

PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS, REPUESTOS E INSUMOS DE  
MANTENIMIENTO PARA EMPRESAS INDUSTRIALES

EDISON ROLANDO BRICEÑO RINCÓN  
EFREN EDUARDO OÑATE ZULETA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2007

PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS, REPUESTOS E INSUMOS DE  
MANTENIMIENTO PARA EMPRESAS INDUSTRIALES

EDISON ROLANDO BRICEÑO RINCÓN  
EFREN EDUARDO OÑATE ZULETA

Monografía de Grado presentada como requisito para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Directora: LAURENS VÁSQUEZ GUERRA  
Ingeniera Mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2007

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Jurado: Isnardo González J.

---

Jurado: Carlos Borrás P.

Bucaramanga (Septiembre de 2007)

## *DEDICATORIA*

*Dedico este trabajo a mi amada familia, mi esposa, hijo, madre, padre y hermanos, que con su confianza y apoyo me impulsaron en su buen desarrollo.*

*Edison Rolando*

## *DEDICATORIA*

*Dedico este proyecto a Dios, a mis padres, hermanos, a mi novia y a todas aquellas personas especiales en mi vida, con quienes comparto este valioso objetivo con mucho cariño.*

*EFREN EDUARDO*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

- Carlos Ramón González por su valiosa orientación en la elaboración del proyecto.
- Ernesto Botero Botero quien con su admirable conocimiento y apoyo incondicional, aportó en un punto decisivo de la presente monografía.
- Laurens Vásquez por su aporte como directora del proyecto.
- Compañeros, docentes y familiares que con su conocimiento, aporte y colaboración hicieron de esta monografía una realidad que marca el final de una exitosa especialización.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PROBLEMAS EN LA GESTIÓN DE INVENTARIOS	3
2. TEORÍA DE INVENTARIOS	7
2.1 INVENTARIOS	7
2.1.1 Tipos de inventarios	7
2.1.2 Repuestos	8
2.1.3 Insumos de mantenimiento	10
2.1.4 Gestión de inventarios	10
2.1.5 Clasificación ABC de inventarios	11
2.1.6 Reclasificación de inventarios por criticidad	13
2.2 ESTRUCTURA DE COSTOS DE INVENTARIO	13
2.2.1 Costo Unitario	14
2.2.2 Costo de Comprar	14
2.2.3 Costo de Tener	15
2.2.4 Costo de Escasez o Agotamiento	16
2.3 CANTIDAD ÓPTIMA DE PEDIDO	17
2.4 TIEMPOS DE REAPROVISIONAMIENTO	19
2.4.1 Sistema de revisión continua	19
2.4.2 Sistema de revisión periódica	22
2.4.3 Sistema R M	26
2.4.4 Sistema T R M	26
2.5 DEMANDA INDEPENDIENTE VERSUS DEPENDIENTE	28
2.6 NIVEL DE SERVICIO	28
2.7 CICLO CAPDo	29
3. PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS	31
3.1 CHEQUEO DE PROBLEMAS DE LA EMPRESA RELACIONADOS CON INVENTARIOS	31

3.2 ANÁLISIS – HERRAMIENTAS DE PROBLEMAS ESPECIFICOS DE INVENTARIOS	33
3.3 PLANIFICACIÓN DE ACCIONES	37
3.4 EJECUCIÓN DE ACCIONES	39
3.4.1 Desarrollo de un plan de orientación y capacitación dirigido a la alta gerencia	39
3.4.2 Recolección de registros históricos	39
3.4.3 Realización de clasificación ABC de inventarios	39
3.4.4 Realización de reclasificación de inventarios por criticidad	44
3.4.5 Estudio de costos que intervienen en el proceso de compras y valoración de cada pedido	44
3.4.6 Estudio de costos que intervienen en el sostenimiento del inventario y su valoración	44
3.4.7 Cálculo de la cantidad óptima de pedido que minimiza los costos	45
3.4.8 Cálculo de los tiempos de reaprovisionamiento	45
3.4.9 Establecimiento de perfiles de personal y realización de una selección formal	45
3.4.10 Capacitación y concientización periódica al personal que interviene en los inventarios	45
3.4.11 Realización de un procedimiento de evaluación para las decisiones de compra	46
3.4.12 Establecimiento de normas claras de cumplimiento para la entrega de artículos	46
3.4.13 Establecimiento de perfiles de proveedores y fabricantes	46
4. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS	47
5. ANÁLISIS AMBIENTAL	50
6. CONCLUSIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Factores que impiden la disponibilidad de los equipos	5
Figura 2. Tendencia de algunos inventarios de repuestos en Colombia	6
Figura 3. Porcentaje del valor de inventario versus activos de plantas y equipos	6
Figura 4. Clasificación ABC	12
Figura 5. Nivel de Inventario con demanda constante y tamaños fijos de lote	17
Figura 6. Costo total de Inventario	18
Figura 7. Sistema Q con reabastecimiento instantáneo	20
Figura 8. Sistema Q con reabastecimiento no instantáneo	21
Figura 9. Distribución de probabilidad de la demanda a lo largo del tiempo	21
Figura 10. Sistema P o T	24
Figura 11. Sistema R M	27
Figura 12. Sistema T R M	27
Figura 13. Representación del ciclo CAPDo	30
Figura 14. Despliegue de principales problemas en inventarios	32
Figura 15. Desarrollo final del ciclo CAPDo	46

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis de repuestos reparables	9
Tabla 2. Porcentajes de demanda con distribución normal	23
Tabla 3. Procesos y objetivos del ciclo CAPDo	29
Tabla 4. Análisis-Herramientas del costo de capital	33
Tabla 5. Análisis-Herramientas del costo de comprar	34
Tabla 6. Análisis-Herramientas del costo de tener	35
Tabla 7. Análisis-Herramientas de retrasos de artículos por el transporte	36
Tabla 8. Análisis-Herramientas de retrasos de artículos por su fabricación	37
Tabla 9. Planificación de acciones	38
Tabla 10. Matriz de gestión de inventarios	40
Tabla 11. Cálculo de valor total promedio anual de inventario	44
Tabla 12. Flujo de caja SIN modelo	49
Tabla 13. Flujo de caja CON modelo	49

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Estados financieros de algunas empresas industriales  
representativas en Colombia

Anexo B. Porcentajes de Inflación en Colombia

Anexo C. Plan de orientación a la alta gerencia

## RESUMEN

TÍTULO: PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS, REPUESTOS E INSUMOS DE MANTENIMIENTO PARA EMPRESAS INDUSTRIALES\*

AUTORES: EDISON ROLANDO BRICEÑO RINCÓN, EFREN EDUARDO OÑATE ZULETA\*\*

PALABRAS CLAVES: Administración de inventarios, Almacenes de repuestos, Gerencia de mantenimiento, Ciclo CAPDo, Demanda independiente, Tiempos de aprovisionamiento, Inventario de repuestos, Costos de inventario, Pedido óptimo.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: La administración de inventarios es un área vital dentro de las industrias colombianas, ya que en esta existen grandes flujos de capital que al manejarse inadecuadamente conducen a pérdidas reflejadas en altos costos e improductividad. De acuerdo a lo mencionado anteriormente surge la necesidad de elaborar un plan de gestión de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento, apoyado en métodos estadísticos, matemáticos, administrativos, analíticos y prácticos.

La base de este estudio se desarrolló en el modelo CAPDo el cual va enfocado al chequeo de problemas generales en la empresa, para luego utilizar herramientas analíticas en busca de sus causas raíz, generando una serie de acciones que se planificarán lógicamente y que por último serán explicadas detalladamente para su posterior realización. Adicionalmente se evaluó el plan de gestión por medio de un análisis financiero realizado a una empresa industrial representativa en nuestro país, arrojando sustanciales ahorros año a año. Finalmente se llegó a comprobar que las empresas industriales colombianas poseen una deficiente administración de los inventarios, debido a que no se reconocen las implicaciones económicas que estos cubren, no se cuenta con el personal idóneo, no se cuenta con una correcta selección de proveedores, incurriendo estos en constantes incumplimientos, permanentes compras innecesarias, entre otras, y saber que la solución a estos inconvenientes es de muy baja inversión comparado con el monto tenido en un almacén de repuestos e insumos de mantenimiento.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Laurens Vásquez Guerra, Ingeniera Mecánica.

## ABSTRACT

TITLE: MANAGEMENT PLAN OF INVENTORIES, STOCKS AND INSUMES OF MAINTENANCE FOR INDUSTRIAL COMPANIES\*

AUTHORS: EDISON ROLANDO BRICEÑO RINCÓN, EFREN EDUARDO OÑATE ZULETA\*\*

KEYWORDS: Inventory management, Repair parts stocks, Maintenance management, CAPDo Cycle, Independent demand, supplying times, stocks Inventory, Inventory costs, optimal order.

SUBJECT OR DESCRIPTION: The administration of inventories is a vital area within the Colombian industries, since in this great flows of capital exist that when handling itself inadequately lead to losses reflected in high costs and improductividad. According to the mentioned thing previously the necessity arises to elaborate a plan of management of inventories, stocks and insumes of maintenance, supported in statistical, mathematical, administrative, analytical and practical methods.

The base of this study was developed in the CAPDo model which goes focused to the control of general problems in the company, soon to use analytical tools in search of their root causes, generating a series of actions that will be planned logically and that finally will be explained in detail for their later accomplishment. Additionally the plan of management by means of a financial analysis made to a representative industrial company was evaluated in our country, throwing substantial savings year to year. Finally it arrived to verify that companies industrial Colombian have deficient administration of inventories, because the economic implications are not recognized that these cover, is not counted on the suitable personnel, does not count on a correct selection of suppliers, incurring these constant breaches, permanent unnecessary purchases, among others, and knowledge that the solution to these disadvantages is of very low investment compared with the amount had in a insumes and repair parts stock of maintenance.

---

\* Monograph

\*\* School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization.  
Director: Laurens Vásquez Guerra, Mechanical Engineer.

## INTRODUCCIÓN

Es innegable que el avance económico de cualquier país está íntimamente ligado al de su sector industrial y en un mundo globalizado, donde existen gran variedad de empresas de diferentes sectores económicos, unas públicas, otras privadas, que tienen diferentes métodos de administración de acuerdo a estrategias bien definidas, que sus directivas establecen para mejorar áreas de influencia considerable dentro del proceso productivo de la empresa, pero su verdadera razón de ser o su principal objetivo es la de generar las suficientes utilidades para poder alcanzar la perdurabilidad y dar el crecimiento deseado a sus accionistas; por tal motivo las diferentes organizaciones están en la constante búsqueda del mejoramiento por medio de métodos revolucionarios que pretenden atacar las diferentes problemáticas y reducir las pérdidas que afectan a las organizaciones.

Estos distintos métodos para mejorar están diseñados en su mayoría para las áreas productivas de la empresa que son las más estudiadas y de mayores inversiones.

Actualmente en la industria colombiana se evidencia un desinterés en ciertas áreas, que por no ser productivas no son motivo de atención, un ejemplo de esto son los almacenes de repuestos e insumos a cargo de áreas como mantenimiento, producción o logística. Al analizar los estados financieros de algunas empresas industriales representativas, se encontraron grandes inversiones en los almacenes de repuestos respecto a la inversión total en equipos y con una tendencia al crecimiento, lo que lo convierte en un punto crítico dentro de una adecuada administración. Teniendo en cuenta lo anterior surge la necesidad de realizar un plan de gestión de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento, por medio del cual se pretende aumentar la productividad y disminuir los costos mediante un cambio en los métodos de administración en las organizaciones, sin embargo se debe tener en cuenta ciertas restricciones referentes a la mentalidad de los directivos, los cuales basan su gestión administrativa en paradigmas tradicionalistas que no permiten ver los grandes problemas.

Para buscar una solución a estos inconvenientes es indispensable la elaboración de un plan de gestión de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento para empresas industriales, apoyándose en el desarrollo una metodología revolucionaria aplicada a la ciencia de la administración, denominada ciclo *CAPDO* o ciclo de mejora orientado a cero problemas. Posteriormente realizar un análisis financiero para comprobar los beneficios económicos del plan de gestión. Por ultimo realizar un estudio de los beneficios ambientales que podría traer una correcta administración de los inventarios tanto para el entorno de la empresa como en el exterior.

En el constante proceso de competitividad en el que se vive se hace necesario mantener un adecuado equilibrio del uso de los recursos dentro una organización para hacerla competitiva no solo a nivel nacional si no internacional. Las compañías del los mismos sectores pueden llegar a tener procesos de manufactura muy equivalentes. pero las verdaderas diferencias están en la optimización de ciertas áreas que por muy pequeñas que sean aportan un granito de arena a mejorar la productividad de las organizaciones.

## 1. PROBLEMAS EN LA GESTIÓN DE INVENTARIOS

La situación actual o problemática se presenta en un país como Colombia, en el cual existe una gran cantidad de empresas industriales de diferentes sectores económicos, que por razones productivas es necesario que dispongan de almacenes de repuestos e insumos para las actividades de mantenimiento.

