	0,07	0,04
C.A	1/9	1	1	1/7	1/5	0,05	0,04	0,04	0,02	0,07	0,04
S.I	1/5	7	7	1	1/3	0,08	0,30	0,30	0,11	0,12	0,18
N.I	1	5	5	3	1	0,41	0,22	2/9	1/3	0,37	0,31
Total	2 3/7	23	23	9 2/7	2 3/4						1,00

2.7.3. Evaluación de los indicadores del SGI.

Luego de ponderar los criterios de evaluación del SGI, se procede a su puntuación, para ello se les mostró a los expertos los resultados de la caracterización del sistema e individualmente establecieron sus evaluaciones. Para este análisis se hizo uso de una escala de puntuaciones del 1-5 en donde 1 indica la evaluación es mala y 5 muy buena para cada criterio. Para determinar si hubo concordancia en las opiniones se realiza el análisis estadístico de Kendall, la tabla de salida se observa en el **Anexo No.10**.

Se utiliza el software SPSS donde se obtuvo un Coeficiente de Kendall (W) con un valor de 0.945, lo que evidencia que existe concordancia entre los expertos, y se acepta la hipótesis alternativa de que existe comunidad de preferencia para un $\alpha=0.05$ **ver tabla 2.10**.

Tabla 2.10: Estadísticos para el análisis de concordancia.

Estadísticos de contraste	Resultados
Chi Cuadrado	49.13
W Kendall	0.95
Valor de Probabilidad	0.000

Los promedios de las puntuaciones otorgadas por los expertos para los diferentes criterios de evaluación se muestran en la **tabla 2.11**. Luego se evalúa integralmente el SGI, utilizando la expresión 2.7.

$$E_{SGI} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i C_i}{\text{Máximo valor de la Escala}} 100 \quad 2.7$$

Donde:

E_{SGI} es la evaluación integral del sistema de gestión de los inventarios expresada en porcentaje, W_i es la ponderación del criterio i y C_i el promedio de la evaluación otorgada por los expertos al criterio i .

Tabla 2.11: Evaluación de los criterios del SGI

Indicadores	Promedio de evaluación C_i	Ponderación W_i	$W_i C_i$
Costo de almacenamiento	5,00	0,04	0,2
Costo de ordenar	4,00	0,04	0,16
Nivel de inventario	3,38	0,31	1,0478
Nivel de servicio	3,31	0,42	1,3902
Sistema informativo	1,46	0,18	0,2628
TOTAL			3,0608

El E_{SGI} alcanza un valor de 61.22 % un poco más de la mitad de la máxima puntuación. Los expertos consideran que este indicador debe de ser mayor que un 90 % para no considerar cambios en el SGI, por lo que se deben realizar pedidos diferentes, en cantidades diferentes y asegurar mejor el servicio que brinda el sistema para asegurar las actividades de mantenimiento y calibración, que tengan en cuenta proyecciones de demanda, y modelos que intenten optimizar el costo total del SGI.

Conclusiones parciales del Capítulo II.

1. En el capítulo se realizó la caracterización y diagnóstico del SGI para los equipos de instrumentación y control automático, para ellos se clasificó la demanda de los 24 equipos que no tienen lentos movimientos, dando como resultado 5 equipos

clasificados como más importantes y 7 como de importancia media, todos con un comportamiento irregular en su demanda.

2. Se calcularon además los costos del sistema de inventario resultando los costos de ordenar los de mayor cuantía, lo que provoca que se pidan grandes cantidades y no se realicen órdenes de equipos en falta.
3. Se evaluó el SGI por el grupo de expertos como deficiente el desempeño del sistema, siendo el nivel de servicio y nivel inadecuado de los inventarios los principales problemas. Para mejorar estos aspectos en el SGI se necesita realizar una más acertada planeación de la demanda y utilizar modelos de optimización de inventarios adecuados a las características de la misma.

Capítulo III: Propuesta de mejora en el SGI de los equipos de instrumentación y control automático en la Refinería Camilo Cienfuegos.

En el presente capítulo se abordan los resultados de la aplicación de modelos de inventario más adecuados a una muestra de equipos de instrumentación y control así como políticas para su manejo. El objetivo del mismo es dar respuesta a los problemas detectados en la evaluación del SGI para estos equipos y corregir las deficiencias detectadas. Por último se procede a realizar una evaluación del sistema sobre la base de los cambios propuestos lo que constituye criterio de comparación y se sientan las bases para la mejora continua del sistema.

Los principales problemas detectados en el capítulo anterior se encuentran centrados en los niveles de servicio brindado por el sistema y los niveles de inventario actuales. El nivel de servicio no es adecuado y ni siquiera se tienen elementos para su estimación. Los niveles actuales de inventario no responden a las necesidades de mantenimiento y calibración de algunos equipos de instrumentación y control automático, mientras que en otros hay demasiados productos en existencia, provocando lenta rotación de los mismos así como pérdida de las garantías con sus suministradores.

La mayoría de las causas que provocan estos dos problemas principales son: no se utiliza ningún método para prever la demanda del sistema de mantenimiento y calibración, no existe ningún método para calcular las cantidades de cada equipo a ordenar, ni cuando realizar un nuevo pedido, no se tienen establecidos diferencias en los inventarios por lo que no se conocen los más importantes ni los más utilizados, no se evalúa periódicamente el sistema actual para conocer su respuesta a las necesidades.

En este capítulo se procede a brindar soluciones a estos problemas para lo cual se organizará de la siguiente forma:

- Planeación de la demanda futura
- Determinación y ejecución de modelos de inventarios adecuados a las características de la demanda
- Propuesta de políticas de inventarios diferenciadas por grupos de equipos
- Evaluación de las mejoras del sistema de inventarios actual.

3.1. Planeación de la Demanda Futura

Luego de observar los resultados mostrados en el capítulo II **epígrafe 2.4** donde se muestra que todas las demandas de los equipos de instrumentación y control automático tienen un comportamiento irregular según los registros de salidas del inventario en el almacén, se procede a aplicar un método de pronóstico que sea capaz de obtener una planificación de la demanda para el próximo año. El uso de técnicas estadísticas a partir de los datos históricos no ofrece buenos resultados debido a la gran aleatoriedad del comportamiento del mismo. Por esta razón es necesario el uso de técnicas cualitativas, utilizando algún método que considere la experiencia del grupo que previamente se ha seleccionado para la evaluación del SGI. Para su implementación se trató de evitar la influencia entre los expertos y al mismo tiempo que existiera retroalimentación para arribar a un acuerdo final utilizando un método que trabaja basado en la utilización sistemática e iterativa de juicios de opinión hasta llegar a un acuerdo. Este método fue creado en 1963 – 64 en la Rand. Co. por Aloy Helmer y Dalkey Gordon (Yamir Llanes, 2011). Se estableció un diálogo anónimo entre los expertos consultados individualmente, donde se les pidió a los expertos que planificaran la demanda de 6 equipos de los 24 seleccionados como muestra para la elaboración de esta investigación, dos de cada grupo, para el próximo año y que expresaran brevemente el por qué habían decidido hacerlo de esta manera. Los expertos se apoyaron de la documentación e informes proporcionados por los registros de años anteriores, donde quedan plasmadas estadísticas generales de los trabajos realizados por la dirección de automática, informática y telecomunicaciones (AIT), y sus experiencias en la actividad. Luego estas planificaciones se mostraban a todos los expertos con los detalles brindados por ellos y se les volvía a repetir la pregunta una ronda más donde se llegó al consenso mostrado en la **tabla 3.1**.

Tabla 3.1. : Planificación de la demanda de los equipos de instrumentación y control automático.

Descripción		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Detector de Flama	A	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	6
Interruptor de Presión	A	2	0	5	0	3	0	2	1	1	0	2	0	16
Botellón de Hidrógeno	B	2	1	0	1	1	2	1	1	1	2	1	0	13
Termómetros	B	2	0	0	1	0	0	2	1	0	2	1	0	9
Detector de Humo Iónico	C	2	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	6
Baterías de Respaldo	C	2	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	8

Como muestra la **tabla 3.1** la demanda se planificó para dos productos de cada grupo de clasificación A, B, y C. Se determinó tomar los dos productos de cada grupo que representan la mayor necesidad e importancia para realizar los trabajos de instrumentación y control automático según la experiencia del grupo de expertos.

Se tomaron el Detector de Flama y el Interruptor de Presión del grupo A, pues son los más importantes como se puede observar en el diagrama de Pareto mostrado en el capítulo II para la gestión de aprovisionamiento. Los equipos del grupo A suman el 65% del valor total de las existencias. Estos equipos hay que controlarlos estricta y detalladamente, dado que tienen el valor económico más relevante para el sistema de aprovisionamiento y son importantes para el funcionamiento del proceso de refinación.

Del grupo B se tomaron Botellón de Hidrógeno y Termómetros, para explicar en este capítulo la forma de proceder. Las existencias de estos productos son menos relevantes que los del grupo A, ya que representan el 25% del valor de los equipos almacenados que no son de lento movimiento, pero a pesar de ello, se debe mantener un sistema de control importante aunque sea menos estricto.

Y las existencias del grupo C representa bajo impacto para la gestión de aprovisionamiento, representan el 10 % del valor total del almacén, pero no por eso quedan exentas de la aplicación de modelos de inventario adecuados para gestionar sus inventarios. De estos equipos se tomaron como muestra para explicar el procedimiento el Detector de Humo Iónico y las Baterías de Respaldo.

Este proceso de planificación puede ser sustituido en el futuro por modelos estadísticos cuando se cuente con la información adecuada para ello. No es objetivo de este trabajo realizar análisis de fallas de los equipos de instrumentación y control automáticos y establecer sistemas de mantenimiento basados en esas estadísticas en los equipos estudiados aunque estos análisis pueden servir para determinar de manera cuantitativa y con mucha mejor precisión la demanda futura, lo que traería como consecuencias mejor respuesta del SGI aquí analizado.

3.2. Modelación de los Inventarios de los equipos seleccionados

Una vez obtenida la planificación a través del método de expertos se procede a la determinación de los costos de ordenar y mantener inventario de cada equipo. El costo de realizar una orden se calculó en el **epígrafe 2.5.1**. Del capítulo 2 de la tesis, siendo este de

(S = 813.30 CUC/orden). Los costos de mantener una unidad en inventario cada mes se muestra en la **tabla 3.2**, para ello es necesario convertir la tasa anual de mantener inventario a una tasa mensual dividiendo el valor obtenido en el **epígrafe 2.5.2** entre 12 meses/año. Es importante aclarar que los costos de almacenar no están teniendo en cuenta los costos de oportunidad, por no haberse podido determinar debido a la falta de información al respecto, como la actividad para la cual está diseñado el SGI no es comercial no se puede estimar a través del valor del producto faltante, sino por los costos por parada de la producción, los costos asociados a utilizar otro equipo que no sea idóneo, o por no brindar información oportuna al proceso de producción y que el proceso de refinación se realice con mayor incertidumbre y riesgo. Para ello se deben crear registros detallados de las acciones de mantenimiento y calibración fallidas o con problemas por falta de existencias en inventario.

Tabla 3.2. : Costos de mantener inventario para los equipos seleccionados de cada grupo.

No	Descripción		Precio unitario (CUC/unidad)	Tasa mensual (%/mes)	Costo de Inv. (CUC/unidad-mes)
1	Detector de Flama	A	2542,11	0,03892	0,99
2	Interruptor de Presión	A	759,66	0,03892	0,30
3	Botellón de Hidrógeno	B	778,12	0,03892	0,30
4	Termómetros	B	552,17	0,03892	0,21
5	Detector de Humo Iónico	C	170,06	0,03892	0,07
6	Baterías de Respaldo	C	263,28	0,03892	0,10

Como la demanda de los 24 equipos e implementos estudiados tiene un comportamiento irregular se procede a probar cuál de los modelos de optimización de los inventarios encontrados en la literatura ofrece el mejor resultado. Para demandas irregulares se pueden utilizar modelos como la heurística de Silver Meal, la heurística de Balanceo de Periodo Fragmentado y la heurística de Costo Mínimo Unitario, para definir la dimensión o tamaño del lote a ordenar de forma que se minimicen los costos de realizar pedidos y el costo de sostenimiento de inventario. El hecho de que los modelos exactos son demasiado engorrosos de calcular, unido a que las heurísticas anteriormente mencionadas no garantizan la solución óptima, se prueban los tres métodos con el objetivo de utilizar para cada equipo aquél que procure el mínimo costo total.

3.2.1. Heurística Silver - Meal

Primeramente se aplicó el método Heurístico Silver – Meal, el principio de esta heurística es obtener el costo promedio mínimo para la orden de compra más el costo de mantener el

inventario en función del número de periodos futuros que el pedido actual generara. Con los datos facilitados de la demanda y los costos de cada uno de los productos del grupo A, B, y C, se realizaron los cálculos de las heurísticas Silver-Meal.