Las empresas industriales cuya actividad primordial es la producción de bienes o productos mediante la transformación y/o extracción de materias primas, se pueden clasificar según la actividad económica, según la forma jurídica, según su dimensión, según su ámbito de actuación y según la titularidad del capital.

### ◇ *Según la actividad económica*

- Sector primario. Está formado por las actividades económicas relacionadas con la obtención o explotación directa de los recursos naturales del suelo, del subsuelo o del mar. Ejemplo de este tipo de empresas son las agrícolas, mineras, petroleras, explotadoras forestales, pesqueras, entre otras.
- Sector secundario. Forma parte de la actividad económica que comprende el uso predominante de la maquinaria y procesos cada vez más automatizados para transformar las materias primas que se obtienen del sector primario. Incluye las fábricas, talleres y laboratorios de todos los tipos de industrias. De acuerdo con lo que producen, sus grandes divisiones son: Construcción, industria manufacturera, electricidad, gas y agua. Ejemplo de este tipo de empresas son las siderúrgicas, las industrias mecánicas, químicas, textiles, industrias aceiteras, industrias azucareras, de la construcción, del papel, etc.
- Sector terciario o sector servicios. Corresponde al conjunto de todas aquellas actividades que no producen bienes materiales de forma directa. Trata de servicios que se ofrecen para satisfacer las necesidades de la población. Incluye todo lo relativo al comercio, turismo, sanidad, actividad civil. Se destacan para este caso las empresas de transporte aéreo.

### ◇ *Según la forma jurídica*

- Empresas societarias o sociedades. Generalmente constituidas por varias personas. Dentro de esta clasificación se destacan la sociedad anónima y la sociedad de responsabilidad limitada.

◇ *Según su dimensión*

- Pequeña empresa. Es aquella que maneja poco capital y poca mano de obra. Se caracteriza porque existe una reducida división y especialización del trabajo. Tienen un número de empleados menores a 50.
- Mediana empresa. En este tipo de empresa se observa una mayor división y delimitación de funciones administrativas y operacionales. La inversión y los rendimientos obtenidos son mayores que los de la pequeña empresa. tienen un número de trabajadores entre 50 y 250.
- Gran empresa. Es la de mayor organización, posee personal especializado en cada una de las áreas de trabajo, se observa una gran división del trabajo y las actividades mercantiles se realizan en un porcentaje elevado. Posee más de 250 trabajadores.

◇ *Según su ámbito de actuación*

- Empresas locales, regionales, nacionales, multinacionales.

◇ *Según la titularidad del capital*

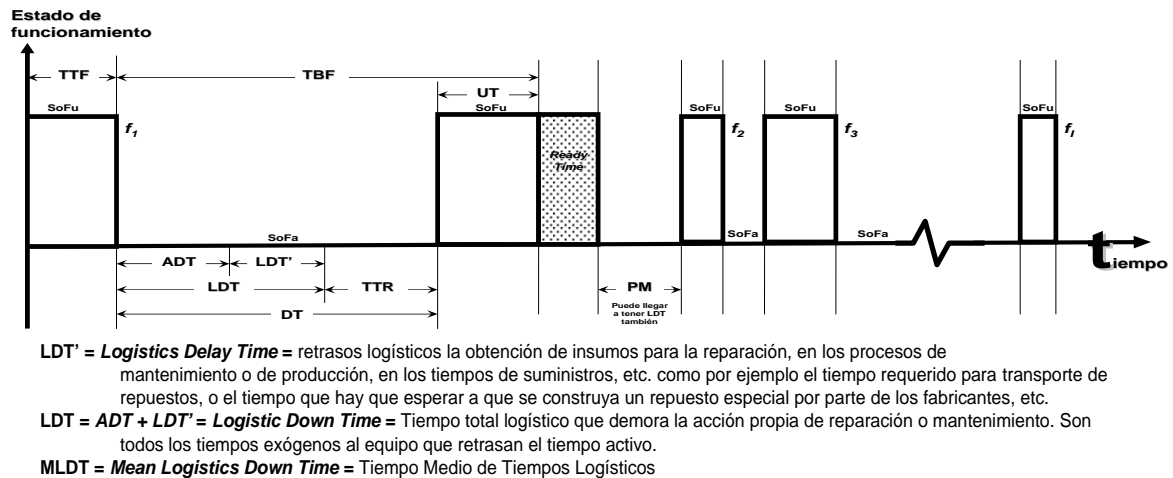
- Empresa privada. Si el capital está en manos de particulares.
- Empresa pública. Si el capital y el control está en manos del estado.
- Empresa mixta. Si la propiedad es compartida.
- Empresa social. Si el capital está en su mayor parte en manos de los trabajadores.

Las empresas industriales para su productividad, es estrictamente necesario que dispongan de una serie de recursos, unos directos e indirectos con la producción, pero que tienen igual valor cuando se habla de una administración eficiente y productiva. Uno de estos recursos que para muchos es un mal necesario, son los inventarios de repuestos e insumos, donde su verdadera razón de ser dentro de las empresas es mantener o aumentar la disponibilidad de los equipos productivos y no llegar a incurrir en largas paradas que directamente son grandes pérdidas, que contrastadas con el valor del inventario son mucho mayores, por tal motivo las organizaciones prefieren tener este capital guardado en un almacén.

En nuestro país no se conoce el verdadero valor que tiene la palabra inventario y mucho menos si es de repuestos. En muchas empresas se tienden a realizar grandes inversiones económicas, enfocándolas solo a procesos que generan más productos, más ventas, más publicidad, mayor valor de productos, entre otros, pero no a optimizar los recursos existentes para reducir costos y ser más eficientes o productivas.

El poder tanto constructivo como destructivo que tienen los inventarios, se puede observar en las siguientes figuras. La figura 1 muestra la utilidad que estos tienen en actividades de mantenibilidad ya que se debe disponer del repuesto en el momento justo para la labor de mantenimiento y así poder reducir las paradas de producción que son el verdadero cáncer de las empresas.

Figura 1. Factores que impiden la disponibilidad de los equipos



FUENTE: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín, Colombia: Ultragráficas, Noviembre. 2005. p. 59.

Por el contrario el inventario también puede tener un efecto muy destructivo el cual es proporcional al tamaño económico y físico de este, ya que se incurrirá en ciertos costos excesivos. Para visualizar este efecto, en la figura 2 se observa la tendencia de almacenes de repuestos de algunas empresas industriales representativas en Colombia en los últimos 5 años, (ver anexo A).

Adicionalmente en la figura 3 se puede analizar el porcentaje que estos representan respecto al total de los activos de plantas y equipos de las mismas empresas, (ver anexo A).

En la actualidad existen ciertas prácticas para administrar los almacenes de repuestos que no son muy buenas y nada saludables para las empresas; estas existen por varios motivos, como desconocimiento, desorganización, negligencia, desinterés, corrupción; por parte de la alta gerencia, personal administrativo y operativo. Estas prácticas suelen salir a flote cuando se observa que el almacén se convierte en un sitio olvidado, desorganizado, con robos, pérdidas, deterioros, obsolescencia de repuestos; el personal no es el capacitado si no el que va sobrando de otras dependencias, largas colas de personal a espera de atención, sitios y cantidades sobredimensionadas, entre otros.

Figura 2. Tendencia de algunos inventarios de repuestos en Colombia

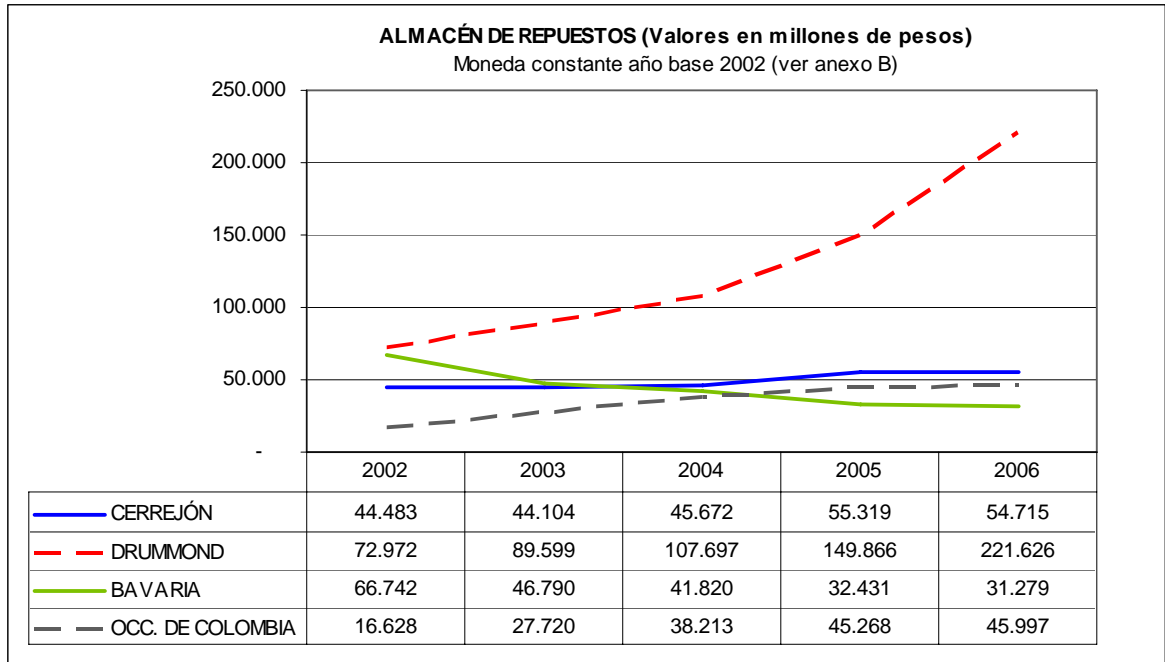
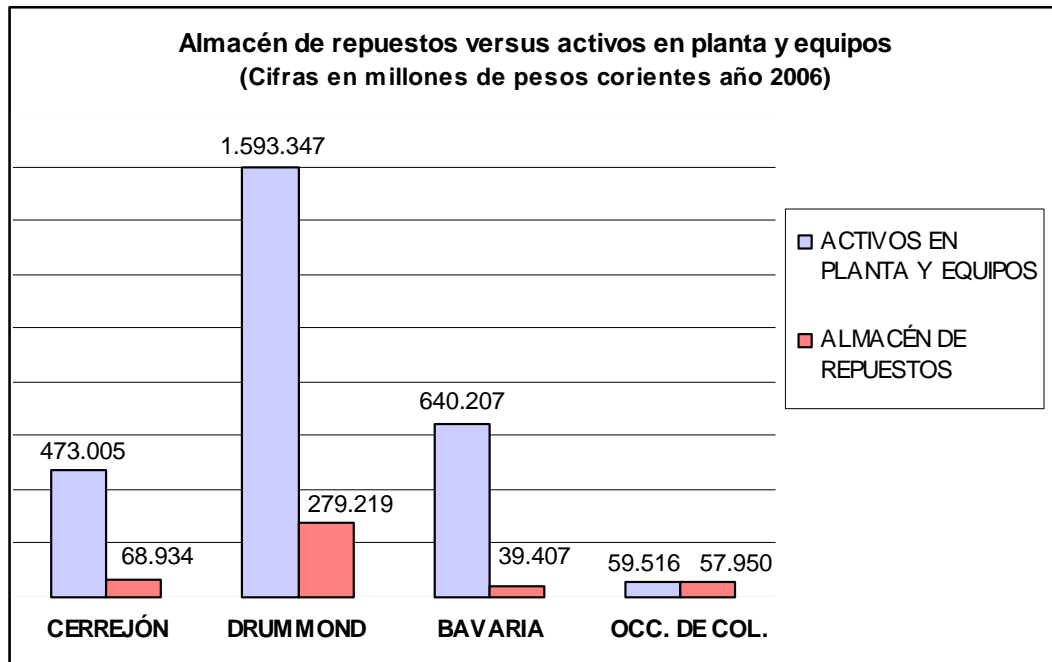


Figura 3. Porcentaje del valor de inventario versus activos de plantas y equipos



## 2. TEORÍA DE INVENTARIOS

### 2.1 INVENTARIOS

Los inventarios, son la cantidad de bienes que una empresa mantiene en existencia en un momento determinado, perteneciendo al patrimonio productivo de la empresa.

Los inventarios en los últimos tiempos han alcanzado una elevada importancia, ya que si estos se mantienen demasiado altos, el costo podría llevar a una empresa a tener problemas de liquidez financiera; esto ocurre porque un inventario sin rotación inmoviliza recursos que podrían ser mejor utilizados en funciones más productivas de la organización; además el inventario sin rotación tiende a tornarse obsoleto, a quedar fuera de uso y corre el riesgo de deteriorarse. Por otro lado, si se mantiene un nivel insuficiente de inventario, podría no atenderse a los clientes de forma satisfactoria, lo cual genera reducción de ganancias y pérdidas de mercado<sup>1</sup>.

2.1.1 Tipos de inventarios. De acuerdo a las características físicas de los objetos a contar, pueden ser los siguientes<sup>2</sup>.

- Inventarios de materia prima. Son aquellos en los cuales se contabilizan todos aquellos materiales que no han sido modificados por el proceso productivo de la empresa.
- Inventarios de materia semielaborada o productos en proceso. Como su propio nombre lo indica, son aquellos materiales que han sido modificados por el proceso productivo de la empresa, pero que todavía no son aptos para la venta.
- Inventarios de productos terminados. Son aquellos donde se contabilizan todos los productos que van a ser ofrecidos a los clientes, es decir que se encuentran aptos para la venta.
- Inventarios de materiales para soporte de las operaciones, o piezas y repuestos. Son aquellos donde se contabilizan los productos que aunque no forman parte directa del proceso productivo de la empresa, es decir no serán

---

<sup>1</sup> PULIDO, José. Gestión de Inventarios y Almacenes. Available from Internet: <[http://www.wikilearning.com/objetivo\\_alcance\\_e\\_introduccion\\_a\\_la\\_gestion\\_de\\_inventarios-wkccp-12105-1.htm](http://www.wikilearning.com/objetivo_alcance_e_introduccion_a_la_gestion_de_inventarios-wkccp-12105-1.htm)>

<sup>2</sup> Ibíd. <[http://www.wikilearning.com/conceptos\\_basicos-wkccp-12105-2.htm](http://www.wikilearning.com/conceptos_basicos-wkccp-12105-2.htm)>

colocados a la venta, hacen posible las operaciones productivas de la misma; estos productos pueden ser maquinarias, repuestos, insumos, etc.

2.1.2 Repuestos. Son aquellos activos físicos que hacen parte de los inventarios para soporte de operaciones. Presentan un alto costo de almacenamiento cuando se tienen y cuando no se tienen pueden acarrear altos costos de indisponibilidad de los equipos. Los problemas sobre repuestos que generalmente se presentan son los siguientes:

- Su costo unitario es alto.
- El tiempo de consecución es alto.
- La rotación de inventarios es lenta.
- El consumo es aleatorio.

Para contrarrestar los problemas mencionados anteriormente se establecen las siguientes medidas correctivas, que llevan a una buena gestión de repuestos.

- Controlar las unidades instaladas (planta).
- Control de existencias (inventarios).
- Control de requisiciones en trámite (pedidos).
- Llevar los registros históricos de consumo.
- Actualización: proveedores, plazos de suministro, precios, entre otros.

Los repuestos se clasifican según el destino final, según la procedencia y según el uso<sup>3</sup>.

◇ ***Según el destino final***

- Reparables. Pueden ser reparados después de haber sido utilizados durante cierto tiempo; suelen ser piezas de cierto valor y plazos de entrega largos. En la siguiente tabla se muestran los datos que se deben tener en cuenta para un análisis de repuestos reparables.
- Desechables. Elementos con una vida útil clara y que no son reutilizables. Son piezas de alta rotación y plazos de entrega cortos. Pertenecen a este grupo los reciclables y los contaminantes.

---

<sup>3</sup> GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, Doin, 199\_? p. 104.

Tabla 1. Análisis de repuestos reparables.

EMPRESA:		ANÁLISIS DE REPUESTOS REPARABLES		FECHA: _____	
				Reparación N°:	Baja N°:
DESCRIPCIÓN DEL REPUESTO:				Plano N°:	Código del Equipo:
NOMBRE DEL EQUIPO AL CUAL PERTENECE:					
EQUIPO		EXISTENCIA DE REPUESTOS		REPUESTO NUEVO	
Prioridad o Factor de importancia:	Unidades en servicio:	Instalados:	En Servicio:	Duración hasta la 1ª reparación:	COSTO ACTUAL:
REPUESTO ANALIZADO				REPARACIONES	
Prioridad o Factor de Importancia:	Fecha adquisición:	Tiempo de Servicio:	N° de Reparaciones	Frecuencia:	COSTO DE LA ÚLTIMA:
Condiciones especiales de Servicio.					
Características del deterioro:					
Se puede disminuir el deterioro:					
Se puede mejorar diseño económicamente:					
Las características del material se pueden mejorar en base a cambios de calidad o Tratamientos:					
Se puede mejorar diseño para hacer más económica su fabricación:					
RECOMENDACIONES					
Mantenimiento Asignado	Enviar al Taller de:		Estudios:	Coordinador	

FUENTE: GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, Doin, 199\_? p. 108.

◇ **Según la procedencia**

- Fabricación propia. Establecer planos y procedimientos.
- Nacional. Cerciorarse si la procedencia es Local o Lejana.
- Importación. Gestión con representante o directamente con la empresa sin ningún intermediario.

◇ **Según el uso**

- Específicos. Procesos - Transportes - Servicios
- Comunes. Motores - Reductores - Bombas – Instrumentos
- Típicos. Rodamientos - Correas - Tornillos

2.1.3 Insumos de mantenimiento. Son elementos que hacen parte de los inventarios para soporte de operaciones. Algunos son ampliamente utilizados para procesos de reparación y mantenimiento de equipos e infraestructura en general, como otros son indispensables para el buen funcionamiento de los equipos.

Se pueden encontrar diferentes tipos de insumos de mantenimiento, dependiendo del sector industrial en estudio, pero a nivel general estos elementos se clasifican según la procedencia y según el uso.

◇ **Según la procedencia**

- Nacional. Cerciorarse si la procedencia es Local o Lejana.
- Importación. Gestión con representante o directamente con la empresa sin ningún intermediario.

◇ **Según el uso**

- Para reparación y mantenimiento. Soldaduras, pinturas, grasas, limpiadores, disolventes, bombillos, bayetillas, pegantes, etc.
- Para funcionalidad de equipos. Lubricantes, combustibles, refrigerantes, etc.

2.1.4 Gestión de inventarios<sup>4</sup>. Se entiende por Gestión de Inventarios, todo lo relativo al control y manejo de las existencias de determinados bienes, en la cual se aplican métodos y estrategias que pueden hacer rentable y productivo la tenencia de estos bienes y a la vez sirve para evaluar los procedimientos de entradas y salidas de dichos productos.

En la Gestión de Inventarios están involucradas dos actividades básicas a saber:

---

<sup>4</sup> PULIDO, Op. cit.

- Determinación de las existencias. La cual se refiere a todos los procesos necesarios para consolidar la información referente a las existencias físicas de los productos a controlar y podemos detallar estos procesos como toma física de inventarios, auditoria de existencias, evaluación a los procedimientos de recepción y ventas (entradas y salidas), conteos cíclicos.
- Análisis de inventarios. La cual esta referida a todos los análisis estadísticos que se realicen, para establecer si las existencias que fueron previamente determinadas son las que se deberían tener en nuestra planta, es decir aplicar aquello de que *nada sobra y nada falta*, pensando siempre en la rentabilidad que pueden producir estas existencias.

2.1.5 Clasificación ABC de inventarios<sup>5</sup>. El primer paso en el manejo de los inventarios es clasificar los repuestos e insumos acorde al grado de importancia de los mismos, esto se realiza mediante una clasificación ABC.

El principio ABC jerarquiza los repuestos e insumos acorde a la cantidad de unidades usadas y al precio de las mismas, estableciendo el concepto del monto económico que representa el consumo durante un periodo de tiempo. Se parte de la base que el esfuerzo logístico se le debe prestar a una cantidad pequeña de referencias que mueven un gran volumen y porcentaje de los artículos de los inventarios, para ello es posible establecer algunas relaciones, entre las más relevantes existen dos que son las más usadas:

- Árbones recomienda que un 10% de los artículos mueven un 75% de la cantidad utilizada o vendida; el 35% de las referencias representan el 95% de la demanda y el 65% de los artículos solo mueven el 5% de la cantidad total almacenada, como se muestra en la figura 4, (Árbones, 1999,70).
- Ronald Ballou expresa que un 20% de las referencias representa al menos el 80% de la cifra utilizada en total de ítem (Ballou, 2004,69-73).

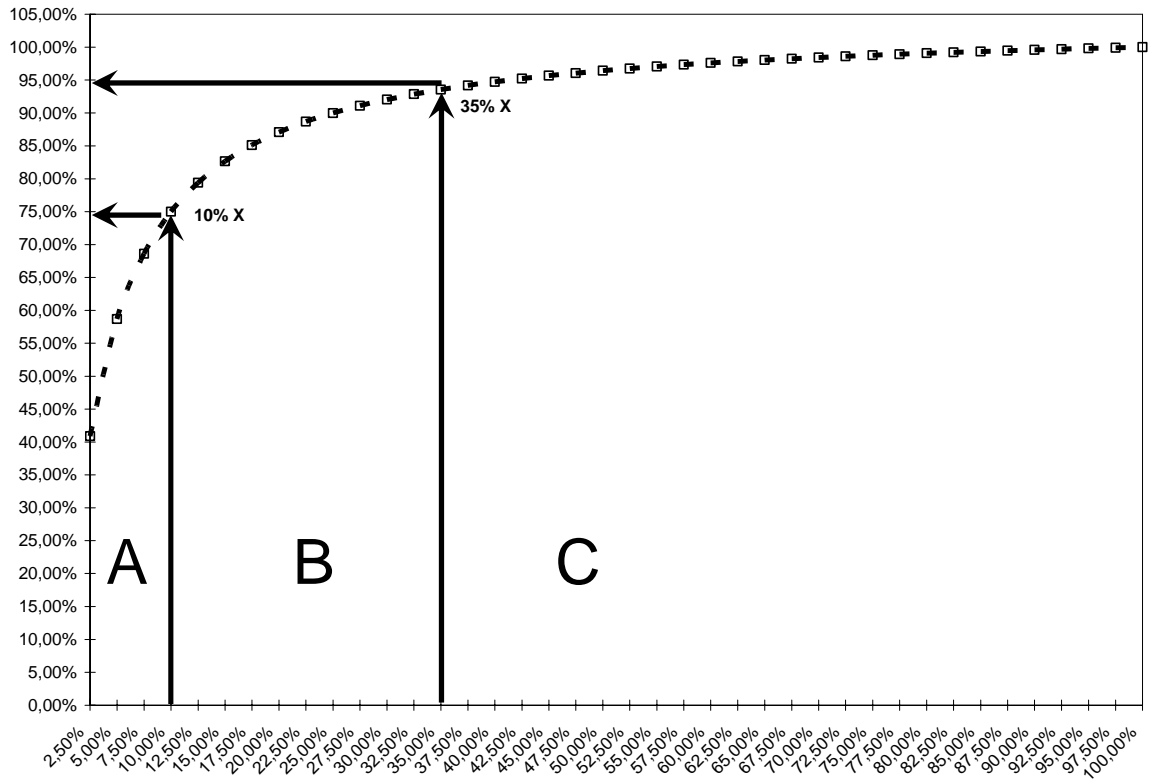
Para la realización del proceso de clasificación ABC se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- Tabulación de datos reales en los que se relacionan los tipos de referencia con su respectiva demanda en un periodo no inferior a un año y su costo unitario.
- Ordenar de mayor a menor en Y (porcentaje acumulado de la cantidad monetaria usada en promedio anual en un periodo no inferior a un año).

---

<sup>5</sup> MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín, Colombia: Ultragráficas, Noviembre. 2005. p.226.

Figura 4. Clasificación ABC



- Calcular X (contribución en porcentaje de referencia acumulada).
- Calcular el A (apoyo logístico) con la fórmula que se expresa a continuación. Con el A promedio real actual se define una nueva combinación 10&75 o 20&80 con lo cual se estima nuevamente la Y con X y A conocidas<sup>6</sup>.

$$\text{Apoyo Logístico (A)} = \frac{X * (1 - Y)}{(Y - X)} \quad \text{ecuación 1}$$

Si se despejan X y Y de la ecuación anterior se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$Y = \frac{X * (1 + A)}{(A + X)} \quad \text{ecuación 2}$$

$$X = \frac{A * (Y - 1)}{(1 - Y)} \quad \text{ecuación 3}$$

<sup>6</sup> Ibíd. p. 226.

La estrategia que se desarrolla con las referencias en función de su clasificación es:

Tipo A, se mantiene un excelente nivel de inventarios en todos los almacenes o en los que existan.

Tipo B, son referencias que mantienen niveles medios de inventarios solo en algunos almacenes.

Tipo C, son artículos a los cuales no se les mantiene buenos márgenes de inventarios, y en caso de hacerlo solo se mantienen en uno que otro almacén de repuestos (si hay varios), cuando solo hay uno se pide cuando se requiere.

De alguna manera la clasificación ABC representa el grado de esfuerzo que se da en el inventario de la referencia, en donde el artículo tipo A es el más alto y el tipo C el más bajo.