Los cálculos de la heurística Silver-Meal se realizaron en el tabulador electrónico Microsoft Excel como muestra la **tabla 3.3** para el caso del Detector de Flama, resto de los casos se muestra en el **Anexo No. 11**. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 3.3. Formato de la hoja de EXCEL para el cálculo de la heurística Silver Meal

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística SILVER-MEAL					
Nº de periodos (de 1 a 12 meses)	6		h=	0,9 9	
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3				
Tasa de mantenimiento i	0,0003892				
Coste de adquisición Ca (CUC)	2542,11				
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo medio por periodo Kt (CUC)		
1	1	1	813,30		
2	0	1	406,65		
3	1	2	271,76		
4	0	2	203,82		
5	1	3	163,85		
6	0	3	136,54		
7	1	4	117,88		
8	0	4	103,15		
9	1	5	92,57		
10	0	5	83,31		
11	1	6	75,74		
12	0	6	70,25		
			Total Costo = 818,25		
VC= 7,28 > 0,20 USAR SILVER-MEAL					

Se procede a programar el procedimiento en una hoja de Excel, para ello es necesario que contenga la información relacionada anteriormente. Según el formato establecido que se muestra en la **tabla 3.3**.

1. La primera columna está reservada para el número de período que se está evaluando, para el caso actual se evalúan 12 períodos correspondientes a los meses del año.
2. En una segunda columna se ubican las cantidades de equipos demandados en cada período.
3. En una tercera columna de la hoja electrónica se procede a ubicar las cantidades que pedir a los proveedores para abastecer los inventarios de los equipos de instrumentación y control automático, para la cual se le asigna la letra Q (cantidad de cada pedido).
4. En la cuarta columna se calcula el costo medio por periodo denominado (Kt), y se detiene cuando $K(m+1) > k(m)$, o sea en el periodo en el que el costo promedio por periodo comience a crecer. Si este fuera el caso el próximo período sería contado como primero.
5. Y por último se calcula el costo total relevante que es la suma del costo de ordenar un pedido por la cantidad de pedidos a realizar más el costo de mantener una unidad en inventario por la cantidad de unidades en inventario en cada periodo. Este criterio permite discriminar entre diferentes métodos.

Grupo A

Los productos elegidos del grupo A fueron los Detectores de Flama donde su costos de adquisición por unidad es de 2543.11 CUC, en la **tabla 3.4** se muestra la planificación de las órdenes con el costo. Para el caso de los Interruptores de Presión, tienen un costo por unidad de 759.66 CUC y los resultados de la aplicación del método se muestra en la **tabla 3.5**.

Tabla 3.4. Resumen de datos, Heurística Silver-Meal para los detectores de flama.

Período	Ene	Feb	Marz	Abril	May	Juni	Julio	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
Demanda	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Planeadas	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entregas	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Inventarios	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	0	0
				COSTO T.= 818,25 CUC								

Los anteriores resultados indican que se debe realizar un solo pedido de 6 equipos en el año anterior para así satisfacer la demanda del mes de enero y tener para los próximos periodos existencia en inventario, con un costo total anual para este sistema de inventario en el producto mencionado de 818.25 CUC.

Tabla 3.5. Resumen de datos, Heurística Silver-Meal para los interruptores de presión.

Período	Ene	Feb	Marz	Abril	May	Juni	Julio	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
Demanda	2	0	5	0	3	0	2	1	1	0	2	0
Planeadas	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entregas	2	0	5	0	3	0	2	1	1	0	2	0
Inventarios	14	14	9	9	6	6	4	3	2	2	0	0
				COSTO T.= 817,44 CUC								

Como muestra la **tabla 3.5** se debe realizar un solo pedido de 16 equipos para satisfacer la demanda de los periodos restantes a un costo total anual de 817.44 CUC.

Es esperado este resultado dada la diferencia entre el costo de ordenar y el de mantener inventarios. El hecho de que los costos de mantener inventario sean más bajos es menos costoso para la Dirección de AIT almacenar estos equipos que pedirlos varias veces en el año.

Otro aspecto importante es que los tiempos de cierre de contratos y entrega son de 6 y 3 meses respectivamente, este hecho provoca mayor incertidumbre en la planificación ya que el pedido debe adelantarse en ocasiones hasta 9 meses y en el mejor de los casos cuando ya los contratos con el suministrador están realizados hasta 3 meses del tiempo de entrega.

Grupo B

De igual forma se planificó los productos seleccionados del grupo B utilizando la misma heurística. El resumen de los datos para el Botellón de Hidrógeno se muestra en la **tabla 3.6**.

Tabla 3.6. Resumen de datos, Heurística Silver-Meal para Botellón de Hidrógeno.

Período	Ene	Feb	Marz	Abril	May	Juni	Julio	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
Demanda	2	1	0	1	1	2	1	1	1	2	1	0
Planeadas	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entregas	2	1	0	1	1	2	1	1	1	2	1	0
Inventarios	11	10	10	9	8	6	5	4	3	1	0	0
				COSTO T.= 817,24 CUC								

Según resultados de la Heurística Silver – Meal se tiene que planificar la compra de este producto en el primer periodo del año, una cantidad de 13 equipos a un costo total anual de 817.24.

Tabla 3.7: Resumen de datos, Heurística Silver-Meal para Termómetros.

Período	Ene	Feb	Marz	Abril	May	Juni	Julio	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
Demanda	2	0	0	1	0	0	2	1	0	2	1	0
Planeadas	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entregas	2	0	0	1	0	0	2	1	0	2	1	0
Inventarios	7	0	0	6	0	0	4	3	3	1	0	0
				COSTO T.= 816,09 CUC								

Como muestra la **tabla 3.7** hay que realizar el pedido de 9 termómetros en el primer periodo para lograr satisfacer la demanda de los periodos siguientes con un costo total anual de 816.09 CUC.

Grupo C

Al grupo C se aplicó el Silver- Meal a los productos Detector de Humo Iónico con un costo de adquisición unitario de 170.06 CUC ver resumen de datos en la **tabla 3.8** y a las Baterías de Respaldo con un costo unitario de 263.28 CUC ver **tabla 3.9**.

Tabla 3.8: Resumen de datos, Heurística Silver-Meal para Detector de Humo Iónico.

Período	Ene	Feb	Marz	Abril	May	Juni	Julio	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
Demanda	2	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0
Planeadas	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entregas	2	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0
Inventarios	4	4	4	3	3	3	1	1	1	1	0	0
				COSTO T.= 813,56 CUC								

Los datos arrojados en la **tabla 3.8** muestran que hay que realizar el pedido de 6 equipos en el primer periodo con un costo total anual mínimo para este sistema de inventario en el producto mencionado de 813.56 CUC.

Tabla 3.9: Resumen de datos, Heurística Silver-Meal para Baterías de Respaldo.

Período	Ene	Feb	Marz	Abril	May	Juni	Julio	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
Demanda	2	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0
Planeadas	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entregas	2	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0
Inventarios	6	6	6	5	5	5	5	5	5	0	0	0
				COSTO T.= 813,91 CUC								

Al productos Baterías de Respaldo se le tiene que realizar el pedido de 8 equipos en el primer periodo para satisfacer la demanda de los periodos siguientes a un costo total anual mínimo de 813.91 CUC.

3.2.2. Heurística Costo Unitario Mínimo

El costo unitario mínimo (CUM) es un método parecido al algoritmo de Silver-Meal (SM), la diferencia radica en que la decisión se basa en el costo variable promedio por unidad en lugar de por periodo, la meta de este método es minimizar el costo promedio por unidad. Para el procesamiento de esta heurística también hay que tener en cuenta la demanda por periodos de los productos, el costo de adquisición unitario por cada producto y los costos asociados al sistema de inventario como son costo de realizar un pedido (S) y el costo de mantener una unidad en inventario (H). El procedimiento para elaborar la tabla del cálculo de la cantidad económica de pedido de los inventarios de la línea de suministros de los equipos de instrumentación y control automático se muestra a continuación.

PASOS

- 1.1 Se establecen los productos para los cuales se van a realizar el cálculo de la cantidad económica de pedido, el cual debe tener como datos primarios la cantidad a pedir por mes en el periodo de un año y el costo unitario.
- 1.2 Se elabora una tabla en una hoja electrónica que tenga la siguiente forma mostrada en la **tabla 3.10**
- 1.3 El cálculo del costo medio promedio por unidad denominado con la letra (Ku), se detiene cuando $K(m+1) > k(m)$, o sea en el periodo en el que el costo promedio por unidad comienza a crecer. Se calcula también el costo total que es la suma del costo de realizar un pedido por la cantidad de pedidos a realizar más el costo de mantener una unidad en inventario por la cantidad de unidades en inventario.

Este método de igual forma se le aplicó a cada uno de los productos elegidos para el estudio de cada uno de los grupos A, B y C y los cálculos se realizaron en el tabulador electrónico Microsoft Excel como muestra el **anexo No. 12**.

Tabla 3.10: Formato para el cálculo de la heurística Costo Mínimo Unitario para el equipo detector de flama

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística COSTO-MÍNIMO-UNITARIO

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	6	h=	0,99
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	2542,11		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo promedio por unidad Ku(CUC)
1	1	1	813,30
2	0	1	813,30
3	1	2	407,14
4	0	2	407,14
5	1	3	271,76
6	0	3	271,76
7	1	4	204,07
8	0	4	204,07
9	1	5	163,45
10	0	5	163,45
11	1	6	136,37
12	0	6	136,37
			Costo Total = 818,25

VC= 7,28 > 0,20 USAR COSTO MÍNIMO UNITARIO

El resumen de los resultados de esta heurística se muestra en la **tabla 3.11**. Las cantidades a ordenar coinciden con el método calculado anterior, para los equipos muestreados en este trabajo, aunque las dos heurísticas tienen similitudes difieren en la forma de su función objetivo y para algunos casos pudiera no ser exactamente igual por lo que sería necesario compararlos y utilizar aquel que mejor resultados brinde.

Tabla 3.11 Resumen de datos, Heurística Costo Mínimo Unitario.

Tamaño del Lote para Pedidos			
Grupo	Descripción del Producto	Q1	Costo Total CUC
A	Detector de Flama	6	818,25
A	Interruptor de Presión	16	817,44
B	Botellón de Hidrógeno	13	817,24
B	Termómetros	9	816,09
C	Detector de Humo Iónico	6	813,56
C	Baterías de Respaldo	8	813,91

Los anteriores resultados indican que hay que realizar los pedidos siempre en el primer periodo para lograr satisfacer la demanda en los periodos siguientes con los costos totales anual mostrados en la tabla.

3.2.3. Heurística Balanceo de Periodo Fragmentado (BPF)

El método heurístico de balanceo de periodo fragmentado intenta equilibrar el costo de ordenar un pedido y el costo de mantener el inventario tomando en cuenta las necesidades del tamaño del siguiente lote en los periodos futuros. El equilibrio de unidades entre periodos genera un factor de periodo fragmentado (FPF), que es la relación entre el costo de ordenar un pedido y el costo de mantenimiento del inventario (S/H). Una vez que $VF_m > FPF$ donde (VF_m es el valor fragmentado para cada periodo m) se detiene el procedimiento y se comienza nuevamente con el próximo periodo. Se calcula la cantidad del lote para el Detector de Flama como se muestra en la **tabla 3.12**

Tabla 3.12: Heurística del Balance de Período Fragmentado para el Detector de Flama

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística Balanceo de Periodo Fragmentado						
Nº de períodos (de 1 a 12 meses)		6	h=		0,99	
Coste de lanzamiento CI (CUC)		813,3	FPF=		822,02	
Tasa de mantenimiento i		0,0003892				
Coste de adquisición Ca (CUC)		2542,11				
	Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Valor Fragmentado para m Periodo (CUC)		
	1	1	1	0,00		
	2	0	1	0,00		
	3	1	2	2,00		
	4	0	2	2,00		
	5	1	3	6,00		
	6	0	3	6,00		
	7	1	4	12,00		
	8	0	4	12,00		
	9	1	5	20,00		
	10	0	5	20,00		
	11	1	6	30,00		
	12	0	6	30,00		
				Costo Total = 818,25		
VC= 7,28 > 0,20 USAR Balanceo de Periodo Fragmentado(BPF)						

En la primera columna se colocan los m periodos en los que se van a realizar pedidos.

En una segunda columna se ubica la planificación de la demanda por cada periodo, representada por D_t , se recuerda que para este caso las planificaciones para estos equipos se realizó utilizando el método cualitativo Delphi.

En una tercera columna de la hoja electrónica se representa Q (cantidad de cada pedido) también ubicado en cada periodo, esta constituirá la planificación de arribo de los pedidos, como el tiempo de entrega es de aproximadamente 3 meses, la planificación tiene que realizarse con mucha antelación.

En la cuarta columna se calcula el valor fragmentado para el m periodos, denominado con la letra **(VF_m)**, y se detiene el proceso cuando el factor de periodo fragmentado es mayor que el valor fragmentado por periodo **(FPF > VF_m)**.

Por último se calculó el costo total que es la suma del costo de realizar un pedido por la cantidad de pedidos a realizar más el costo de mantener una unidad en inventario por la cantidad de unidades en inventario y es el criterio de comparación entre las diferentes heurísticas.

La aplicación de este método a cada producto de los grupos A, B y C se hizo en el tabulador electrónico Microsoft Excel como muestra el **anexo No. 13** utilizando la información de la planificación de la demanda de cada producto determinada por el grupo de los expertos, el precio de adquisición por unidad de los mismos y los costos de ordenar un pedido(S) y mantener una unidad en inventario (H). A continuación se muestra la **tabla 3.13** con el resumen de los resultados de esta heurística.

Tabla 3.13: Resumen de datos, Heurística Balanceo de Periodo Fragmentado.