2.1.6 Reclasificación de inventarios por criticidad. Una vez se cataloga la importancia de referencias en ABC, se desarrolla otro paso que sirve para optimizar el manejo y la gestión de los inventarios. Consiste en clasificar las referencias en críticas y no críticas, en función de las características que deben cumplir dichos repuestos e insumos en el mantenimiento en la compañía y del sistema de reaprovisionamiento que se adopte para reponer el nivel de inventarios deseado de cada ítem.

Las referencias críticas siempre deben estar disponibles en el almacén de repuestos e insumos de mantenimiento. Una vez se agota el inventario establecido y llega el nivel de reposición, se pide nuevamente para completar el nivel deseado a mantener permanentemente. Se consideran referencias críticas aquellas que pertenecen a un equipo crítico y además, después de realizado un análisis se establece que el tiempo de aprovisionamiento por parte del proveedor es mayor que el tiempo de falla del equipo.

En forma contraria las referencias no críticas solo se piden al proveedor o fabricante cuando son solicitados por mantenimiento. Por lo general en esta categoría se mantienen repuestos de escasa demanda o los muy costosos que no implican consecuencias negativas el no mantenerlos en stock, como también repuestos no genéricos que solo sirven para una sola máquina o su proveedor es único. El *lead time* o tiempo de espera del proveedor es menor que el tiempo de falla del equipo.

## 2.2 ESTRUCTURA DE COSTOS DE INVENTARIO

Uno de los prerequisites de mayor importancia es entender la estructura del costo, ya que mediante un análisis económico se pueden resolver muchos de los

problemas de decisión de inventario. Existen cuatro costos básicos asociados con los inventarios, los cuales se describen a continuación<sup>7</sup>.

2.2.1 Costo Unitario. El costo unitario es lo que se paga al proveedor por unidad comprada: una tonelada de hierro, por un bulto de cemento, por un metro cúbico de arena o de gravilla. Se expresa como  $C_U$ .

2.2.2 Costo de Comprar. El costo de comprar está relacionado con la adquisición de un grupo o lote de artículos. Este costo no depende de la cantidad de artículos adquiridos, se asigna al lote entero. Si no se hacen compras, no se incurre en estos costos. Se expresa como  $C_C$ . Algunos de los componentes del costo de comprar son:

- Estudios de compras. Costos de invitar a cotizar con un gran número de proveedores, análisis de las ofertas de las cantidades a adquirir, atención de vendedores, reuniones de personal de alto nivel, energía eléctrica consumida y otros muchos factores involucrados y que son específicos de cada empresa.
- Toma de la decisión de comprar. Las horas dedicadas por personas de alto nivel salarial a estudiar y aprobar las compras de mayor costo en la empresa, procesos de seguimiento de la entrega de los productos, uso de finca raíz por el personal involucrado en la operación de compra, pagos de teléfono, mensajería internacional y nacional, transportes especiales.
- Recepción de los artículos. Control de turno de los camiones y tractomulas, costo de porteros, esperas de entrada, costo de montacargas y operarios para recibir lo comprado, personal dedicado a recibir compras, sistemas, papelería, formatos y todo el sin número de operaciones que cada empresa ha diseñado para asegurar el control de lo recibido.
- Inspección de los artículos recibidos. Costo mensual del área y personal dedicada a inspecciones, revisiones y conteos.
- Trámite del pago de factura. Una vez que se han recibido los artículos comprados, queda una factura cuyo procesamiento genera unos costos calculables, personas para tramitar, revisar, devolver y pagar los artículos pedidos.
- Preparación del artículo para su uso. Los artículos recibidos deben ser adaptados para su debida y económica utilización.

El costo anual de compra se representa mediante la siguiente ecuación:

---

<sup>7</sup> BOTERO BOTERO, Ernesto. Administración de Almacenes e Inventarios. Bogotá: Escuela de Administración de Negocios. 1997. p.10-16.

$$\text{Costo de compra al año} = C_c \frac{D}{Q} \quad \text{ecuación 4}$$

donde  $C_c$  = Costo de comprar o de lanzar un pedido, en unidades monetarias por pedido.

$D$  = Demanda anual de artículos o total unidades al año.

$Q$  = Tamaño del lote, unidades.

En la ecuación anterior la relación  $D/Q$  se refiere a las órdenes o pedidos que se colocan en un año.

2.2.3 Costo de Tener. El costo de tener incluye todos los costos en que se incurre por el hecho de tener artículos almacenados en cualquier parte. Se expresa como  $C_t$ . Algunos de los elementos del costo de tener son:

- 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 oportunidades perdidas, ya que este capital podría ser utilizado en otras inversiones donde se genere un mayor interés de capital o una mayor rentabilidad.
- Seguros de los artículos almacenados. Cuando la empresa paga seguros, hay enormes posibilidades de que parte del costo de la póliza de seguros sea atribuible al hecho de tener artículos almacenados.
- Impuestos. Esta parte incluye todos los impuestos que se pagan por el hecho de tener artículos en inventario. Pueden ser ganancias ocasionales, ajustes por inflación, impuesto predial y cualquier otro impuesto de origen municipal o local atribuible al hecho de tener una bodega, un depósito o un almacén.
- Obsolescencia. Se refiere a los artículos almacenados que no se necesitan debido a que pasado un tiempo los equipos estén fuera de servicio, se hayan vendido, sean convertidos en chatarra o hayan cumplido con la vida útil.
- Deterioro. Se refiere a los artículos que no se pueden utilizar transcurrido un tiempo como consecuencia del almacenamiento inadecuado.
- Pérdida, robos y daños. Depende del grado de control que hayan establecido los administradores del almacén. Incluye los costos de vigilancia del inventario.
- Toma de inventarios. Se refiere al tiempo que dedican un grupo de personas a la toma de inventario, después controlar con exactitud, explicar los desacuerdos entre existencias físicas y en libros, para finalmente hacer actas de ajuste de inventario.

- Calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación. Este rubro incluye todos los costos que permiten garantizar el correcto almacenamiento de artículos bajo especificaciones técnicas.
- Controles y registros. Incluye todos los costos de papelería, computadores y su mantenimiento, tipografía y todo el costo de los controles del almacén no incluidos en renglones anteriores.
- Uso de la finca raíz. Se refiere al costo del arrendamiento de la finca raíz utilizada para guardar artículos.
- Tiempo de espera. Cuando frente a las ventanillas o puertas de entrega de los artículos almacenados hay con mucha frecuencia personas esperando, el tiempo de trabajo es apreciable y el costo de estas esperas también se debe incluir en el costo de tener.
- Costos de servicios. Debe incluir los costos de los servicios de agua, energía, teléfono y recolección de basuras en los que se incurre por el hecho de tener artículos almacenados.

El costo anual de llevar el inventario se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Costo de mantener inventario al año} = C_t C_u \frac{Q}{2} \quad \text{ecuación 5}$$

donde  $C_t$  = Costo de tener, se define normalmente como un porcentaje del valor del artículo. Se trabaja en porcentaje costo por año,  
 $C_u$  = Costo unitario, en unidades monetarias por artículo.  
 $Q/2$  = Cantidad promedio del inventario disponible.

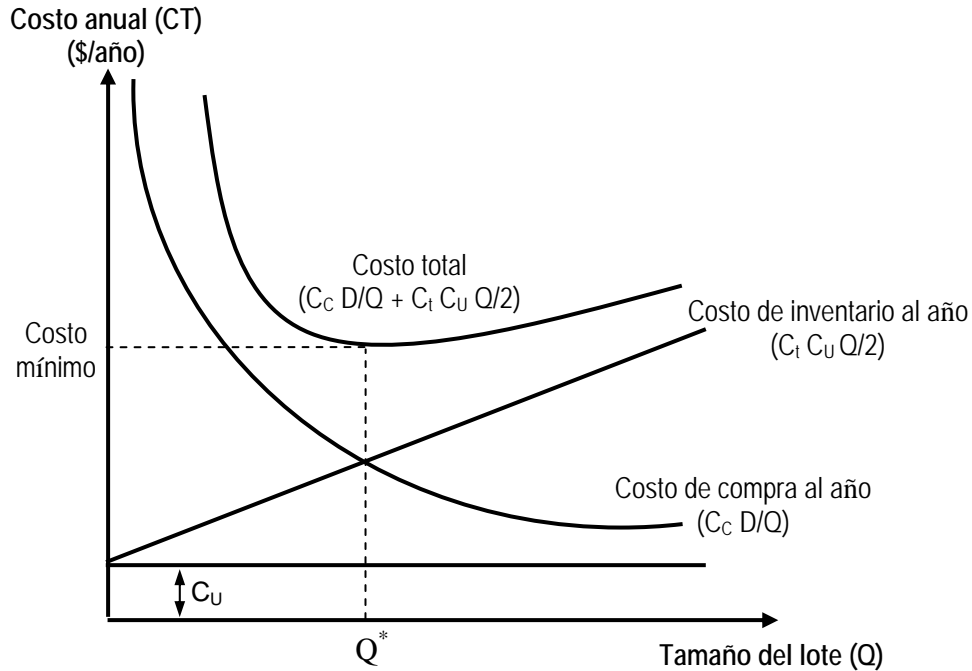
De la ecuación anterior, el porcentaje del valor del artículo  $C_t$  multiplicado por el costo unitario  $C_u$  da el costo de conservar una unidad en inventario durante un año. Esta carga unitaria multiplicada por el nivel promedio de inventario da el costo total de llevarlo durante un año.

2.2.4 Costo de Escasez o Agotamiento. Este costo es proporcional a las ventas perdidas por inexistencia del artículo. Frecuentemente, no es cuantificable si la carencia del material produce problemas de pérdida de imagen, como es el caso de empresas de distribución, en las que se produce una degradación de disponibilidad o seguridad, como consecuencia de la falta de productos a ofrecer en el mercado.



La figura 6 muestra una gráfica de costo total anual (CT) contra el tamaño del lote (Q), en la que se presenta cada componente de (CT) en forma separada junto con el total.

Figura 6. Costo total de Inventario



Cuando se obtienen grandes tamaño del lote, la componente del costo de tener aumenta debido a que desea conservar más inventario promedio, al mismo tiempo la componente del costo de comprar disminuye debido a que se colocan menos pedidos al año. Entonces, dependiendo del tamaño del lote los costos de comprar y de tener se compensan, mientras el uno disminuye el otro aumenta.

De la ecuación 6, si se deriva CT en función de Q y se iguala a cero; resolviendo para Q se obtiene la siguiente expresión matemática:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_c D}{C_i C_u}} \quad \text{ecuación 7}$$

donde  $Q^*$  = cantidad económica de pedido que minimiza el costo de operación del inventario.

## 2.4 TIEMPOS DE REAPROVISIONAMIENTO

En esta parte es necesario determinar el tipo de reaprovisionamiento que se va utilizar, para así poder establecer las cantidades a pedir y los tiempos en que se deben realizar pedidos óptimos. Entre los más relevantes están: el sistema de revisión continua, sistema de revisión periódica, sistema *R M* y sistema *T R M*.

2.4.1 Sistema de revisión continua<sup>10</sup>. En esta sección se explicará un sistema de revisión continua denominado algunas veces sistema Q o sistema de cantidad fija de orden, el cual es lo suficientemente flexible para utilizarse en la práctica de la administración de inventario cuando se deseen pedidos únicos.

El sistema de revisión continua se basa en las siguientes suposiciones:

- La tasa de demanda es variable.
- El tiempo de entrega desde el momento en que se coloca una orden a la fecha de recepción es variable.
- Se permiten inexistencias, debido a que la demanda es variable.
- Los artículos se obtienen en grupos o lotes y el lote se coloca en el inventario todo a la vez.

En el trabajo de inventarios, las decisiones de reordenar el material en almacén se basan en las cantidades totales a la mano más las que son objeto de una orden. El material de una orden se contabiliza de la misma manera que el material que se tiene a la mano para decisiones de recompra debido a que el primero está programado para llegar, aún cuando no se vaya a producir más. El total de material de una orden y el que se tiene a la mano recibe el nombre de posición de existencias (o existencias disponibles).

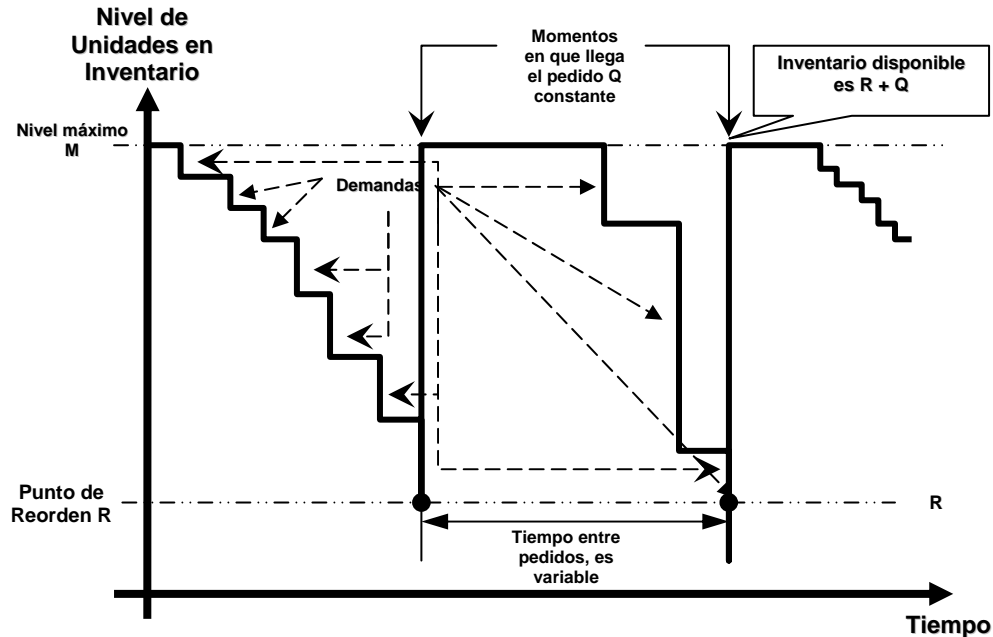
En un sistema Q se debe revisar continuamente la posición de existencia (material a la mano más el material de orden). Cuando la posición de existencia disminuye hasta alcanzar el punto de orden predeterminado (o punto de reorden R), se coloca una orden por una cantidad fija. Dado que esta cantidad es fija, el tiempo entre órdenes variará dependiendo de la naturaleza aleatoria de la demanda.

Una gráfica de la operación de este sistema cuando el reabastecimiento es instantáneo se presenta en la figura 7. La posición de existencia cae en una forma irregular hasta que alcanza el punto de reorden R, donde se coloca una orden por Q unidades. La orden se recibe instantáneamente y entonces se repite el ciclo de utilización, reorden y recepción del material.

---

<sup>10</sup> SCHROEDER, Roger G. Administración de Operaciones. 3 ed. México: McGraw Hill, 1992. p. 467-471.

Figura 7. Sistema Q con reabastecimiento instantáneo



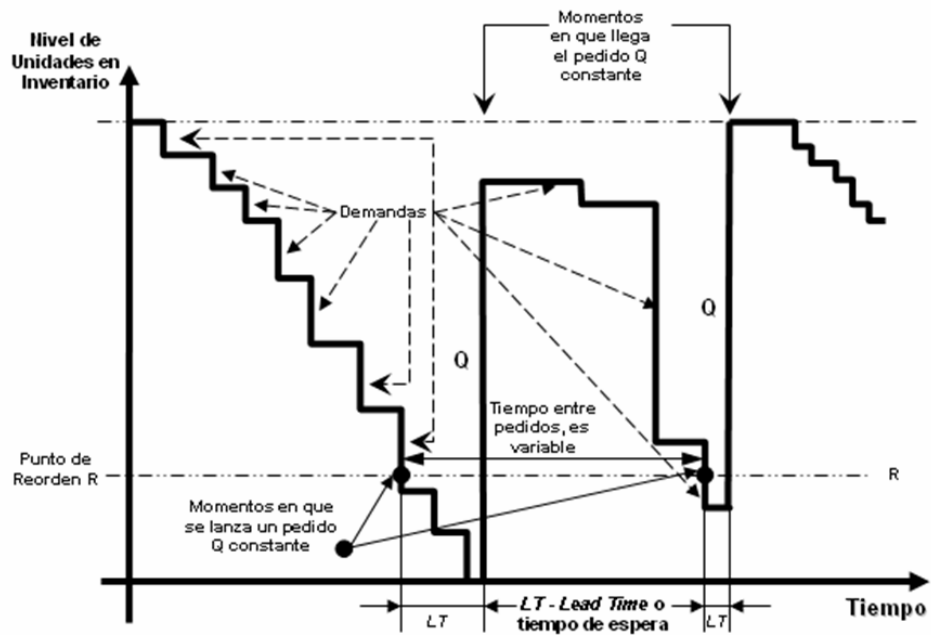
Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín, Colombia: Ultragráficas, Noviembre. 2005. p. 237

La figura 8 muestra un sistema Q con reabastecimiento no instantáneo, en donde la posición de existencia cae en una forma irregular hasta que alcanza el punto de reorden  $R$ , colocándose una orden por  $Q$  unidades. La orden es recibida después de un tiempo de espera  $LT$  y entonces se repite el ciclo de utilización, reorden y recepción del material.

El sistema Q se determina completamente mediante el uso de dos parámetros  $Q$  y  $R$ . En la práctica, estos parámetros se fijan utilizando ciertas suposiciones para simplificación. Primero  $Q$  se hace igual al valor  $Q^*$  de la ecuación 7 y el valor de  $R$  se basa en la noción de una distribución de probabilidad de la demanda durante el tiempo de entrega. Cuando se ha colocado una orden, el sistema de inventario queda expuesto a inexistencias hasta que la orden llega. Dado que el punto de reorden es usualmente mayor que cero, es razonable suponer que el sistema no agotará las existencias a no ser que se haya colocado una orden. El único riesgo de inexistencias es durante el tiempo de entrega de la reposición.

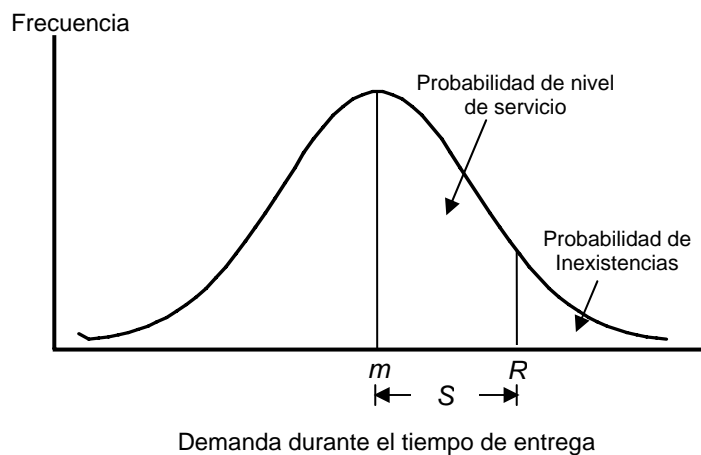
En la figura 9 se representa una distribución de probabilidad de demanda independiente durante el tiempo de entrega. El punto de reorden en la figura se puede colocar lo suficientemente alto para reducir la probabilidad de inexistencia a cualquier nivel deseado. En la parte restante de esta explicación, se asumirá una distribución normal de la demanda. Esta suposición es bastante realista para muchos problemas de inventarios con demanda independiente.

Figura 8. Sistema Q con reabastecimiento no instantáneo



Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín, Colombia: Ultragráficas, Noviembre. 2005. p. 237.

Figura 9. Distribución de probabilidad de la demanda a lo largo del tiempo



El punto de reorden se define como sigue:

$$R = m + S$$

ecuación 8

donde  $R$  = punto de reorden.  
 $m$  = demanda promedio durante el tiempo de entrega.  
 $S$  = intervalo de seguridad.

Se puede expresar el intervalo de seguridad como

$$S = Z\sigma \quad \text{ecuación 9}$$

donde  $Z$  = factor de seguridad en función del nivel de servicio mediante uso de la tabla 2.

$\sigma$  = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

Los porcentajes de la tabla 2 provienen de la distribución normal. Estos valores representan la probabilidad de que la demanda caiga dentro del número especificado de desviaciones estándar desde la media. Dado un nivel de servicio particular deseado, será posible determinar  $Z$ .

Finalmente  $R$  queda expresado de la siguiente manera:

$$R = m + Z\sigma \quad \text{ecuación 10}$$

Entonces el punto de reorden se hace igual a la demanda promedio durante el tiempo de entrega ( $m$ ) más un número específico de desviaciones estándar  $\sigma$  para protegerse contra inexistencias.

2.4.2 Sistema de revisión periódica<sup>11</sup>. En esta sección se explicará un sistema de revisión periódica que con frecuencia recibe el nombre de sistema P, sistema T o sistema de intervalo orden-fijo, el cual debe utilizarse cuando se ordenan artículos múltiples al mismo proveedor y que deben entregarse en el mismo embarque.

El sistema de revisión periódica se basa en las siguientes suposiciones:

- La tasa de demanda es variable.
- El tiempo de entrega desde el momento en que se coloca una orden a la fecha de recepción es variable.
- Se permiten inexistencias, debido a que la demanda es variable.
- Los artículos se obtienen en grupos o lotes y el lote se coloca en el inventario todo a la vez.

---

<sup>11</sup> Ibíd. p. 472-475.

Tabla 2. Porcentajes de demanda con distribución normal

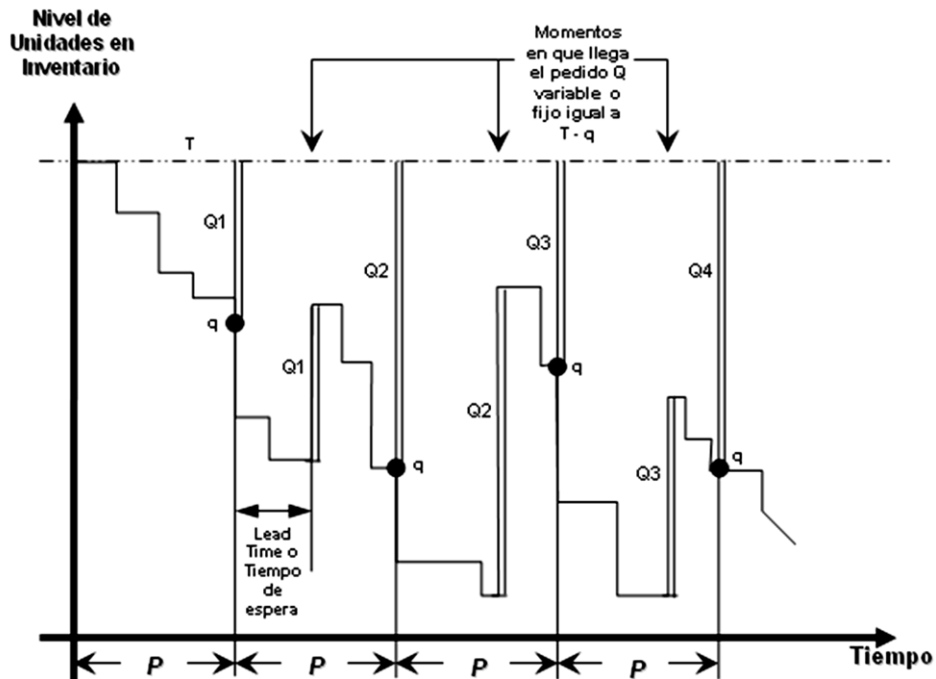
Z	Segunda cifra decimal del valor de z									
	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,00	50,00%	50,40%	50,80%	51,20%	51,60%	51,99%	52,39%	52,79%	53,19%	53,59%
0,10	53,98%	54,38%	54,78%	55,17%	55,57%	55,96%	56,36%	56,75%	57,14%	57,53%
0,20	57,93%	58,32%	58,71%	59,10%	59,48%	59,87%	60,26%	60,64%	61,03%	61,41%
0,30	61,79%	62,17%	62,55%	62,93%	63,31%	63,68%	64,06%	64,43%	64,80%	65,17%
0,40	65,54%	65,91%	66,28%	66,64%	67,00%	67,36%	67,72%	68,08%	68,44%	68,79%
0,50	69,15%	69,50%	69,85%	70,19%	70,54%	70,88%	71,23%	71,57%	71,90%	72,24%
0,60	72,57%	72,91%	73,24%	73,57%	73,89%	74,22%	74,54%	74,86%	75,17%	75,49%
0,70	75,80%	76,11%	76,42%	76,73%	77,04%	77,34%	77,64%	77,94%	78,23%	78,52%
0,80	78,81%	79,10%	79,39%	79,67%	79,95%	80,23%	80,51%	80,78%	81,06%	81,33%
0,90	81,59%	81,86%	82,12%	82,38%	82,64%	82,89%	83,15%	83,40%	83,65%	83,89%
1,00	84,13%	84,38%	84,61%	84,85%	85,08%	85,31%	85,54%	85,77%	85,99%	86,21%
1,10	86,43%	86,65%	86,86%	87,08%	87,29%	87,49%	87,70%	87,90%	88,10%	88,30%
1,20	88,49%	88,69%	88,88%	89,07%	89,25%	89,44%	89,62%	89,80%	89,97%	90,15%
1,30	90,32%	90,49%	90,66%	90,82%	90,99%	91,15%	91,31%	91,47%	91,62%	91,77%
1,40	91,92%	92,07%	92,22%	92,36%	92,51%	92,65%	92,79%	92,92%	93,06%	93,19%
1,50	93,32%	93,45%	93,57%	93,70%	93,82%	93,94%	94,06%	94,18%	94,29%	94,41%
1,60	94,52%	94,63%	94,74%	94,84%	94,95%	95,05%	95,15%	95,25%	95,35%	95,45%
1,70	95,54%	95,64%	95,73%	95,82%	95,91%	95,99%	96,08%	96,16%	96,25%	96,33%
1,80	96,41%	96,49%	96,56%	96,64%	96,71%	96,78%	96,86%	96,93%	96,99%	97,06%
1,90	97,13%	97,19%	97,26%	97,32%	97,38%	97,44%	97,50%	97,56%	97,61%	97,67%
<b>2,00</b>	97,72%	<b>97,78%</b>	97,83%	97,88%	97,93%	97,98%	98,03%	98,08%	98,12%	98,17%
2,10	98,21%	98,26%	98,30%	98,34%	98,38%	98,42%	98,46%	98,50%	98,54%	98,57%
2,20	98,61%	98,64%	98,68%	98,71%	98,75%	98,78%	98,81%	98,84%	98,87%	98,90%
2,30	98,93%	98,96%	98,98%	99,01%	99,04%	99,06%	99,09%	99,11%	99,13%	99,16%
2,40	99,18%	99,20%	99,22%	99,25%	99,27%	99,29%	99,31%	99,32%	99,34%	99,36%
2,50	99,38%	99,40%	99,41%	99,43%	99,45%	99,46%	99,48%	99,49%	99,51%	99,52%
2,60	99,53%	99,55%	99,56%	99,57%	99,59%	99,60%	99,61%	99,62%	99,63%	99,64%
2,70	99,65%	99,66%	99,67%	99,68%	99,69%	99,70%	99,71%	99,72%	99,73%	99,74%
2,80	99,74%	99,75%	99,76%	99,77%	99,77%	99,78%	99,79%	99,79%	99,80%	99,81%
2,90	99,81%	99,82%	99,82%	99,83%	99,84%	99,84%	99,85%	99,85%	99,86%	99,86%
3,00	99,87%	99,87%	99,87%	99,88%	99,88%	99,89%	99,89%	99,89%	99,90%	99,90%
3,10	99,90%	99,91%	99,91%	99,91%	99,92%	99,92%	99,92%	99,92%	99,93%	99,93%
3,20	99,93%	99,93%	99,94%	99,94%	99,94%	99,94%	99,94%	99,95%	99,95%	99,95%
3,30	99,95%	99,95%	99,95%	99,96%	99,96%	99,96%	99,96%	99,96%	99,96%	99,97%
3,40	99,97%	99,97%	99,97%	99,97%	99,97%	99,97%	99,97%	99,97%	99,97%	99,98%