Grupo	Descripción del Producto	Q*	Costo Total CUC
A	Detector de Flama	6	818,25
A	Interruptor de Presión	16	817,44
B	Botellón de Hidrógeno	13	817,24
B	Termómetros	9	816,09
C	Detector de Humo Iónico	6	813,56
C	Baterías de Respaldo	8	813,91

Los resultados de los tres métodos heurísticos aplicados para demanda independiente los cuales surgen del supuesto clave que la demanda de estos productos que se llevan en inventario es independiente de la demanda de cualquier otro artículo que se lleve también en dicho inventario, brindaron la misma información, o sea los pedidos deben ser realizados en el primer periodo y todos ofrecen el mismo costo total anual mínimo por producto para el sistema de inventario. Al culminar la prueba de las tres heurísticas se llega a la conclusión que las planificaciones para los 6 equipos de instrumentación y control muestreados debe ser la mostrada en la **tabla 3.13** y cualquiera de las heurísticas sirve para planificar la gestión de inventarios. El cálculo para el resto de los equipos debe de ser realizado por la empresa una vez que se apruebe el uso de este procedimiento ya que el método para determinar la demanda de todos los equipos y útiles estudiados se toma demasiado tiempo, se le propone a la Dirección de AIT:

- Que se realice el procedimiento explicado en este capítulo, una vez al año para realizar la planificación de la demanda del próximo.
- Que se comiencen a llevar registros de las fallas y los mantenimientos para utilizar esa información estadística en la predicción de la demanda y así eliminar el método cualitativo el cual no solo puede ser más impreciso sino que además lleva mayor tiempo para su correcta implementación.
- Que se registren los costos asociados a la no tenencia de equipos en inventario para utilizar costos de mantener inventarios más veraces.

3.3. Políticas de Inventario para cada Producto

Una vez aplicados los métodos heurísticos al inventario de los equipos de instrumentación y control automático se procedió al cálculo del stock de seguridad de cada uno de los productos del grupo A y B. Se determinó establecer para estos equipos como política de inventario mantener un stock de seguridad que responda a la desviación de la demanda durante el plazo de entrega y que garantice un Nivel de Servicio adecuado para la actividad. Para el grupo C no se planifica Stock de seguridad ya que estos equipos no representan un alto valor para la dirección de AIT, por lo que no tiene sentido mantener equipos en inventario para asegurarse roturas de Stock.

En la mayoría de los negocios, los inventarios representan una inversión relativamente alta y producen efectos importantes sobre todas las funciones principales de la empresa. Cada función tiende a generar demandas de inventario diferente y a menudo incongruentes, en las

empresas productoras como lo es la Unidad de Negocio Cuvenpetrol S.A se necesitan elevados inventarios de repuestos para los equipos de instrumentación y control automático para garantizar la disponibilidad en las actividades de refinación del petróleo. Es por esto la necesidad de la planificación de las políticas de inventario para estos equipos con el propósito de garantizar niveles óptimos en la inversión en inventarios y a través de control mantener los niveles tan cerca como sea posible de los planificados.

Los niveles de inventario tienen que mantenerse entre dos extremos: un nivel excesivo que causa costos de operación, riesgos e inversión insostenibles, y un nivel inadecuado que tiene como resultado la imposibilidad de hacer frente rápidamente a las demandas de ventas y producción, nivel que puede provocar alto costos por falta de existencias.

Para determinar las políticas de inventario a la línea de suministro de los equipos de instrumentación y control automático se hace necesario realizar el cálculo del stock de seguridad. La mayoría de las empresas deben mantener ciertas existencias de seguridad para hacer frente a una demanda mayor que la esperada. Estas reservas se crean para amortiguar los choques o situaciones que se crean por cambios impredecibles en las demandas de los artículos, y así prevenir los costos de ruptura de stocks, esto es, los costos que producirían el tener que detener el proceso de refinación de petróleo por carecer de estos equipos en inventario, por tener que hacer frente a un mantenimiento más costos o trabajar en el proceso de refinación con mayor incertidumbre o bajo riesgos por no tener calibrados los equipos de instrumentación oportunamente, se crea el **stock de seguridad**, un "colchón" que prevé posibles riesgos de ruptura en función de la variabilidad de la demanda. De esta forma la recepción normal del pedido no se va a producir con 0 mercancías en el almacén, sino cuando haya un nivel adecuado de existencias para prevenir que los pedidos no lleguen en el tiempo previsto.

Se calculó el stock de seguridad del inventario utilizando la expresión 3.1.

$$S' = Z_{nsc} * \sqrt{L} * \delta \quad 3.1$$

Donde:

S': stock de seguridad

L: tiempo que se demora en entregar un pedido. El tiempo de demora de entregar un pedido (L) en la Unidad de Negocio Cuvenpetrol S.A es de tres meses una vez que se halla firmado el contrato, proceso este que dura seis meses desde que se hace la solicitud hasta que se firma el contrato con el proveedor al que se le vaya a comprar el producto solicitado.

NSC, Nivel de servicio esperado o planificado de respuesta del SGI, es la probabilidad de no tener demanda de un equipo sin existencias en el inventario.

Z, percentil de la distribución normal estandarizada, se determina para hacer crecer el inventario en una cantidad determinada por la probabilidad de respuesta deseada del sistema. Se utiliza la distribución normal bajo el supuesto que para muestras elevadas muchas distribuciones continuas y discretas se pueden aproximar a una distribución normal.

Para los productos del grupo A se planificó con un nivel de servicio del 95 %y para los productos del grupo B con un nivel de servicio del 90 % siguiendo una distribución normal. La **tabla 3.14** muestra los datos de la desviación (δ) de cada uno de los productos, los valores de **Znsc** y los resultados obtenidos del cálculo del stock de seguridad, como los equipos en general constituyen unidades discretas, se debe tener en cuenta la aproximación siempre por exceso para determinar el S' a utilizar.

Tabla 3.14: Resumen de los resultados del cálculo de stock de seguridad en inventario.

	Descripción	Varianza (unidad/mes)	Desviación (unidad/mes)	Znsc	S' (unidad)	S' decidido (unidad)
A	Detector de flama	1,10	1,05	1,64	2,98	3
A	Interruptor de Presión	2,79	1,67	1,64	4,74	5
B	Botellón de hidrógeno	0,36	0,60	1,56	1,63	2
B	Termómetros	1,34	1,16	1,56	3,13	4

3.4. Cálculo de los inventarios máximos

Una vez determinados los Inventarios de Seguridad, se debe calcular la cantidad máxima que se debe permitir para cada equipo de instrumentación y control automático de la muestra seleccionada. Se puede afirmar que la mayor cantidad de inventario se tiene cuando recién arriba un pedido, para determinar la cantidad máxima que debería haber en el inventario se estima a través de la expresión 3.2.

$$I_{max} = Q + S' \quad 3.2$$

Donde:

I_{max} es el inventario máximo, también denominado en ocasiones inventario objetivo.

Q es el tamaño del lote pedido y S' es el Stock de Seguridad calculado anteriormente.

Como el tamaño del lote Q depende de la planificación realizada por el grupo de expertos, ellos deben tener en cuenta el nivel de inventario actual y cuánto debe quedar al final del período, para realizar su pronóstico. Los inventarios máximos calculados para los equipos muestreados en este trabajo se muestran en la **tabla 3.15**.

Tabla 3.15: Resumen de los resultados del cálculo del Inventario Máximo.

	Descripción	S' decidido (unidad)	Q*(unidades)	Imax (unidades)
A	Detector de Flama	3	6	9
A	Interruptor de Presión	5	16	21
B	Botellón de Hidrógeno	2	13	15
B	Termómetros	4	9	13

La revisión del inventario debe ser continua e ir midiendo los niveles de inventario cada vez que se realiza una extracción para una actividad de mantenimiento, para el Detector de Flama, por ejemplo, deben oscilar entre el stock de seguridad 3 unidades y el inventario máximo 9 unidades, si estuviera por debajo límite inferior ocurriría riesgo de quedarse sin inventarios para una posible acción de mantenimiento. En este caso se propone realizar un pedido extra del plan, para reponer este stock de seguridad cuanto antes y continuar gestionando el sistema.

Si fuera el caso contrario que el inventario planificado excede a la demanda real y se queda por encima del límite superior, se atrasaría la realización del pedido hasta que se encuentre en los límites establecidos. Se debe tener en cuenta esta información de ambos casos para futuras planificaciones de la demanda.

Una vez al año aproximadamente cuatro meses antes del comienzo del nuevo año fiscal se debe planificar la demanda del próximo y realizar pedidos para cada equipo de cualquiera de los grupos, que mantenga un comportamiento cercano al planificado en el periodo anterior. Cada tres o cinco años se debe realizar una nueva clasificación de los inventarios para observar si algún equipo cambió de grupo debido al comportamiento de su demanda o del costo unitario de adquisición. También un análisis estadístico de la demanda para observar si necesita otro tipo de modelo de optimización.

De igual forma se debe proceder para los equipos pertenecientes al grupo C aunque para ellos no se determina stock de seguridad, se realizan las planificaciones de sus órdenes una vez al año, manteniéndose esta revisión periódica, se calculan los tamaños de lote óptimos y el momento en el cual deben llegar los pedidos y cuándo hay que lanzarlos. Para este grupo

de equipos no es necesaria una revisión continua de los inventarios debido a que su falta no afecta extremadamente el desempeño del SGI.

3.5. Línea de suministro de los equipos de instrumentación y control automático con lento movimiento en almacén.

Uno de los elementos básicos en la Gestión Logística sobre todo en un operador logístico, es la Gestión de Stock: decidir cuánto comprar y cuándo hacerlo son decisiones vitales para evitar la formación de inventarios de lento movimiento así como, para lograr una gestión empresarial eficiente.

Se consideran de lento movimiento aquellos productos que no se demandan frecuentemente independientemente de la cantidad que se solicite, por lo que si un determinado producto es demandado en un período y no es demandado regularmente en los períodos que siguen, aunque cada vez que se necesite sea en grandes cantidades.

El costo de oportunidad también conocido como el costo de interés del capital invertido en stock es el costo más importante del costo del inventario. La mayoría de los autores insisten en la determinación de este costo sobre la base de la consideración de tasas de rentabilidad en inversiones de bajo riesgo. Para resolver este problema, el empresario cubano, puede decidir qué productos comprar por lo que puede estimarse un costo de oportunidad considerando que ha dejado de ganar por invertir en comprar productos de lento movimiento en lugar de comprar productos más necesarios o demandados por su empresa.

Se analizaron y monitorearon todos los productos pertenecientes a los trabajos de instrumentación y control automático y se seleccionaron todos los que se encontraban con lento movimiento, afectando de esta forma la unidad. Se tienen un total de 163 nomenclaturas de equipos diferentes, 1306 unidades entre ellas y un valor total retenido de **700.829,06 CUC** más los costos invertidos en su almacenamiento ver **Anexo No. 14**. Para este grupo de equipos es necesario:

1. Realizar un análisis de sus niveles de inventario y las posibilidades de pasar a ser considerados inventarios ociosos.
2. Buscar mercados de mayor rotación aunque se pierda algo en su comercialización.
3. Intercambiar con otras refinerías del país o la región, o empresas que necesiten de estos equipos y establecer los convenios necesarios para su comercialización.
4. Detener los pedidos de estos equipos y solamente realizar órdenes en caso necesario.

5. Encontrar suministradores cercanos y fiables aunque los costos unitarios sean mayores para poder realizar órdenes bajo poca incertidumbre y lograr que el tiempo de entrega sea corto.

3.6. Evaluación del SGI propuesto

Luego de haber determinado el SGI más adecuado para los equipos de instrumentación y control automático de la Unidad de Negocio Cuenpetrol con el objetivo de mejorar el nivel de servicio y los niveles de inventario se le pidió al grupo de expertos que evaluaran los criterios del SGI listados en el capítulo II **epígrafe 2.7.2**. Teniendo en cuenta las propuestas de mejoras realizadas en este capítulo.

Para este análisis se hizo uso de la misma escala de puntuaciones aplicadas en el capítulo II **epígrafe 2.7.3**, donde se hizo una evaluación a estos mismos criterios del SGI actual de los equipos de instrumentación y control automático en la Unidad de Negocio Cuenpetrol. Para determinar si hubo concordancia en las opiniones se realiza el análisis estadístico de Kendall, la tabla de salida se observa en el **Anexo No.15**

Se utiliza el software SPSS donde se obtuvo un Coeficiente de Kendall (W) con un valor de 0,889 lo que evidencia que existe concordancia entre los expertos, y se acepta la hipótesis alternativa de que existe comunidad de preferencia para un $\alpha=0.05$ ver **tabla 3.16**.

Tabla 3.16: Estadísticos para el análisis de concordancia.

Estadísticos de contraste	Resultados
Chi Cuadrado	40.995
W Kendall	0.889
Valor de Probabilidad	0.000

La evaluación integral del SGI propuesto se determinó por la expresión 2.7 del capítulo II y los resultados de la ponderación de estos criterios según los expertos realizados en el capítulo II **epígrafe 2.7.2** mostrados en la **tabla 2.9** a través del método AHP desarrollado por Saaty con el objetivo de establecer prioridades de un indicar respecto al otro. Los resultados del SGI propuesto se muestran en la **tabla 3.17**

Tabla 3.17: Evaluación del SGI propuesto

Indicadores	Promedio de evaluación C_i	Ponderación W_i	$W_i C_i$
Costo de almacenamiento	5,00	0,04	0.2
Costo de ordenar	4,00	0,04	0.16
Nivel de inventario	4,23	0,31	1.3113
Nivel de servicio	4.85	0,42	2.037
Sistema informativo	3.85	0,18	0.693
TOTAL			4.4013

El E_{SGI} alcanza una evaluación del 88.02% el cual mejora el desempeño calculado para el sistema actual en aproximadamente 25 puntos. El sistema debe responder mejor al nivel de servicio y los niveles de inventario deben mejorar aunque no se otorgaron puntuaciones más altas debido a la inexactitud del método para la predicción de la demanda, aunque reconocen que para la información con que se cuenta actualmente, este es el más adecuado. Es también importante señalar que los inventarios de lento movimiento afectan en una medida importante la percepción de los expertos sobre el indicador de nivel de inventarios.