Por ejemplo el z para una probabilidad del 97.78% es 2.01

En un sistema de revisión periódica, la posición de existencia se revisa periódicamente a intervalos fijos. Cuando se realiza la verificación, la posición de existencia es rebautizada como un nivel objetivo de inventario  $T$ . El nivel objetivo se fija para cubrir la demanda hasta la siguiente revisión periódica más el tiempo de entrega del embarque. Se ordena una cantidad variable dependiendo de cuánto se necesita para colocar la posición de existencia en el nivel objetivo.

Una gráfica de la operación de este sistema se representa en la figura 10. La posición de existencia cae de una forma irregular hasta que se llega el momento fijo de una revisión. En ese instante, se ordena una cantidad para colocar la posición de existencia en el nivel objetivo. La orden llega posteriormente, después de un tiempo de entrega  $LT$ ; entonces el ciclo de utilización, reorden y recepción de material se repite.

Figura 10. Sistema P o T



Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín, Colombia: Ultragráficas, Noviembre. 2005. p. 238. (Modificado por: Briceño-Rincón y Oñate-Zuleta, 2007, inédito).

El sistema P se determina completamente por los dos parámetros,  $P$  y  $T$ . Una aproximación al valor óptimo de  $P$  se puede realizar mediante la utilización de la

ecuación 7. Dado que  $P$  es el tiempo entre órdenes, está relacionado con esa ecuación de la siguiente forma<sup>12</sup>:

$$P = \frac{Q^*}{D} \quad \text{ecuación 11}$$

Entonces, sustituyendo  $Q^*$  de la ecuación 7, se tiene:

$$P = \frac{Q^*}{D} = \frac{1}{D} \sqrt{\frac{2DS}{iC}} = \sqrt{\frac{2S}{iCD}} \quad \text{ecuación 12}$$

El nivel de inventario objetivo se puede establecer de acuerdo a un nivel de servicio especificado. En este caso el inventario objetivo se fija lo suficientemente alto para cubrir la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión. Para alcanzar el nivel de servicio especificado, la demanda debe ser satisfecha por todo el tiempo  $P+LT$  en el nivel promedio más un inventario de seguridad.

Entonces se tiene:

$$T = m' + s' \quad \text{ecuación 13}$$

donde  $T$  = nivel de inventario objetivo  
 $m'$  = demanda promedio durante  $P+LT$   
 $s'$  = inventario de seguridad

El inventario de seguridad debe ser lo suficientemente elevado para asegurar el nivel deseado de servicio. Para el inventario de seguridad se tiene:

$$s' = Z\sigma' \quad \text{ecuación 14}$$

donde  $\sigma'$  = desviación estándar durante  $P+LT$   
 $Z$  = factor de seguridad en función del nivel de servicio mediante uso de la tabla 2.

Al controlar  $Z$  se puede controlar el inventario objetivo y el nivel de servicio resultante.

---

<sup>12</sup> Ibid, p. 473.

2.4.3 Sistema R M<sup>13</sup>. Consiste en establecer niveles máximos y mínimos de inventario. El pedido se lanza cuando el inventario al disminuir en el tiempo con la demanda alcanza un valor predeterminado denominado ROP (nivel de reaprovisionamiento). La cantidad que se pide ( $M-q$ ) es la diferencia entre un máximo preestablecido y la cantidad disponible  $q$  de ese instante, como se muestra en la figura 11.

Para la estimación del nivel máximo  $M$  de inventario en R M se tiene en cuenta la siguiente expresión:

$$M = ROP + Q - DE \quad \text{ecuación 15}$$

donde  $ROP$  = nivel de reaprovisionamiento.

$Q$  = pedido óptimo

$DE$  = déficit esperado en el peor de los eventos

$$ROP = m + Z\sigma + DE \quad \text{ecuación 16}$$

donde  $m$  = demanda promedio durante el tiempo de entrega  $LT$ .

$Z$  = factor de seguridad en función del nivel de servicio mediante uso de la tabla 2.

$\sigma$  = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

El sistema R M minimiza la posibilidad de que se rompa el inventario o se agote la referencia, esto solo sucede en el evento en el que la demanda supere el *lead time*. Con el fin de asegurar más la garantía de existencia permanente, se hacen controles de revisión periódicos a tiempos constantes, lo que da lugar al sistema TRM.

2.4.4 Sistema T R M<sup>14</sup>. Consiste en establecer niveles máximos y mínimos de inventario y un periodo fijo de revisión de sus niveles. El inventario se revisa solo en estas ocasiones y se ordena o se pide la diferencia entre el máximo y la existencia total (cantidad existente más cantidad en tránsito). Solo en casos especiales se colocarán pedidos fuera de las fechas de revisión cuando por una demanda anormalmente alta la existencia llegue al punto mínimo antes de la revisión. En sistemas automatizados estas fechas no se preestablecen, sino que se calculan los puntos de revisión y el sistema avisa cual es el mejor momento de efectuar la compra y la cantidad a solicitar.

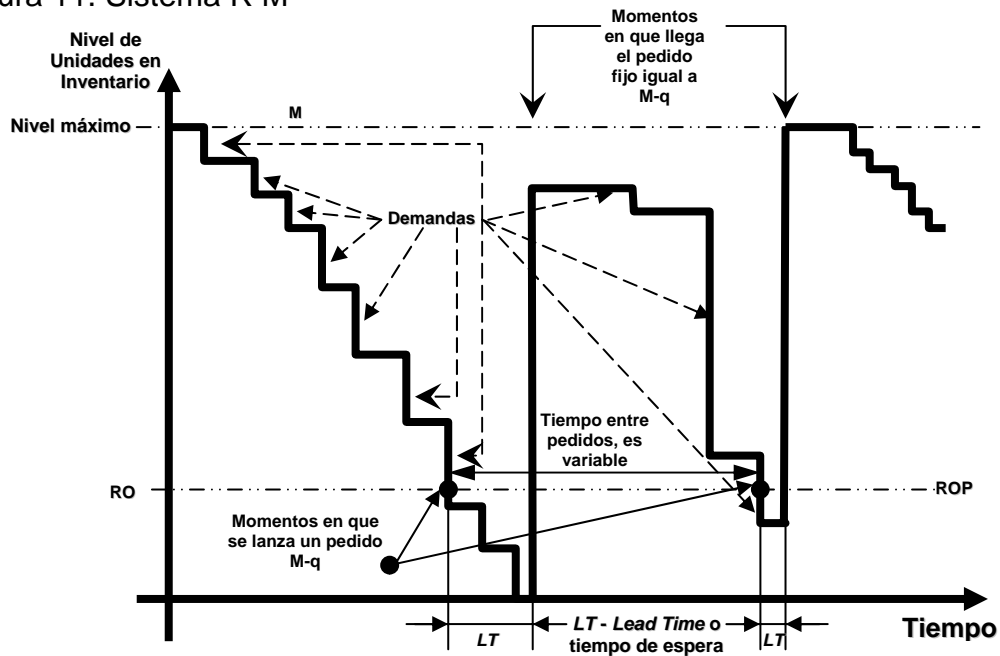
En la figura 12 se muestra la operación de este sistema que generalmente es más seguro y confiable que los sistemas Q y P, garantizando aún más la estabilidad del inventario.

---

<sup>13</sup> MORA. Op. cit. p. 235-239.

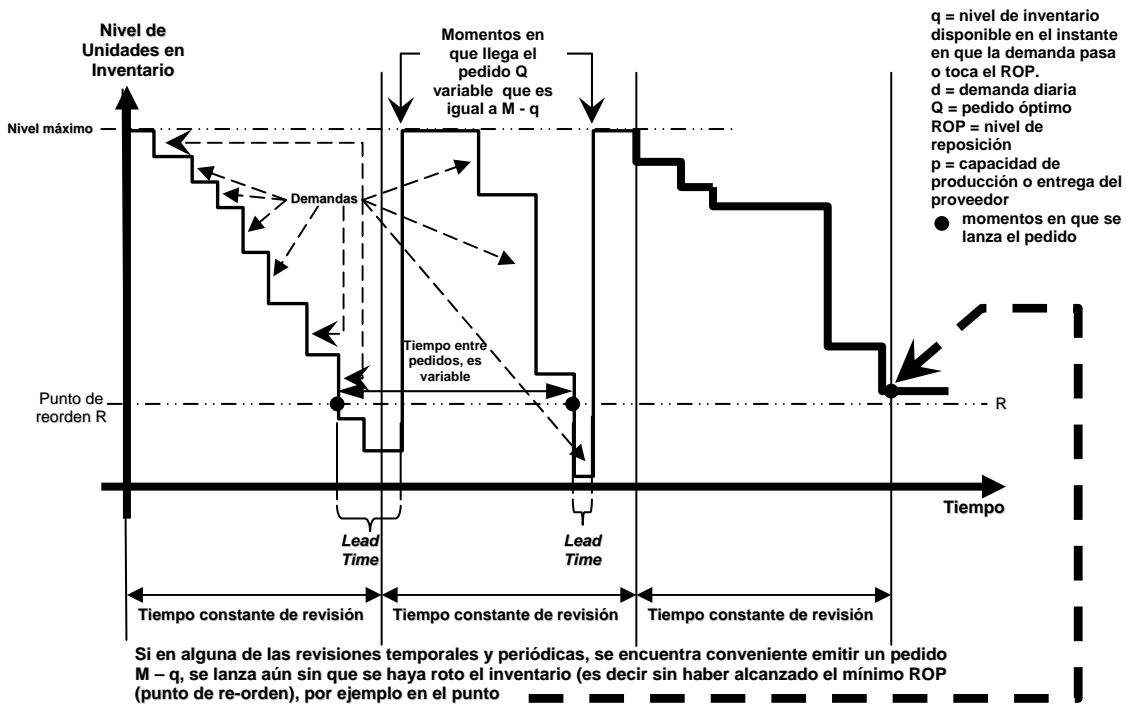
<sup>14</sup> *Ibíd.* p. 235.

Figura 11. Sistema R M



Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín, Colombia: Ultragráficas, Noviembre. 2005. p. 238.

Figura 12. Sistema T R M



Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín, Colombia: Ultragráficas, Noviembre. 2005. p. 240.

## 2.5 DEMANDA INDEPENDIENTE VERSUS DEPENDIENTE<sup>15</sup>

En la administración de inventarios se debe establecer la diferencia que existe entre la demanda independiente y dependiente. La *demanda independiente* está influenciada por las condiciones del mercado fuera del control de operaciones; es por tanto independiente de las operaciones, como es el caso de los inventarios de productos terminados y las partes de repuestos para reemplazo, mientras que la *demanda dependiente* está relacionada a la demanda de otro artículo, es decir, cuando los productos están formados de partes y ensambles, la demanda por estos componentes depende de la demanda por el producto final.

Las demandas independiente y dependiente tienen usos muy diferentes a patrones diversos de demandas. La demanda independiente presenta algún patrón fijo o tendencia constante, pero también responde a influencias aleatorias que usualmente surgen de diferentes preferencias del cliente. Por otro lado la demanda dependiente presenta un patrón intermitente, una vez sí, una vez no, debido a que la producción está generalmente programada en lotes.

Los patrones de demanda requieren diferentes enfoques para la administración del inventario. Para demanda independiente es apropiada una filosofía de reposición. Conforme se utilizan los artículos o referencias, se reponen con objeto de tener siempre un nivel de existencias, entonces el inventario comienza a rotar, se finca un pedido por más artículos y el inventario se repone. Para artículos de demanda dependiente se utiliza una filosofía de requerimientos. Conforme se empieza a rotar no se ordena inventario adicional de materia prima o de producto en proceso, se solicita más material únicamente conforme lo requiere la necesidad de otros artículos de mayor nivel.

## 2.6 NIVEL DE SERVICIO<sup>16</sup>

Un término ampliamente utilizado en la administración de inventarios con demanda independiente es el nivel de servicio, el cual es la probabilidad de que todos los pedidos sean surtidos con las existencias almacenadas durante el tiempo de entrega del reabastecimiento de un ciclo de reorden. Un nivel de servicio de 100% representa la satisfacción de todos los requerimientos del comprador con referencias de inventario, pero los niveles de servicio deben estar equilibrados con la inversión, ya que niveles altos de servicio requieren mayores inversiones en inventario.

---

<sup>15</sup> SCHROEDER, Op. Cit. p. 460.

<sup>16</sup> BOTERO, Op. cit. p. 40-41

La selección de un nivel arbitrario de servicio puede ser sumamente costosa, dado que la diferencia de unos pocos puntos porcentuales en el nivel de servicio podría incrementar sustancialmente el nivel de inventario requerido. El paso de niveles de servicio de 97% a 99% implica solo duplicar las existencias de seguridad.

Dios es el único ser que juega con niveles de servicio de 100%. Los seres humanos deben conformarse con 99% o 99,99%, pero nunca será posible alcanzar 100%. Esto es un principio que debe ser enseñado a los usuarios del almacén que creen que lo único aceptable es un nivel de servicio de 100%.

## 2.7 CICLO CAPDO

Existen diferentes esquemas en la creación de modelos para la toma de decisiones, en este caso se desarrollará uno que se aplica en la ciencia de la administración, correspondiente al ciclo *CAPDO* o ciclo de mejora orientado a cero problemas, válido para problemas de inventarios o para cualquier situación empresarial. El ciclo *CAPDO* refuerza el concepto del trabajo práctico-analítico, tomando contacto con la realidad concreta de la industria (chequear), para luego aplicar diferentes herramientas de alto nivel como son las 5W-1H, análisis de los 5 ¿Por qué?, análisis PM, análisis FTA/FMEA, análisis Matriz QA, entre otros, que conducen a un riguroso análisis en busca de descubrir causas raíz (analizar) y posteriormente concebir un plan para eliminar, bloquear o reducir todas las causas de los problemas encontrados (planificar). Este ciclo se refuerza en las actividades de "actuar o ejecutar", obteniendo como consecuencia: 1) una solución técnica a los problemas de las instalaciones industriales y 2) mejora en el conocimiento de las personas y un cambio de actitud hacia la relación del hombre con el trabajo.

En la siguiente tabla se describen los objetivos de cada proceso del ciclo *CAPDO*.

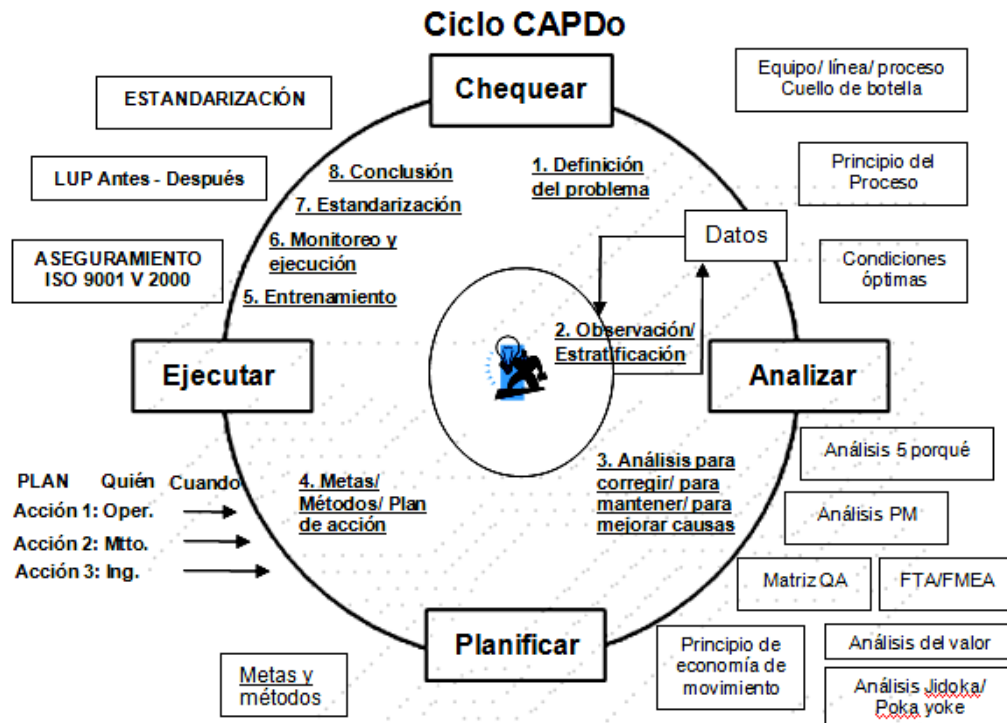
Tabla 3. Procesos y objetivos del ciclo *CAPDO*

<b>Chequeo, Análisis, Planeación y solución de problemas – CAPDO</b>			
<b>CAPDO</b>	<b>FLUJO</b>	<b>PROCESO</b>	<b>OBJETIVO</b>
C	1	Identifique el problema	Definir claramente el problema y reconocer su importancia.
	2	Observe el problema. Estratífiquelo	Investigar las características específicas del problema con visión amplia y desde varios puntos de vista.
A	3	Análisis	Descubrir las causas raíces del problema.
P	4	Planeación: Metas, medios y plan de acción.	Concebir un plan para eliminar, bloquear o reducir la causa fundamental, la causa raíz.
Do	5	Entrenamiento	Eliminar, bloquear o reducir la causa fundamental.
	6	Monitoreo y ejecución ¿Fue efectivo el bloqueo?	Verificar si desaparecieron las manifestaciones del problema, los efectos.
	7	Estandarización	Prevenir la reaparición del problema.
	8	Conclusión	Síntesis del problema/ proyecto trabajado. Plantear los nuevos problemas/ proyectos

Fuente: ARCINIEGAS ÁLVAREZ, Carlos Alberto. Administración Productiva Total. Sertesa, p 31

La figura 13 muestra un esquema de la operación de este modelo gerencial, el cual nos facilita un conjunto de procedimientos que nos llevará a una gestión más eficiente.

Figura 13. Representación del ciclo CAPDo.



Fuente: ARCINIEGAS ÁLVAREZ, Carlos Alberto. Administración Productiva Total. Sertesa, p 31

### **3. PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS**

Dentro del desarrollo del plan de gestión, se utilizó como metodología para la toma de decisiones el ciclo CAPDo, el cual es aplicable a cualquier circunstancia analizable y para el caso en estudio aplicado a los inventarios de repuestos e insumos de mantenimiento. Por medio de este método, se busca la identificación de los problemas y sus causas raíces, todos ellos presentes en el día a día de las empresas industriales, logrando con ello poder tomar acciones gerenciales que en cadena buscan solucionar dichos problemas.

En cada una de las etapas que contempla el ciclo se desarrollan una serie de actividades que involucran a cada una de las personas que interrelacionan con el área de estudio, para poder así abordar todas las posibles dificultades, ya sean a interior o no del área de inventarios.

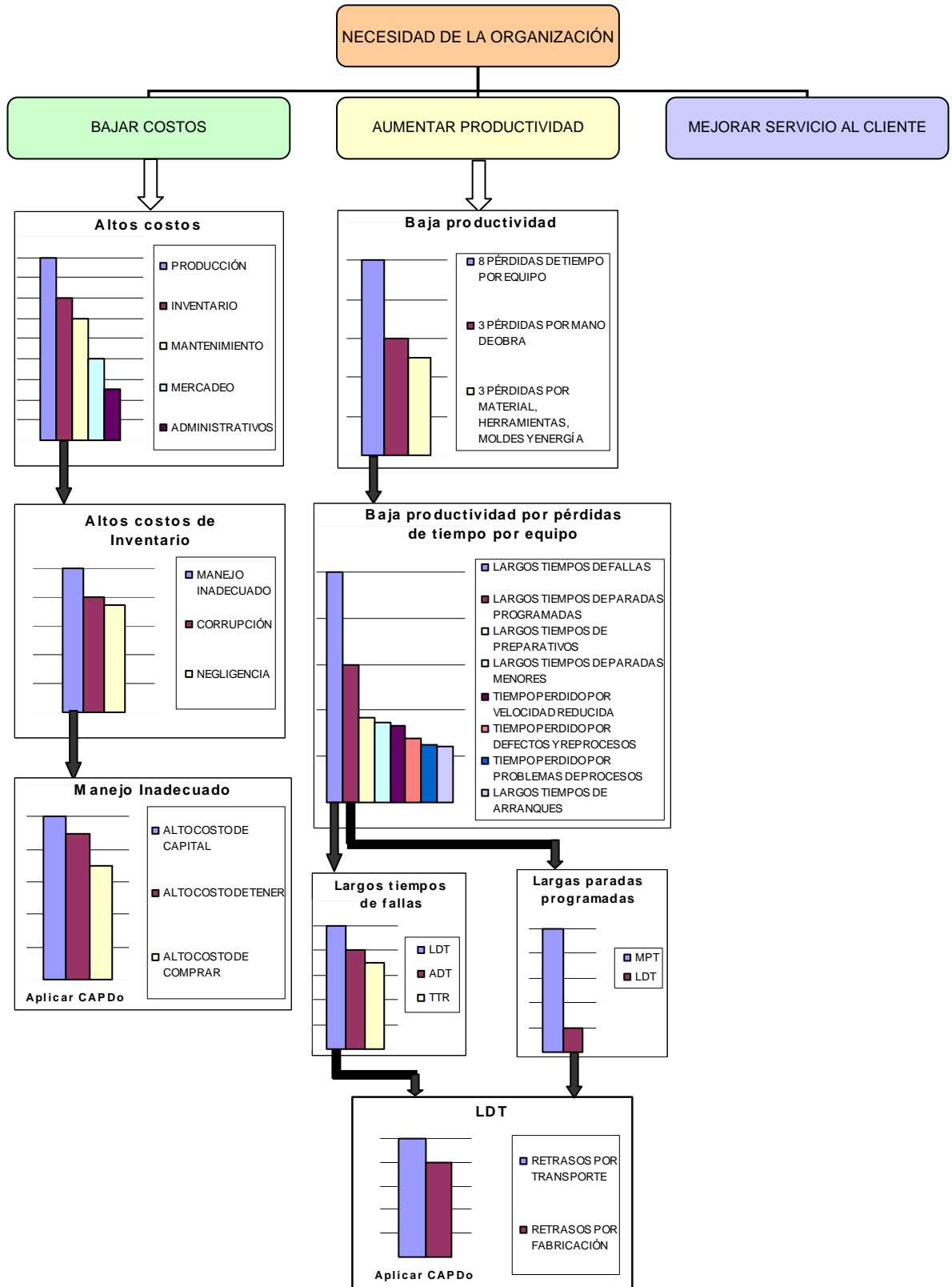
A continuación se describirá la forma en la cual se desarrolló por etapas esta metodología aplicada a los inventarios de repuestos e insumos de mantenimiento.