Aunque para los expertos no es tan importante el trabajo sobre los costos de mantener inventarios y de ordenar estos afectan significativamente las decisiones de cuánto y cuándo ordenar, las cuales inciden en el nivel de inventario, aumentando el mismo. En general se demuestra que el SGI propuesto es más eficaz que el actual, aunque todavía y como parte de la mejora continua del mismo:

- Se debe buscar medios para pronosticar mejor la demanda a partir de los registros y análisis de las fallas de los equipos estudiados.
- Se deben mejorar las relaciones con los comercializadores y los proveedores para obtener mejores tiempos de entrega lo que reduciría la incertidumbre en las predicciones.
- Se deben registrar los costos de oportunidad y mejorar todavía más los costos de mantener inventarios y de ordenar, para ser utilizados en los cálculos de los modelos de optimización.
- Se debe evaluar el SGI al menos una vez al año para buscar oportunidades de mejora y verificar la incidencia de las mejoras planteadas.

Conclusiones parciales del Capítulo III.

Al culminar el capítulo III se pueden arribar a las siguientes conclusiones:

1. Se predijo la demanda de los equipos muestreados utilizando el método Delphi, debido a la irregularidad de la demanda no se pueden utilizar otros métodos de pronósticos más certeros.
2. Se calcularon las heurísticas de Silver Meal, Costo Mínimo y Balance de Período Fragmentado, brindando idénticos resultados en todos los equipos de instrumentación y control automático estudiados, y se planificaron sus pedidos al mínimo costo.
3. Se establecieron los inventarios máximos y mínimos para facilitar la gestión del mismo y se establecieron los inventarios de seguridad diferentes para cada grupo.
4. Se evaluó el SGI propuesto dando una mejor puntuación que las condiciones actuales aunque todavía quedan varias deficiencias que por su alcance no fueron tratadas en esta investigación.

Conclusiones Generales:

Como resultado de este trabajo, se arriba a las conclusiones generales siguientes:

1. A partir de la evolución de la teoría de inventario en el ámbito internacional y en Cuba, se realiza un resumen teórico de los modelos de inventario más utilizados en la actualidad, y los diferentes elementos necesarios para la gestión de los inventarios y su importancia en el desempeño de la empresa moderna.
2. Se caracterizaron los inventarios de los equipos de instrumentación y control automático de la Unidad de Negocio Cuenpetrol S.A de la Refinería Camilo Cienfuegos arrojando los siguientes resultados:
 - El 20.83% (5 productos) del total de los productos estudiados (24 productos) fueron clasificados de alto impacto (clase A).
 - El 29.17% (7 productos) del total de los productos estudiados (24 productos) fueron clasificados de impacto medio (clase B).
 - El 50% (12 productos) del total de los productos estudiados (24 productos) fueron clasificados de bajo impacto (clase C).
 - Los 24 productos estudiados presentan una demanda irregular.
 - El costo de ordenar es en la actualidad muy superior al costo de mantener estos equipos en inventario.
3. Se evaluó el SGI a través de técnicas multicriterio a partir de un grupo de expertos del lugar objeto de estudio, siendo 61.22 de 100 la puntuación obtenida, lo que evidencia la necesidad de mejorar el sistema.
4. De acuerdo a la variabilidad e irregularidad que presentan estos productos en su demanda, los modelos de inventario que se aplicaron fueron los heurísticos Silver-Meal, Costo unitario mínimo y el de Balanceo de periodo fragmentado brindando todos idénticos resultados con los cuales se pudo planificar las órdenes a realizar para el próximo año.
5. El efecto de las propuestas de mejoras realizadas en el sistema de gestión de los inventarios para los equipos de instrumentación y control automático en la Unidad de Negocio Cuenpetrol S.A se evidencia en la evaluación del mismo en un aumento de 25 puntos aunque todavía persisten oportunidades de mejora e investigación en el objeto de estudio. Con ello se da respuesta al objetivo general de la investigación y se comprueba la hipótesis trazada para la misma.



PETRÓLEOS
LIBA VENEZUELA S.A.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones:

1. Continuar con la detección de oportunidades y mejora teniendo en cuenta el orden secuencial de prioridades obtenido como resultado de la aplicación del método Saaty.
2. Trabajar con vistas a consolidar y validar y continuar perfeccionando el Sistema de Gestión de Inventarios propuesto para la compra de los equipos de instrumentación y control automático de la Unidad de Negocio Cuvenpetrol S.A.
3. Sugerir que se programe y automatice de manera integral el procedimiento propuesto en busca de una mayor viabilidad y factibilidad en la gestión de inventarios de la entidad.



PETRÓLEOS
LIBA VENEZUELA S.A.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

Aquilano C. (2004). *Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones*.

México: Addison-Wesley Iberoamericana.

Ballou, H. R. (1991). *La logística empresarial. Control y Planificación*. Madrid: Ediciones

Díaz de Santos.

Bañol, N., Hernan, J. (2010). Aplicación de tres métodos de solución al problema de

dimensionamiento de lotes y MRP, *Scientia et Technica*, Vol. 45 No. 16, 239-244.

Bregman, R L, Silver, E A. (1993). A Modification of the Silver-Meal Heuristic to Handle

MRP Purchase Discount Situations *The Journal of the Operational Research*

Society, Vol. 44 No. 7, 717.

Castro, C. A. (2003). Una estructura para la selección de modelos de gestión de

inventarios de artículos individuales cuando la demanda es determinística.

Tecnura, Vol. 2 No. 13, 83-92.

Cespón Castro, R. y M. Amador Orellana. (2003). *Administración de la cadena de*

suministros. Universidad Tecnológica Centroamericana de Honduras.

Cespón, C. R. y Auxiliadora, M. (2003). *Administración de la cadena de suministro:*

manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial.

Chase, R. B. y Aquilano, N. J. (1994). *Dirección y administración de la producción y las*

operaciones. México: Addison Wesley Iberoamericana.

Companys Pascual, y B. Fonollosa, Joan. (2008). *Nuevas técnicas de gestión de*

stocks: MRP y JIT (1ª Edición, 1ª impresión ed.). Madrid.

CSCMP. (2007). *Supply Chain Management. Logistics Management Definitions*. Council

of Supply Chain Management Professionals.

Felipe, Pilar. (2007). *Administración de los Inventarios*. La Habana: Universidad de la

Habana.

Hillier, F.S. (1995). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. México: Editorial

McGraw Hill.

- Ho, J.; Chang, Y.; Solis, A. (2006). Two modifications of the least cost per period heuristic for dynamic lot-sizing. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 57 No. 8, 1005-1013.
- Hu, J., Munson C. L, Silver, E. A. (2004). A Modified Silver-Meal Heuristic for Dynamic Lot Sizing under Incremental Quantity Discounts. *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 55 No. 6, 671-673.
- Iglesias, L. Y. C. (2006). *Metodología para la gestión de inventarios en la Tienda «La CasaMimbre» perteneciente a la Sucursal Cienfuegos de CIMEX* (Unpublished Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos, Cuba, Cuba.
- Liberman, Julio. (2000). *Administración de Operaciones: Toma de decisiones en la función de operaciones*. Bogotá: Editorial Mc Gran – Hill.
- Lineamientos del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. (2011).
- Llanes, Yamir. (2011). Método Delphi.
- Lorenzo Martín, José Yhoslán. (2008). *Procedimiento para la mejorar la gestión de inventarios em empresas comercializadoras* (Tesis presentada en opción al grado científico de Master). Universidad de Cienfuegos, Cuba, Cuba.
- Magee, J. F., Copacino, W. C. and Rosenfield, D. B. (1973). *Modern logistics management*. New York: John Wiley & Sons.
- Magee, JF. (1968). *Industrial Logistics*. Mac. Graw-Hill.
- Monks, Joseph G. (1991). *Administración de Operaciones*. México: Mc Graw-Hill.
- Paul S. Bender. (1981). Mathematical Modeling of the 20/80 Rule: Theory and Practice. *Journal of Business Logistics*, Vol. 2 No.2, 139-157.
- Pulido Vega María. (2011). *Administración de Inventario*. Universidad de Cienfuegos,, Cuba.
- Pulido Vega, María. (2009). *Administración de Inventario* (Tesis para optar por el título de Licenciado en Contabilidad y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales). Universidad de Cienfuegos, Cuba, Cuba.

- Ronald S. Tibben – Lembke. (2002). Average Cost Lot – Sizing Heuristics: Revised Stopping conditions with increased intuition. *Production and Inventory Management Journal*, Vol.34 No.5, 89-98.
- Saaty, T. (1998). Evaluación y decisión Multicriterio, Reflexiones y Experiencias.
- Saaty, T. L., Forman, E. H., Shvartsman, A., Korpics, M. P., Selly, M. A., & Colby Ugo, J. (2009). Tutorial Expert Choice.
- Santos Norton María L. (1995). La logística como elemento de las fuerzas del cambio.
- Schroeder, R. (1992). *Administración De operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones*. Mexico: Editorial Mc Graw Hill.
- Silver, E; Pyke, D. and Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. New York.
- Sipper, D, Robert L. (1999). *Planeación y Control De la Producción* (1ª Edición, 1ª impresión ed.). México D.F., Mc Graw Hill.
- Villa, Eulalia, & Pons, R. (2003). Aplicación de la Gestión por procesos al Macro proceso Formación del Profesional.
- Wagner, H. and Whitin, T.M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size Model. En: Management Science.



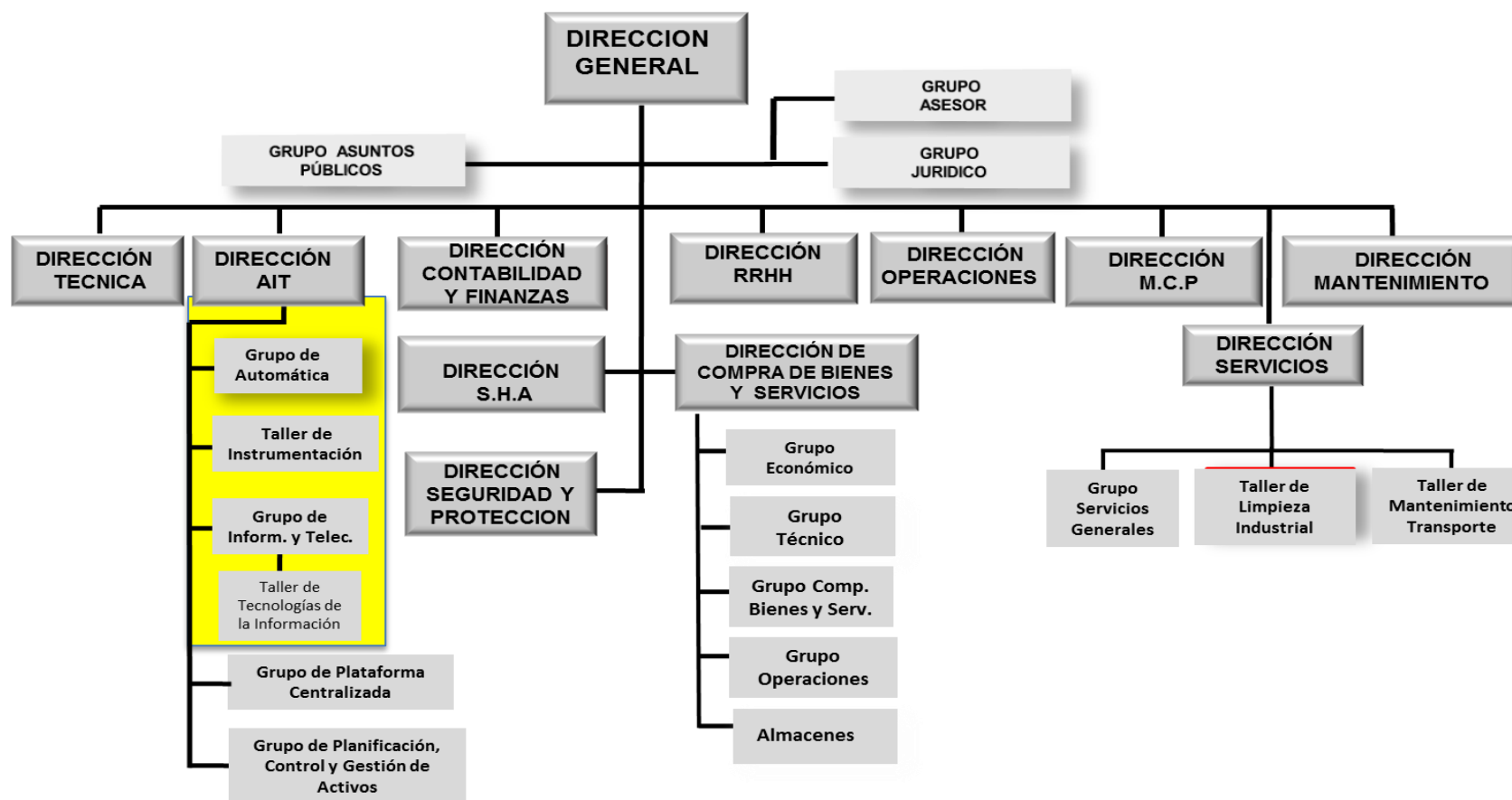
PETRÓLEOS
LIBA VENEZUELA S.A.

ANEXOS

Anexos

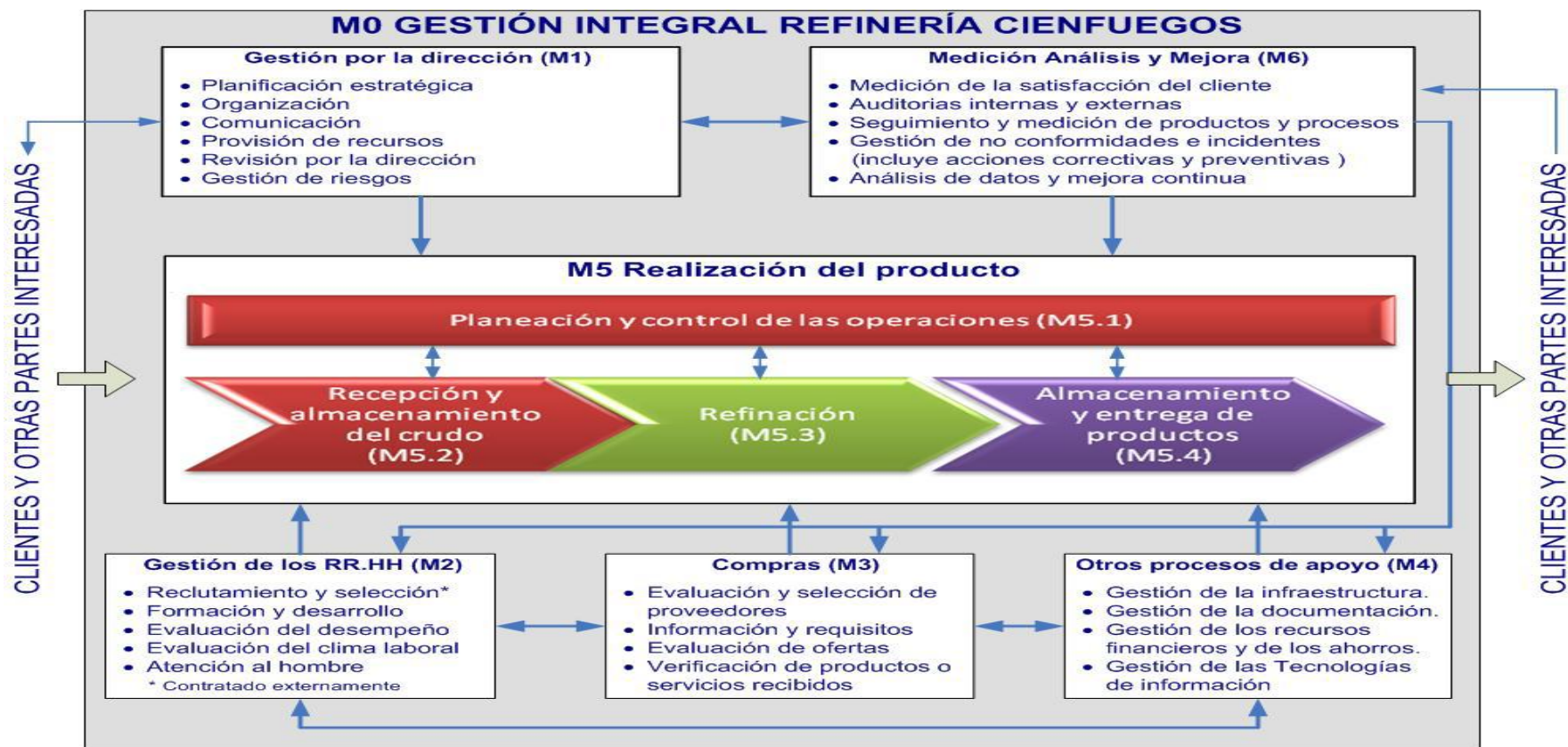
Anexo No.1

Organigrama de la Empresa. Fuente: Unidad de Negocio Refinería “Camilo Cienfuegos”.

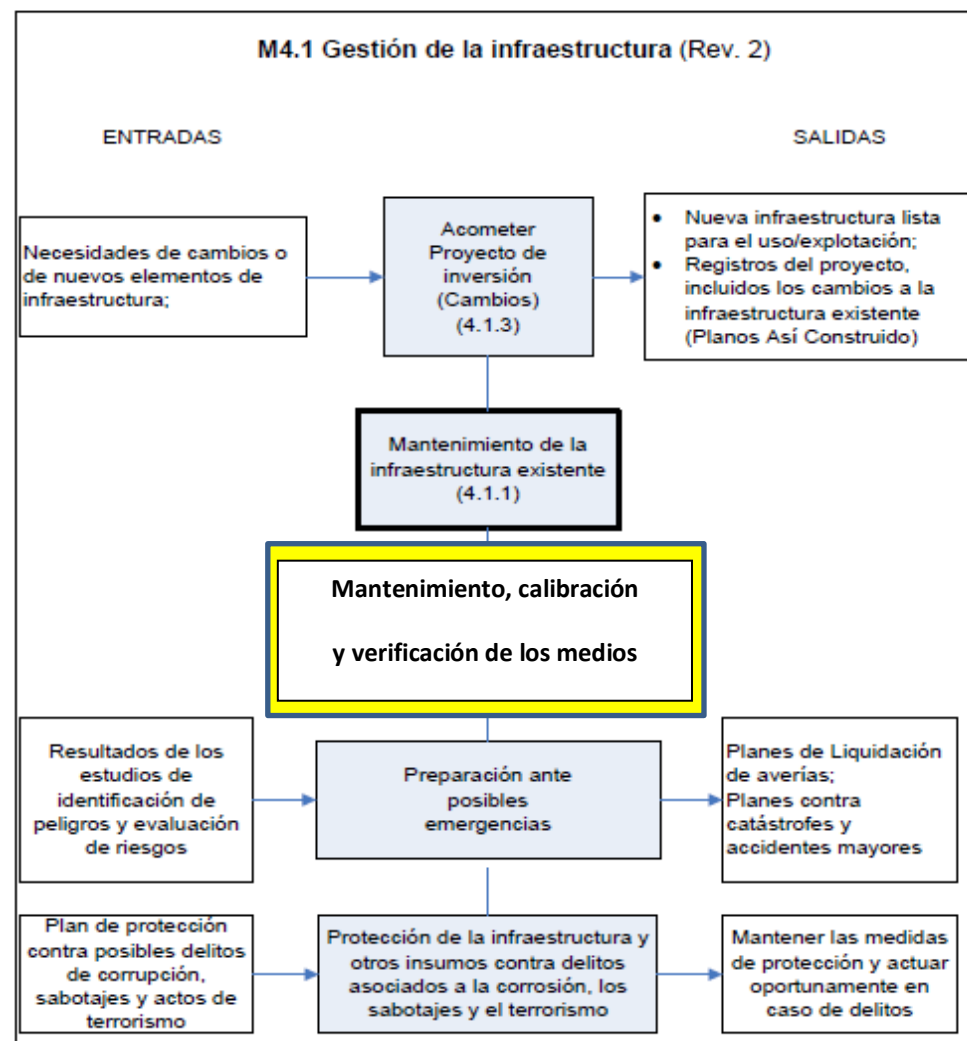


Anexo No.2

Mapa de proceso de la Refinería “Camilo Cienfuegos”. Fuente: Refinería “Camilo Cienfuegos”.

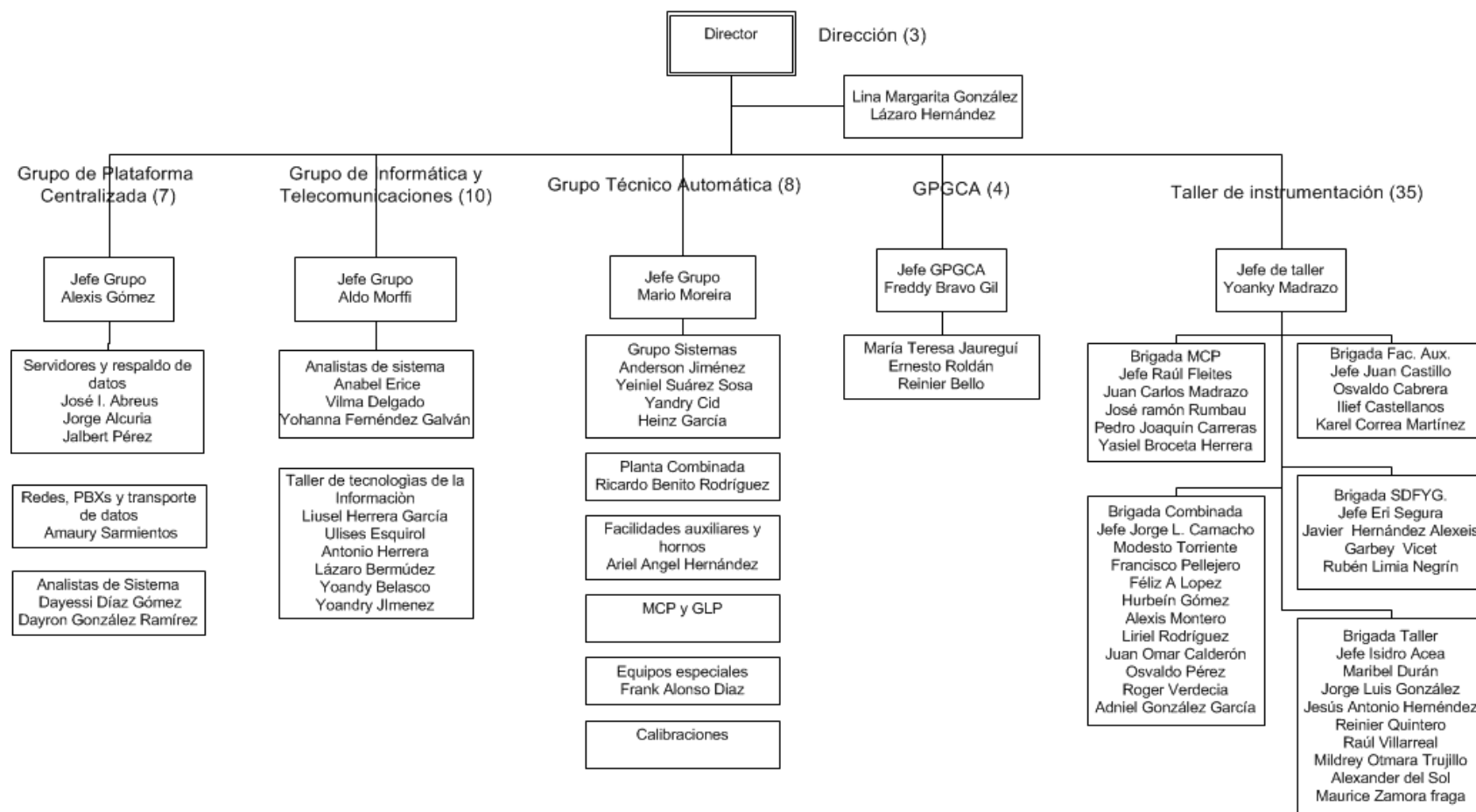


Anexo No.3



Anexo No.4

Dirección de Automática, Informática y Telecomunicaciones (68)



Anexo No.5: Consumos mensuales de 3 años de todos los equipos seleccionados

2010																
No	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Año	Precio Unitario	Importe Costo
1	BATERÍAS DE RESPALDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	97,00	970
2	BOTELLÓN DE HIDRÓGENO	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4	871,89	3487,56
3	BOTELLÓN DE NITROGENO	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	6	526,40	3158,39
4	BRIDAS PLASTICAS	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	200	2200	0,11	233,2
5	BUSHING HEX. GALVANIZADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
6	CABLES DE INSTRUMENTACION	805	1020	1	0	0	1520	0	0	0	0	0	0	3346	7,24	24208,62
7	CANAL DE CABLE	0	0	0	0	0	114	0	36	0	15	0	12	177	57,71	10215,37
8	CERABAR PMP	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1446,78	1446,78
9	DETECTOR DE FLAMA	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	3902,66	15610,62
10	DETECTOR DE HUMO F ELECT.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	170,06	340,12
11	DETECTOR DE HUMO IÓNICO	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	170,06	510,19
12	ETIQUETAS P/ CABLES	0	0	12000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12000	0,31	3742,04
13	EXPANSIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
14	FLUJOMETRO P/ FUEL-OIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
15	FMR 533	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	7995,58	15991,15
16	GAS DE CALIBRACION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2593,14	5186,28
17	INTERRUPTOR DE PRESIÓN	0	5	0	2	0	3	0	0	2	0	0	0	12	982,28	11787,31
18	MANOMETRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
19	TAPE ELECTRICO	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1,09	10,89
20	TERMÓMETROS	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	7	552,17	3865,21
21	TERMORESISTENCIA	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	580,16	1740,47
22	TRANSMISOR DE DIFERENCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
23	TRANSMISOR DE NIVEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
24	TRANSMISOR DE PRESIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
	Total	805	1029	14011	2	0	1637	0	36	20	21	2	226			

2011

No	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Año	Precio Unitario	Importe Costo
1	BATERÍAS DE RESPALDO	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	93,11	744,89
2	BOTELLÓN DE HIDRÓGENO	0	1	1	0	1	0	1	2	1	1	1	1	10	778,12	7781,16
3	BOTELLÓN DE NITROGENO	0	1	2	0	1	0	0	2	0	1	1	0	8	70,01	560,07
4	BRIDAS PLASTICAS	400	0	9600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	0,29	2878,29
5	BUSHING HEX. GALVANIZADO 3/4 - 1/2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	3,02	6,04
6	CABLES DE INSTRUMENTACION	0	251	210	1	0	40	600	100	1145	0	50	0	2397	5,60	13415,9
7	CANAL DE CABLE	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	43,09	3231,69
8	CERABAR PMP	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1446,78	1446,78
9	DETECTOR DE FLAMA	2	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	6	2548,47	15290,83
10	DETECTOR DE HUMO F ELECT.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
11	DETECTOR DE HUMO IÓNICO	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6	158,75	952,49
12	ETIQUETAS P/ CABLES	0	1200	11400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12600	0,17	2187,51
13	EXPANSIONES	0	0	45	0	0	30	0	0	0	0	0	0	75	0,48	35,75
14	FLUJOMETRO P/ FUEL-OIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	9844,87	9844,87
15	FMR 533	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5583,56	5583,56
16	GAS DE CALIBRACION	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2735,36	5470,71
17	INTERRUPTOR DE PRESIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	985,80	985,8
18	MANOMETRO	7	0	0	0	0	5	0	0	0	0	4	0	16	106,67	1706,74
19	TAPE ELECTRICO	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1,36	13,56
20	TERMÓMETROS	0	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	133,71	802,25
21	TERMORESISTENCIA	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	350,25	700,5
22	TRANSMISOR DE DIFERENCIAL	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3667,25	3667,25
23	TRANSMISOR DE NIVEL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1641,24	1641,24
24	TRANSMISOR DE PRESIÓN	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2028,73	2028,73
	Total	419	1541	21260	1	9	79	601	108	1150	4	57	1			

2012

No	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Año	Precio Unitario	Importe Costo
1	BATERÍAS DE RESPALDO	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	263,28	526,56
2	BOTELLÓN DE HIDRÓGENO	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	7	577,11	4039,79
3	BOTELLÓN DE NITROGENO	0	0	0	1	1	1	2	0	0	1	1	0	7	4,53	31,74
4	BRIDAS PLASTICAS	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	200	0,04	7,02
5	BUSHING HEX. GALVANIZADO 3/4-1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3,02	3,02
6	CABLES DE INSTRUMENTACION	0	70	40	0	20	0	0	1800	0	0	408	0	2338	9,34	21828,36
7	CANAL DE CABLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
8	CERABAR PMP	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3	2012,00	6036
9	DETECTOR DE HUMO F ELECT.	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	170,06	680,25
10	DETECTOR DE HUMO IÓNICO	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	170,06	680,25
11	DETECTOR DE FLAMA	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	5	2542,11	12710,57
12	ETIQUETAS P/ CABLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
13	EXPANSIONES	0	0	0	0	0	0	0	140	20	0	150	50	360	0,60	216,46
14	FLUJOMETRO P/ FUEL-OIL	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	4335,25	4335,25
15	FMR 533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	8091,53	8091,53
16	GAS DE CALIBRACION	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	3057,68	9173,04
17	INTERRUPTOR DE PRESIÓN	0	0	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	12	759,66	9115,93
18	MANOMETRO	0	14	10	0	0	2	0	0	8	0	6	0	40	77,72	3108,7
19	TAPE ELECTRICO	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	18	0	19	2,72	51,63
20	TERMÓMETROS	0	0	0	2	1	0	0	1	0	2	0	0	6	472,76	2836,58
21	TERMORESISTENCIA	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	426,89	1280,66
22	TRANSMISOR DE DIFERENCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1826,97	1826,97
23	TRANSMISOR DE NIVEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
24	TRANSMISOR DE PRESIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
	Total	0	88	54	6	24	12	2	1959	230	4	587	51			

Anexo No.6: Criterio ABC clásico para clasificar productos

		Año 2010	Año 2011	Año 2012				
No	Descripción	Costo Total	Costo Total2	Costo Total3	TOTAL2	% del Total	% Acumulado	Clasificación
1	CABLES DE INSTRUMENTACION	24208,62	13415,9	21828,36	59452,88	22,01%	22,01%	A
2	DETECTOR DE FLAMA	15610,62	15290,83	12710,57	43612,02	16,15%	38,16%	A
3	FMR 533	15991,15	5583,56	8091,53	29666,24	10,99%	49,15%	A
4	INTERRUPTOR DE PRESIÓN	11787,31	985,8	9115,93	21889,04	8,11%	57,25%	A
5	GAS DE CALIBRACION	5186,28	5470,71	9173,04	19830,03	7,34%	64,60%	A
6	BOTELLÓN DE HIDRÓGENO	3487,56	7781,16	4039,79	15308,51	5,67%	70,27%	B
7	FLUJOMETRO P/ FUEL-OIL	0	9844,87	4335,25	14180,12	5,25%	75,52%	B
8	CANAL DE CABLE	10215,37	3231,69	0	13447,06	4,98%	80,50%	B
9	CERABAR PMP	1446,78	1446,78	6036	8929,56	3,31%	83,80%	B
10	TERMÓMETROS	3865,21	802,25	2836,58	7504,04	2,78%	86,58%	B
11	ETIQUETAS P/ CABLES	3742,04	2187,51	0	5929,55	2,20%	88,78%	B
12	TRANSMISOR DE DIFERENCIAL	0	3667,25	1826,97	5494,22	2,03%	90,81%	B
13	MANOMETRO	0	1706,74	3108,7	4815,44	1,78%	92,59%	C
14	BOTELLÓN DE NITROGENO	3158,39	560,07	31,74	3750,2	1,39%	93,98%	C
15	TERMORESISTENCIA	1740,47	700,5	1280,66	3721,63	1,38%	95,36%	C
16	BRIDAS PLASTICAS	233,2	2878,29	7,02	3118,51	1,15%	96,51%	C
17	BATERÍAS DE RESPALDO	970	744,89	526,56	2241,45	0,83%	97,34%	C
18	DETECTOR DE HUMO IÓNICO	510,19	952,49	680,25	2142,93	0,79%	98,14%	C
19	TRANSMISOR DE PRESIÓN	0	2028,73	0	2028,73	0,75%	98,89%	C
20	TRANSMISOR DE NIVEL	0	1641,24	0	1641,24	0,61%	99,50%	C
21	DETECTOR DE HUMO F ELECT.	340,12	0	680,25	1020,37	0,38%	99,88%	C
22	EXPANSIONES	0	35,75	216,46	252,21	0,09%	99,97%	C
23	TAPE ELECTRICO	10,89	13,56	51,63	76,08	0,03%	100,00%	C
24	BUSHING HEX. GALVANIZADO 3/4 - ½	0	6,04	3,02	9,06	0,00%	100,00%	C
	Total				270061,12			

Anexo No.7

Gastos en el periodo del año 2012 de la Dirección de Compra

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Gastos del área Compra
MEDIOS DE PROTECCION INDIV.	51,86	329,18	118,29	0	92,03	92,03	52,98	153,29	35,35	381,95	85,46	1214,66	2607,08	668,4820513
MAT, EQUIPOS DE OFICINA	323,24	494,31	331,68	284,34	512,68	512,68	388,23	275,43	547,61	459,54	220,44	456,93	4807,11	1232,592308
MAT, INSUMO COMP, Y COMUNIC,	147,43	193,1	1359,69	778,53	569,92	569,92	313,97	273,67	376,03	1381,7	257,3	243,9	6465,12	3232,56
MATERIALES E INSUMOS ALIMENT	0	157,8	97,5	79,6	65,17	65,17	53,51	99,86	43,41	53,91	68,76	39,56	824,25	211,3461538
PRODUCTOS PARA ASEO	0	65,61	67,03	0	32,2	32,2	0	0	95,73	70,74	22,29	13,8	399,6	102,4615385
MAT, Y PROD, PARA ACTIV, LIMP	4,39	0	45,98	0	0	0	39,89	0	74,19	0	258,81	76,61	499,87	49,99
UNIFORMES	0	2162,49	0	0	0	0	51,89	0	0	0	0	0	2214,38	567,79
GASOLINA ESPECIAL COMPRADA	315	279,99	315	350	420	420	420	252	308	280,38	182	252	3794,37	3794,37
DIESEL AUTOMOTOR COMPRADO	3012	2725,2	2731,19	2064	2313,6	2313,6	2366,4	2982	2698,8	2791,2	3024	3060	32081,99	3090,55
ENERGIA ELECTRICA VARIABLE	1351684,4	-1350661	470,55	444,41	489,18	489,18	488,58	427,9	460,56	412,55	371,11	530,87	5608,7	560,87
DEPRECIACION DE M.B	63105,26	60963,12	50067,7	49501,71	47914,76	47914,8	46968	46181,1	46561	46134	47640	44080,98	597032	59703,20
SERVICIOS DE TELEFONO	12748,6	-10213,2	383,54	762,21	1209,59	1209,59	774,31	1029,26	878,21	898,1	1313,7	811,91	11805,7	5902,85
SERVICIOS DE TRUNKING	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	1260	1260,00
SERVICIOS DE LIMPIEZA	1123,64	1134,38	1194,96	1089,46	1194,76	1194,76	1032,1	1244,62	1035,2	1178,2	1195,7	974,12	13591,88	1359,19
SALARIO TRABAJADORES	26876,71	25918,77	28372,5	26893,85	27472,43	27472,4	28215	23912,8	26041	28693	29784	25688,57	325341,1	83420,79
VACACIONES TRABAJADORES	19132,85	-12485,8	3597,55	3404,79	3428,27	3428,27	3544,5	2861,71	3273,1	3629,6	4660,5	2281,32	40756,55	10450,40
SEGURIDAD SOCIAL	37479,02	-26310,9	6044,43	5720,55	5760,01	5760,01	5955,3	4808,09	5499,2	6098,3	5312,2	6351,1	68477,24	17558,27
IMPUESTO USO FRUERZA TRABAJO	29447,8	-20672,8	4749,19	4494,73	4525,73	4525,73	4679,2	3777,8	4320,8	4791,5	4912,1	4251,93	53803,6	13795,79
SERV. TRANSP. DE MERCANCIAS,	4250	5420	7200	2711,71	1000	1000	5012,6	3116,6	7840,6	20	875	2966,25	41412,67	10618,63
SERVICIOS DE ACUEDUCTOS	25,29	21,92	21,2	19,68	21,16	21,16	20,65	18,07	21,19	22,99	20,28	20,83	254,42	65,24
TRNSP PASAJEROS CON	1326,42	1202,23	1264,51	1023,35	1495,58	1495,58	1152,9	1292,94	1226,6	1419,9	1508,8	1585,54	15994,29	4101,10

[illegible]

Anexo No.8: Gastos en el periodo del año 2012 del Almacén 7

[illegible]

Anexo No.9

Escala de medición para la comparación de los indicadores de nivel de sistema de gestión de inventario.

Preferencia	Evaluación
En extremo preferido	9
Muy fuertemente preferido	7
Fuertemente preferido	5
Moderadamente preferido	3
Igualmente preferido	1

Anexo No.10

Resultados de salida del SPSS para determinar la concordancia entre los expertos.

NPART TESTS

/KENDALL = nscoca ni si

/MISSING LISTWISE.

Pruebas no paramétricas

[Conjunto_de_datos0]

Prueba W de Kendall

Rangos

	Rango promedio
ns	2,62
ca	5,00
co	3,65
ni	2,73
si	1,00

Estadísticos de contraste

N	13
W de Kendall(a)	,945
Chi-cuadrado	49,126
gl	4
Sig. asintót.	,000

a Coeficiente de concordancia de Kendall

Anexo No.11

Aplicación del método Heurístico Silver – Meal a los Detectores de Flama – Grupo A

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística SILVER-MEAL

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)		6	h=	0,99
Coste de lanzamiento CI (CUC)		813,3		
Tasa de mantenimiento i		0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)		2542,11		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo medio por periodo Kt (CUC)	
1	1	1	813,30	
2	0	1	406,65	
3	1	2	271,76	
4	0	2	203,82	
5	1	3	163,85	
6	0	3	136,54	
7	1	4	117,88	
8	0	4	103,15	
9	1	5	92,57	
10	0	5	83,31	
11	1	6	75,74	
12	0	6	70,25	
			818,25	

VC= 7,28 > 0,20 USAR SILVER-MEAL

Aplicación del método Heurístico Silver – Meal a los Interruptores de Presión – Grupo A

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística SILVER-MEAL

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	7	h=	0,30	
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3			
Tasa de mantenimiento i	0,0003892			
Coste de adquisición Ca (CUC)	759,66			
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo medio por periodo Kt (CUC)	
1	2	2	813,30	
2	0	2	406,65	
3	5	7	272,09	
4	0	7	204,06	
5	3	10	163,96	
6	0	10	136,63	
7	2	12	117,62	
8	1	13	103,18	
9	1	14	91,98	
10	0	14	82,78	
11	2	16	75,25	
12	0	16	69,48	
			817,44	
VC= 7,28 > 0,20 USAR SILVER-MEAL				

Aplicación del método Heurístico Silver – Meal al Botellón de Hidrógeno – Grupo B

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística SILVER-MEAL

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	10	h=	0,30
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	778,12		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo medio por periodo Kt (CUC)
1	2	2	813,30
2	1	3	406,80
3	0	3	271,20
4	1	4	203,63
5	1	5	163,14
6	2	7	136,46
7	1	8	117,22
8	1	9	102,84
9	1	10	91,68
10	2	12	83,06
11	1	13	76,06
12	0	13	69,47
			817,24
VC= 7,28 > 0,20 USAR SILVER-MEAL			

Aplicación del método Heurístico Silver – Meal al Termómetro – Grupo B

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística SILVER-MEAL

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	6	h=	0,21
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	552,17		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo medio por periodo Kt (CUC)
1	2	2	813,30
2	0	2	406,65
3	0	2	271,10
4	1	3	203,49
5	0	0	162,79
6	0	0	135,66
7	2	5	116,65
8	1	6	102,25
9	0	6	90,89
10	2	8	82,19
11	1	9	75,11
12	0	9	68,67
			816,09
VC= 7,28 > 0,20 USAR SILVER-MEAL			

Aplicación del método Heurístico Silver – Meal al Detector de Humo Iónico – Grupo C

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística SILVER-MEAL

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	6	h=	0,07
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	170,06		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo medio por periodo Kt (CUC)
1	2	2	813,30
2	0	2	406,65
3	0	2	271,10
4	1	3	203,37
5	0	3	162,70
6	0	3	135,58
7	2	5	116,33
8	0	5	101,79
9	0	5	90,48
10	0	5	81,43
11	1	6	74,03
12	0	6	67,91
			813,56

VC= 7,28 > 0,20 USAR SILVER-MEAL

Aplicación del método Heurístico Silver – Meal a las Baterías de Respaldo – Grupo C

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística SILVER-MEAL

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	3	h=	0,10
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	263,28		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo medio por periodo Kt (CUC)
1	2	2	813,30
2	0	2	406,65
3	0	2	271,10
4	1	3	203,40
5	0	3	162,72
6	0	3	135,60
7	0	3	116,23
8	0	3	101,70
9	0	3	90,40
10	5	8	81,82
11	0	8	74,85
12	0	8	68,18
			813,91
VC= 7,28 > 0,20 USAR SILVER-MEAL			

Anexo No.12

Aplicación del método Heurístico Costo Unitario Mínimo a los Detectores de Flama – Grupo A

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística COSTO-MÍNIMO-UNITARIO

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	6	h=	0,99
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	2542,11		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo promedio por unidad Ku(CUC)
1	1	1	813,30
2	0	1	813,30
3	1	2	407,14
4	0	2	407,14
5	1	3	271,76
6	0	3	271,76
7	1	4	204,07
8	0	4	204,07
9	1	5	163,45
10	0	5	163,45
11	1	6	136,37
12	0	6	136,37
			818,25

VC= 7,28 > 0,20 USAR COSTO MÍNIMO UNITARIO

Aplicación del método Heurístico Costo Unitario Mínimo a los Interruptor de Presión – Grupo A

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística COSTO-MÍNIMO-UNITARIO					
Nº de períodos (de 1 a 12 meses)		7		h=	0,30
Coste de lanzamiento CI (CUC)		813,3			
Tasa de mantenimiento i		0,0003892			
Coste de adquisición Ca (CUC)		759,66			
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo promedio por unidad Ku(CUC)		
1	2	2	406,65		
2	0	2	406,65		
3	5	7	116,40		
4	0	7	116,40		
5	3	10	81,57		
6	0	10	81,57		
7	2	12	68,02		
8	1	13	62,81		
9	1	14	58,35		
10	0	14	58,35		
11	2	16	51,09		
12	0	16	51,09		
			817,44		
VC= 7,28 > 0,20 USAR COSTO MÍNIMO UNITARIO					

Aplicación del método Heurístico Costo Unitario Mínimo al Botellón de Hidrógeno – Grupo B

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística COSTO-MÍNIMO-UNITARIO

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	10	h=	0,30
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	778,12		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo promedio por unidad Ku(CUC)
1	2	2	406,65
2	1	3	271,20
3	0	3	271,20
4	1	4	203,48
5	1	5	162,84
6	2	7	116,40
7	1	8	101,89
8	1	9	90,60
9	1	10	81,57
10	2	12	68,03
11	1	13	62,82
12	0	13	62,82
			817,24
VC= 7,28 > 0,20 USAR COSTO MÍNIMO UNITARIO			

Aplicación del método Heurístico Costo Unitario Mínimo al Termómetro– Grupo B

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística COSTO-MÍNIMO-UNITARIO

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	6	h=	0,21
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	552,17		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo promedio por unidad Ku(CUC)
1	2	2	406,65
2	0	2	406,65
3	0	2	406,65
4	1	3	271,17
5	0	0	271,17
6	0	0	271,17
7	2	5	162,79
8	1	6	135,69
9	0	6	135,69
10	2	8	101,82
11	1	9	90,53
12	0	9	90,53
			816,09

VC= 7,28 > 0,20 USAR COSTO MÍNIMO UNITARIO

Aplicación del método Heurístico Costo Unitario Mínimo al Detector de Humo Iónico – Grupo C

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística COSTO-MÍNIMO-UNITARIO

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	6	h=	0,07
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	170,06		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo promedio por unidad Ku(CUC)
1	2	2	406,65
2	0	2	406,65
3	0	2	406,65
4	1	3	271,12
5	0	3	271,12
6	0	3	271,12
7	2	5	162,70
8	0	5	162,70
9	0	5	162,70
10	0	5	162,70
11	1	6	135,59
12	0	6	135,59
			813,56

VC= 7,28 > 0,20 USAR COSTO MÍNIMO UNITARIO

Aplicación del método Heurístico Costo Unitario Mínimo a las Baterías de Respaldo – Grupo C

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística COSTO-MÍNIMO-UNITARIO

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	3	h=	0,10
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3		
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	263,28		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Costo promedio por unidad Ku(CUC)
1	2	2	406,65
2	0	2	406,65
3	0	2	406,65
4	1	3	271,13
5	0	3	271,13
6	0	3	271,13
7	0	3	271,13
8	0	3	271,13
9	0	3	271,13
10	5	8	101,74
11	0	8	101,74
12	0	8	101,74
			813,91

VC= 7,28 > 0,20 USAR COSTO MÍNIMO UNITARIO

Anexo No.13

Aplicación del método Heurístico Balanceo de Periodo Fragmentado a los Detectores de Flama – Grupo A

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística Balanceo de Periodo Fragmentado

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	6	h=	0,99
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3	FPF=	822,02
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	2542,11		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Valor Fragmentado para m Periodo (CUC)
1	1	1	0,00
2	0	1	0,00
3	1	2	2,00
4	0	2	2,00
5	1	3	6,00
6	0	3	6,00
7	1	4	12,00
8	0	4	12,00
9	1	5	20,00
10	0	5	20,00
11	1	6	30,00
12	0	6	30,00
			818,25

$VC = 7,28 > 0,20$ USAR Balanceo de Periodo Fragmentado(BPF)

Aplicación del método Heurístico Balanceo de Periodo Fragmentado a los Interruptores de Presión – Grupo A

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística Balanceo de Periodo Fragmentado

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	7	h=	0,30
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3	FPF=	2750,80
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	759,66		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Valor Fragmentado para m Periodo (CUC)
1	2	2	0,00
2	0	2	0,00
3	5	7	10,00
4	0	7	10,00
5	3	10	22,00
6	0	10	22,00
7	2	12	34,00
8	1	13	41,00
9	1	14	49,00
10	0	14	49,00
11	2	16	69,00
12	0	16	69,00
			817,44

VC= 7,28 > 0,20 USAR Balanceo de Periodo Fragmentado(BPF)

Aplicación del método Heurístico Balanceo de Periodo Fragmentado al Botellón de Hidrógeno – Grupo B

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística Balanceo de Periodo Fragmentado

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	10	h=	0,30
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3	FPF=	2685,54
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	778,12		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Valor Fragmentado para m Periodo (CUC)
1	2	2	0,00
2	1	3	1,00
3	0	3	1,00
4	1	4	4,00
5	1	5	8,00
6	2	7	18,00
7	1	8	24,00
8	1	9	31,00
9	1	10	39,00
10	2	12	57,00
11	1	13	67,00
12	0	13	67,00
			817,24
VC= 7,28 > 0,20 USAR Balanceo de Periodo Fragmentado(BPF)			

Aplicación del método Heurístico Balanceo de Periodo Fragmentado al Termómetro– Grupo B

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística Balanceo de Periodo Fragmentado

Nº de períodos (de 1 a 12 meses)	6	h=	0,21
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3	FPF=	3784,47
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	552,17		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Valor Fragmentado para m Periodo (CUC)
1	2	2	0,00
2	0	2	0,00
3	0	2	0,00
4	1	3	3,00
5	0	0	3,00
6	0	0	3,00
7	2	5	15,00
8	1	6	22,00
9	0	6	22,00
10	2	8	40,00
11	1	9	50,00
12	0	9	50,00
			816,09

$VC = 7,28 > 0,20$ USAR Balanceo de Periodo Fragmentado(BPF)

Aplicación del método Heurístico Balanceo de Periodo Fragmentado al Detector de Humo Iónico – Grupo C

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística Balanceo de Periodo Fragmentado

Nº de periodos (de 1 a 12 meses)	6	h=	0,07
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3	FPF=	12287,85
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	170,06		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Valor Fragmentado para m Periodo (CUC)
1	2	2	0,00
2	0	2	0,00
3	0	2	0,00
4	1	3	3,00
5	0	3	3,00
6	0	3	3,00
7	2	5	15,00
8	0	5	15,00
9	0	5	15,00
10	0	5	15,00
11	1	6	25,00
12	0	6	25,00
			813,56

$VC = 7,28 > 0,20$ USAR Balanceo de Periodo Fragmentado(BPF)

Aplicación del método Heurístico Balanceo de Periodo Fragmentado a las Baterías de Respaldo – Grupo C

GESTIÓN DE STOCK: DEMANDA VARIABLE / Heurística Balanceo de Periodo Fragmentado

Nº de periodos (de 1 a 12 meses)	3	h=	0,10
Coste de lanzamiento CI (CUC)	813,3	FPF=	7937,07
Tasa de mantenimiento i	0,0003892		
Coste de adquisición Ca (CUC)	263,28		
Periodos (t)	Demanda (Dt unidades)	Q (unidades)	Valor Fragmentado para m Periodo (CUC)
1	2	2	0,00
2	0	2	0,00
3	0	2	0,00
4	1	3	3,00
5	0	3	3,00
6	0	3	3,00
7	0	3	3,00
8	0	3	3,00
9	0	3	3,00
10	5	8	48,00
11	0	8	48,00
12	0	8	48,00
			813,91

$VC = 7,28 > 0,20$ USAR Balanceo de Periodo Fragmentado(BPF)

Anexo No.14

Listado de equipos de instrumentación y control automático con lento movimiento.

Descripción	Cantidad en Existencia	Unidad de medida	PrecioMLC	ExMovImportMLC
VALVULAS SELENOIDES 1/4 24V	6	UNIDADES	534,6	\$3.207,57
PRENSA ESTOPA	40	UNIDADES	56,56	\$2.262,40
DETECTRO DE HUMO FOTOTERMICO	11	UNIDADES	181,96	\$2.001,61
PROCESADOR SIST. PANEL	1	UNIDADES	2290,99	\$2.290,99
MODULO EXPANSOR DE LAZO	2	UNIDADES	610,58	\$1.221,16
REPETIDOR DE SEÑALES	1	UNIDADES	1374,59	\$1.374,59
PANEL DE COMUNICACION	1	UNIDADES	2195,54	\$2.195,54
TARJETA DE AVISO Y SUPERV.	1	UNIDADES	1012,58	\$1.012,58
BATERIA RECARGABLE 12V	4	UNIDADES	408,54	\$1.634,14
JUMPER P/ FIBRA	4	UNIDADES	40,73	\$162,92
JUMPER FIBRA DE 15 MTS	4	UNIDADES	100,55	\$402,19
BATERIA 12V	2	UNIDADES	119,22	\$238,44
MODULO DE RED FIBRA OPTICA	1	UNIDADES	853,35	\$853,35
TARJETA P/ FUENTE DE ALIMENTACION	1	UNIDADES	513,27	\$513,27
DETECTOR TERMICO ANALOGO	4	UNIDADES	114,83	\$459,30
ESTACION MANUAL	2	UNIDADES	376,48	\$752,96
MODULO DE CONTROL	1	UNIDADES	100,39	\$100,39
MODULÑO REVELADOR	2	UNIDADES	100,39	\$200,78
MODULO MONITOR	2	UNIDADES	100,39	\$200,78
MODULO AISLADOR	3	UNIDADES	100,39	\$301,18
SIRENA MULTITONO	2	UNIDADES	1180,43	\$2.360,86

REVELADOR FINAL DE LINEA	2	UNIDADES	54,09	\$108,17
CONDULET LB 1 1/4	2	UNIDADES	133,38	\$266,76
DETECTOR DE HIDROGENO	7	UNIDADES	3826,73	\$26.787,08
BOBINA 220V	32	UNIDADES	11,09	\$354,75
BOBINA LX 1D636	20	UNIDADES	35,44	\$708,76
BOBINA LX1 D8 M5	20	UNIDADES	41,78	\$835,66
BOBINA LX D8 M7	6	UNIDADES	67,76	\$406,55
BOBINA LK 1 F H 2202	25	UNIDADES	86,15	\$2.153,85
BOBINA LXF5 220	3	UNIDADES	531,85	\$1.595,54
CONDULET P/SELLAR TUBO 2 1/2"	6	UNIDADES	118,26	\$709,54
BATERIAS	5	UNIDADES	110,43	\$552,14
CAJA CONEXION P/ ENTRADA Y SALIDA	13	UNIDADES	289,13	\$3.758,64
BATERIAS ELECTRICAS	12	UNIDADES	49,48	\$593,73
BORNERA DE CONEXION 4 MM	20	UNIDADES	0,24	\$4,71
BORNERA DE CONEXION 10 MM	10	UNIDADES	0,37	\$3,66
BORNERA DE CONEXION 16 MM	10	UNIDADES	0,81	\$8,13
BASE FIJA ESTANCA	58	UNIDADES	90,68	\$5.259,57
BORNERA DE 4 POLO	20	UNIDADES	108,17	\$2.163,35
MONO VACUOMETRO 8/8 KG	10	UNIDADES	818,87	\$8.188,69
MONO VACUOMETRO 40/0KG F/M2	10	UNIDADES	818,87	\$8.188,69
MONO VACUOMETRO 25*/ KG	13	UNIDADES	818,87	\$10.645,29
MONO VACUOMETRO 12.5/125	50	UNIDADES	818,87	\$40.943,46
PITON NEBLINERO D-66MM.	39	UNIDADES	102,46	\$3.996,00
FMP 40 1 LL AZ AF AMA	1	UNIDADES	3478,13	\$3.478,13
PLACA MONTAJE INTERIOR	12	UNIDADES	265,31	\$3.183,77
NMT 539 PROTERMO 12500 MM	1	UNIDADES	6387,45	\$6.387,45

NMT 539 PROTERMO 13300 MM	1	UNIDADES	6387,45	\$6.387,45
NMT 539 PROTERMO 20300 MM	1	UNIDADES	7258,11	\$7.258,11
NMT 539 PROTERMO 20500 MM	1	UNIDADES	7258,11	\$7.258,11
TERMORESISTENCIA TR 10	1	UNIDADES	580,16	\$580,16
FTL 50 LIQUIPHANT	7	UNIDADES	694,61	\$4.862,30
NRF 590 MONITOR	7	UNIDADES	3560,73	\$24.925,08
FMR 533 MICROPILOT 2 AA	1	UNIDADES	7913,48	\$7.913,48
FMP 40 1 AA	2	UNIDADES	3047,1	\$6.094,20
CERABAR PMP 71	4	UNIDADES	2294,61	\$9.178,43
FMP 40 1 LL 2 AF	2	UNIDADES	3700,45	\$7.400,90
FMP 40 1 AA 2 AF	1	UNIDADES	8856,09	\$8.856,09
NMT 539 PROTERMO 102 AA	2	UNIDADES	2994,87	\$5.989,73
NRF 590	1	UNIDADES	3842,36	\$3.842,36
NMT 539 PROTENERMO 12300 MM	1	UNIDADES	6387,45	\$6.387,45
FMR 532 HICROPILOT	1	UNIDADES	8091,53	\$8.091,53
FMR 540 MICROPLOT 2AA	2	UNIDADES	7873,12	\$15.746,23
FMR 540 MICROPILOT 2A	1	UNIDADES	5303,38	\$5.303,38
VALVULA DE BOLA 3 VIAS	2	UNIDADES	2427,32	\$4.854,63
MANOMETRO 0-16 CM2	15	UNIDADES	100,33	\$1.504,94
MANOMETRO 0-60 KG/CM2	20	UNIDADES	111	\$2.220,05
MANOMETRO 0-100 KG/CM2	10	UNIDADES	111	\$1.110,03
MANOMETRO 0-1-0+10 KG/CM2	15	UNIDADES	105,1	\$1.576,57
DIFERENCIAL DE PRESION	7	UNIDADES	4645,07	\$32.515,51
MANOMETRO 0-1000 KG/CM2	25	UNIDADES	276,99	\$6.924,74
TARJETA ELECT. C/ CONEX. PC2	40	UNIDADES	298,99	\$11.959,70
TARJETA ELECT. DE CONTROL PC1	40	UNIDADES	500,84	\$20.033,76

TARJETA ELECT. DE CONTROL	20	UNIDADES	687,55	\$13.750,92
TARJETA ELECTRONICA DE CONTROL	20	UNIDADES	693,65	\$13.872,93
INDICADOR DE NIVEL TANK	1	UNIDADES	3986,82	\$3.986,82
JUMPER DE FIBRA OPTICA	150	UNIDADES	15,82	\$2.372,92
NX A 822	1	UNIDADES	5284,31	\$5.284,31
TERMOMETRO PT 100 C/C	2	UNIDADES	449,72	\$899,44
TERMOMETRO MULTIUSO	1	UNIDADES	283,16	\$283,16
MAOMETRO DE PRESION	1	UNIDADES	300,77	\$300,77
MANOMETRO DE PRESION 16 KG	6	UNIDADES	226,58	\$1.359,50
REGULADOR	5	UNIDADES	8,77	\$43,83
TERMOPASO A 160MM	8	UNIDADES	455,14	\$3.641,12
TERMOPASO A 200 MM	18	UNIDADES	483,97	\$8.711,49
TERMOPASO A 320 MM	13	UNIDADES	568,37	\$7.388,82
TERMOPASO A 400 MM	5	UNIDADES	623,7	\$3.118,49
TERMOMETRO 100-100MM	25	UNIDADES	127,52	\$3.187,89
TERMOMETRO 160-100	4	UNIDADES	129,5	\$517,99
TERMOMETRO 600-200MM	25	UNIDADES	138	\$3.450,07
TERMOMETRO 200-500	2	UNIDADES	165,91	\$331,81
TERMOMETRO 100-600MM	15	UNIDADES	173,48	\$2.602,14
REPARACION D/FLUJOMETRO	1	UNIDADES	10620,84	\$10.620,84
TERMOMETRO	3	UNIDADES	656,39	\$1.969,17
FTL 51 LIMITE DE NIVEL	1	UNIDADES	887,08	\$887,08
TERMINAL DE LINEA	2	UNIDADES	102,85	\$205,69
MEDIDOR DE PRESION	2	UNIDADES	1898,9	\$3.797,80
MEDIDOR DE FLUJO	1	UNIDADES	3306,03	\$3.306,03
MEDIDOR DE PRESION	1	UNIDADES	1137,79	\$1.137,79

MEDIDOR DE NIVEL	3	UNIDADES	1626,34	\$4.879,01
FLT 51 .LIMITE DE NIVEL	1	UNIDADES	925,65	\$925,65
TRANSMISOR DE PH	1	UNIDADES	1470,76	\$1.470,76
ELECTRODO DE PH	1	UNIDADES	340,68	\$340,68
CONVERTIDOR	2	UNIDADES	317,12	\$634,24
TERMOPAZO M20 X 15 IME 120	8	UNIDADES	407,04	\$3.256,28
TERMOPASO INMERSION 160	4	UNIDADES	407,04	\$1.628,14
TERMOPAZO INMERSION 200	3	UNIDADES	407,03	\$1.221,10
TERMOPAZO INMERSIONM 320	13	UNIDADES	407,03	\$5.291,44
DETECTOR DE GAS	1	UNIDADES	291506	\$2.915,06
DETECTOR DE GAS COMBUSTIBLE	1	UNIDADES	4226,97	\$4.226,97
DETECTOR DE ACIDO	1	UNIDADES	0	\$2.744,99
DETECTOR DE ACIDO SULFURICO	1	UNIDADES	2900,22	\$2.900,22
DETECTOR LLAMA TIPO INFRAROJO	1	UNIDADES	4309,87	\$4.309,87
DETECTOR DE LLAMA	1	UNIDADES	2846,38	\$2.846,38
ACCESORIOS P/ SENSOR DE NIVEL	2	UNIDADES	93,71	\$187,41
DETECTOR DE NIVEL FTL 325	5	UNIDADES	191,83	\$959,17
DETECTOR TERMICO COMERCIAL TIPO LAP	1	UNIDADES	32,69	\$32,69
SENSOR DE NIVEL	4	UNIDADES	1502,64	\$6.010,57
ACCESORIOS P/ SENSOR -NIVEL	18	UNIDADES	93,7	\$1.686,62
SENSOR DE NIVEL LEMP-40	1	UNIDADES	4149,25	\$4.149,25
ACCESORIOS PARA SENSOR DE NIVEL	8	UNIDADES	594,38	\$4.755,02
ACCESORIOS P/ SENSOR NIVEL	2	UNIDADES	81,31	\$162,62
TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL 0	3	UNIDADES	2668,6	\$8.005,81
MODULO ANALOGICO	2	UNIDADES	5308,19	\$10.616,38

MODULO DIGITAL SALIDA	2	UNIDADES	4852,74	\$9.705,48
SENSOR DE NIVEL FMP-40	1	UNIDADES	4063,06	\$4.063,06
SENSOR TRANSMISION DE PRESION PMP71	1	UNIDADES	2345,77	\$2.345,77
TRANSMISION DE PRESILLA PMP71	1	UNIDADES	2834,72	\$2.834,72
TARJETAS ELECTRONICAS NMT 539	8	UNIDADES	1361,26	\$10.890,05
LUZ ESTROBO	2	UNIDADES	1824,68	\$3.649,36
BASE P/ ESTROBOS	2	UNIDADES	1011,49	\$2.022,97
ETIQUETAS P/IDENTIFICACION	7	UNIDADES	261,25	\$1.828,77
MODULO C 1 PUERTO RG 485	2	UNIDADES	2819,29	\$5.638,57
CONEXION DE SISTEMA PROSIBUS	2	UNIDADES	423,15	\$846,29
RESISTENCIA TERMINAL	2	UNIDADES	103,67	\$207,33
FUENTE DE ALIMENTACION	2	UNIDADES	266,81	\$533,61
FUENTE DE ALIMENTACION DE CARGA 1 O	7	UNIDADES	319,49	\$2.236,39
FUENTE DE ALIMENTACION CARGA 20A	4	UNIDADES	416,35	\$1.665,40
VALVULA SELENOIDE	3	UNIDADES	158,46	\$475,38
TARJETA DE FUENTE DE ALIMENTACION	4	UNIDADES	445,68	\$1.782,73
TARJETA DE FUENTE DE ALIMENTACION 8	4	UNIDADES	480,87	\$1.923,48
FUENTE D ALIMENTACION	4	UNIDADES	175,93	\$703,70
ESTACION MANUAL DIRECCIONABLE	10	UNIDADES	504,21	\$5.042,08
DETECTOR DE HUMO	2	UNIDADES	3283,97	\$6.567,94
ESTACION MANUAL P/ EXTERIOR	5	UNIDADES	662,66	\$3.313,29
SUPRESOR DE TRANSCIENTES P/ LAZO	6	UNIDADES	674,39	\$4.046,32
COMBERTIDOR DE FIBRA MONO A MULT.	3	UNIDADES	4104,97	\$12.314,90
SENSOR DE TEMPERATURA	3	UNIDADES	474,24	\$1.422,70
TARJETA CPU P/PANEL	2	UNIDADES	1055,56	\$2.111,13

GHAVINETE 1P 66 40X30X20 CTS	5	UNIDADES	381,18	\$1.905,88
TRANSMISOR DE NIVEL FMR	1	UNIDADES	8709,43	\$8.709,43
INDICADOR DE NIVEL	3	UNIDADES	3876,57	\$11.629,70
ACCESORIOS P/ INDICADOR DE NIVEL	3	UNIDADES	77,55	\$232,64
TARJETA DE REPUESTO NRF	8	UNIDADES	1192,97	\$9.543,74
MODULO DE EXPANSION P/ PANEL	3	UNIDADES	1448,47	\$4.345,41
MODULO DE CONTROL P/ CTAS	2	UNIDADES	1460,2	\$2.920,39
MODULO DE CONTROL DIREC.	22	UNIDADES	93,83	\$2.064,22
MODULO REVELADOR ANALOGO	16	UNIDADES	93,83	\$1.501,24
MODULO MONITOR DE 10 ENT.	3	UNIDADES	694,32	\$2.082,97
SIRENA MULTITORO 24 UDC	6	UNIDADES	1319,45	\$7.916,72
SIRENA MULTITONOS P/EXT.	6	UNIDADES	129,01	\$774,08
REVELADOR DE FINAL DE LINEA	6	UNIDADES	50,43	\$302,59
ANUNCIADOR DE ALARMA 10 CANALES	2	UNIDADES	5869,75	\$11.739,49
0	1306	Total	546599,99	\$700.829,06

Anexo No.15

Resultados de salida del SPSS para determinar la concordancia entre los expertos en la evaluación del SGI propuesto.

NPART TESTS

/KENDALL = NS CO CA NI SI

/MISSING LISTWISE.

Pruebas no paramétricas

[Conjunto_de_datos2]

Prueba W de Kendall

Rangos

	Rango promedio
ns	4,08
co	2,04
ca	4,46
ni	2,58
si	1,85

Estadísticos de contraste

N	13
W de Kendall(a)	,889
Chi-cuadrado	40,995
Gl	4
Sig. asintót.	,000

a Coeficiente de concordancia de Kendall