#### **3.1 CHEQUEO DE PROBLEMAS DE LA EMPRESA RELACIONADOS CON INVENTARIOS**

Una vez definida y reconocida la existencia de una situación susceptible a mejorar, lo que es diferente a un problema manifiesto, se debe formular el problema, plantear la situación ya definida, jerarquizándola en caso de ser necesario en forma de problema, buscando solucionar primero las más críticas y/o las más viable a juicio de la gerencia. Este paso es delicado ya que un alto porcentaje de la solución, estará dado por un buen planteamiento o por un planteamiento erróneo que puede llevar a consecuencias desastrosas para la organización.

En la figura 14, en cascada se despliegan cada uno de los principales problemas relacionados con inventarios, partiendo de necesidades primordiales en la organización. En la primera escala se presentan una serie de variables cuyos valores difieren de cada empresa en estudio; por método se selecciona la de mayor criticidad o valor, pero claramente se visualiza que se toman los altos costos de inventario por ser el tema de estudio. En la última escala se presentan los problemas específicos de cada uno de las variables chequeadas para su posterior análisis CAPDo.

Figura 14. Despliegue de principales problemas en inventarios



### 3.2 ANÁLISIS – HERRAMIENTAS DE PROBLEMAS ESPECIFICOS DE INVENTARIOS

En esta etapa se analiza cada uno de los problemas específicos de inventarios mencionados en la última escala de la gráfica anterior, con el fin de determinar y corregir las causas raíz de cada uno de estos.

En las siguientes tablas se aplicarán las 5W-1H y los ¿Por qué? ¿Por qué?.

Tabla 4. Análisis-Herramientas del costo de capital

<b>5W-1H ESTRATIFICACIÓN</b>		
<b>What:</b> ¿En qué cosa o producto detectó el problema?	El problema se detectó en los altos costos de capital.	
<b>When:</b> ¿Cuándo ocurrió el problema?	Cuando se hizo una revisión y se detectó una baja rotación de inventario.	
<b>Where:</b> ¿Dónde vio el problema? (Línea/máquina/ubicación)	En el sistema de información del almacén.	
<b>Who:</b> El problema está relacionado a la habilidad (Depende o no de la habilidad)	Persona encargada de la administración del inventario.	
<b>Which:</b> ¿Cuál tendencia o patrón tiene el problema? ¿La tendencia es arbitraria o existe un patrón?	En ascenso.	
<b>How:</b> ¿Cómo varía el estado de lo normal? (óptimo)	Crecimiento mayor al valor de la inflación.	
<b>Análisis ¿Por qué? ¿Por qué? y acción tomada en contra de la causa raíz</b>		
<b>Porqué</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Acción</b>
¿Por qué al revisar el sistema de información del almacén se detectaron altos costos de capital?	Por que después de una revisión se detectó que existe un gran número de existencias con baja rotación.	Realizar una clasificación de todos los elementos de acuerdo a su rotación, costo y criticidad, una vez recolectados los registros históricos. Los elementos que no roten y no sean críticos se les deberá dar de baja.
¿Por qué existe un gran número de existencias con baja rotación?	Por que se realizaron solicitudes de compras equivocadas.	Establecer un procedimiento de evaluación para las decisiones de compra.
¿Por qué se realizaron solicitudes de compras equivocadas?	Por desconocimiento del personal encargado de los inventarios.	Capacitar periódicamente el personal que interviene en los inventarios.
¿Por qué el personal encargado no posee conocimiento de los inventarios?	Por que este personal no es apto para ocupar el cargo.	Establecer perfiles y realizar una selección formal.

Tabla 5. Análisis-Herramientas del costo de comprar

<b>5W-1H ESTRATIFICACIÓN</b>		
<b>What:</b> ¿En qué cosa o producto detectó el problema?	El problema se detectó en los altos costos del departamento de compras.	
<b>When:</b> ¿Cuándo ocurrió el problema?	Cuando se hizo una revisión de costos.	
<b>Where:</b> ¿Dónde vio el problema? (Línea/máquina/ubicación)	En el estado de resultados detallado.	
<b>Who:</b> El problema está relacionado a la habilidad (Depende o no de la habilidad)	Analista.	
<b>Which:</b> ¿Cuál tendencia o patrón tiene el problema? ¿La tendencia es arbitraria o existe un patrón?	En ascenso.	
<b>How:</b> ¿Cómo varía el estado de lo normal? (óptimo)	Alto crecimiento respecto a años anteriores.	
<b>Análisis ¿Por qué? ¿Por qué? y acción tomada en contra de la causa raíz</b>		
<b>Porqué</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Acción</b>
¿Por qué cuando se analizó el estado de resultados detalladamente se detectaron altos costos en el departamento de compras?	Por que se incrementaron los costos respecto a periodos anteriores.	Realizar un estudio de los costos que intervienen en el proceso de compras.
¿Por qué se incrementaron los costos respecto a periodos anteriores?	Por desconocimiento del efecto que generan estos costos para la empresa.	Valorar el efecto de cada pedido.
¿Por qué se desconoce el efecto que generan estos costos?	Por desinterés o desconocimiento de la alta dirección en la aplicación de modelos productivos de inventarios.	Desarrollar un plan de orientación y capacitación que logre convencer a la alta gerencia sobre la existencia de pedidos óptimos en tiempos correctos de reaprovisionamiento.

Tabla 6. Análisis-Herramientas del costo de tener

<b>5W-1H ESTRATIFICACIÓN</b>		
<b>What:</b> ¿En qué cosa o producto detectó el problema?	El problema se detectó en los altos costos de sostenimiento del inventario.	
<b>When:</b> ¿Cuándo ocurrió el problema?	Cuando se hizo una revisión de costos.	
<b>Where:</b> ¿Dónde vio el problema? (Línea/máquina/ubicación)	En el estado de resultados detallado.	
<b>Who:</b> El problema está relacionado a la habilidad (Depende o no de la habilidad)	Analista.	
<b>Which:</b> ¿Cuál tendencia o patrón tiene el problema? ¿La tendencia es arbitraria o existe un patrón?	En ascenso.	
<b>How:</b> ¿Cómo varía el estado de lo normal? (óptimo)	Alto crecimiento respecto a años anteriores.	
<b>Análisis ¿Por qué? ¿Por qué? y acción tomada en contra de la causa raíz</b>		
<b>Porqué</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Acción</b>
¿Por qué al revisar el estado de resultados detalladamente se detectaron altos costos de sostenimiento del inventario?	Por que estos costos se incrementaron respecto a periodos anteriores.	Realizar un estudio de los costos asumidos para el sostenimiento del inventario.
¿Por qué los costos se incrementaron respecto a periodos anteriores?	Por desconocimiento del efecto que generan estos costos para la empresa.	Valorar el efecto de cada elemento del costo de tener.
¿Por qué se desconoce el efecto que generan estos costos?	Por desinterés o desconocimiento de la alta dirección en la aplicación de modelos productivos de inventarios.	Desarrollar un plan de orientación y capacitación que logre convencer a la alta gerencia sobre la existencia de pedidos óptimos en tiempos correctos de reaprovisionamiento.

Tabla 7. Análisis-Herramientas de retrasos de artículos por el transporte

<b>5W-1H ESTRATIFICACIÓN</b>		
<b>What:</b> ¿En qué cosa o producto detectó el problema?	El problema se detectó en los grandes tiempos de espera en el transporte de repuestos e insumos.	
<b>When:</b> ¿Cuándo ocurrió el problema?	En el momento que el equipo no se encuentra disponible por mantenimiento correctivo o programado.	
<b>Where:</b> ¿Dónde vio el problema? (Línea/máquina/ubicación)	En el sistema de información de mantenimiento.	
<b>Who:</b> El problema está relacionado a la habilidad (Depende o no de la habilidad)	Ingeniero analista de mantenimiento.	
<b>Which:</b> ¿Cuál tendencia o patrón tiene el problema? ¿La tendencia es arbitraria o existe un patrón?	En crecimiento	
<b>How:</b> ¿Cómo varía el estado de lo normal? (óptimo)		
<b>Análisis ¿Por qué? ¿Por qué? y acción tomada en contra de la causa raíz</b>		
<b>Porqué</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Acción</b>
¿Por qué al revisar el sistema de información de mantenimiento se detectaron grandes tiempos de espera en el transporte de repuestos e insumos?	Por que la empresa proveedora escogida para el transporte de artículos no tiene buenos tiempos de entrega.	Exigir el cumplimiento del tiempo acordado para la entrega de artículos.
¿Por qué la empresa proveedora escogida para el transporte de artículos no tiene buenos tiempos de entrega?	Por que esa empresa maneja bajos costos por la prestación del servicio.	Establecer los perfiles para una empresa proveedora independientemente del costo.
¿Por qué se escogió una empresa de bajos costos?	Por que se pensó en un gran ahorro económico debido a la cantidad de compras realizadas.	Concientizar al personal involucrado, de las consecuencias que tiene el seleccionar un proveedor solamente por su costo.

Tabla 8. Análisis-Herramientas de retrasos de artículos por su fabricación

<b>5W-1H ESTRATIFICACIÓN</b>		
<b>What:</b> ¿En qué cosa o producto detectó el problema?	El problema se detectó en los grandes tiempos de espera en la fabricación de repuestos.	
<b>When:</b> ¿Cuándo ocurrió el problema?	En el momento que el equipo no se encuentra disponible por mantenimiento correctivo o programado.	
<b>Where:</b> ¿Dónde vio el problema? (Línea/máquina/ubicación)	En el sistema de información de mantenimiento.	
<b>Who:</b> El problema está relacionado a la habilidad (Depende o no de la habilidad)	Ingeniero analista de mantenimiento.	
<b>Which:</b> ¿Cuál tendencia o patrón tiene el problema? ¿La tendencia es arbitraria o existe un patrón?	En crecimiento	
<b>How:</b> ¿Cómo varía el estado de lo normal? (óptimo)		
<b>Análisis ¿Por qué? ¿Por qué? y acción tomada en contra de la causa raíz</b>		
<b>Porqué</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Acción</b>
¿Por qué al revisar el sistema de información de mantenimiento se detectaron grandes tiempos de espera en la fabricación de repuestos?	Por que la empresa fabricante de los repuestos no tiene buenos estándares de cumplimiento.	Exigir el cumplimiento del tiempo acordado para la entrega de artículos.
¿Por qué la empresa fabricante de los repuestos no tiene buenos estándares de cumplimiento?	Por que la empresa escogida no tiene buenas prácticas de manufactura.	Establecer los perfiles que debe tener un proveedor fabricante.
¿Por qué se escogió ese tipo de empresa?	Por recomendación de la alta dirección.	Concientizar al personal involucrado, de las consecuencias que tiene el recomendar fabricantes de bajo nivel.

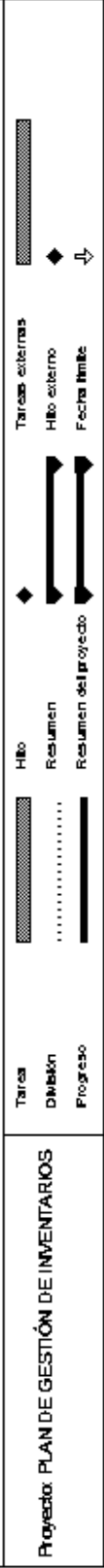
### 3.3 PLANIFICACIÓN DE ACCIONES

En esta etapa se definirá la metodología con la cual se alcanzarán las acciones propuestas en los cuadros anteriores.

En la tabla 9 se mostrará la planificación unificada de las acciones, mostrando para cada una de ellas sus recursos y su respectiva programación.

Tabla 9. Planificación de acciones

M	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Procesadores	Nombres de los recursos
1	ACTIVIDADES DEL PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS, REPUESTOS E IN SUMOS DE MANTENIMIENTO	37,13 días	vie 06/07/07	mié 29/08/07		
2	DESARROLLO DE UN PLAN DE ORIENTACIÓN Y CAPACITACIÓN DIRIGIDO A LA ALTA GERENCIA	2 horas	vie 06/07/07	vie 06/07/07		Ingeniero analista
3	CLASIFICACIÓN DE REFERENCIAS DE ACUERDO A LA ROTACIÓN, COSTO Y CRITICIDAD	10 días	vie 06/07/07	lun 23/07/07	2	Profesional asignado
4	RECOLECCIÓN DE REGISTROS HISTÓRICOS	5 días	vie 06/07/07	vie 13/07/07		Analista
5	CLASIFICACIÓN ABC	5 días	vie 06/07/07	vie 13/07/07		Analista
6	RECLASIFICACIÓN POR CRITICIDAD	5 días	vie 13/07/07	lun 23/07/07	5	Analista
7	ESTUDIO DE COSTOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE COMPRAS	5 días	lun 23/07/07	lun 30/07/07	6	Analista
8	VALORACIÓN DEL EFECTO DE CADA PEDIDO	3 días	lun 23/07/07	jue 26/07/07	7CC	Analista
9	ESTUDIO DE LOS COSTOS ASUMIDOS PARA EL SOSTENIMIENTO DEL INVENTARIO	5 días	jue 26/07/07	jue 02/08/07	8	Analista
10	VALORACIÓN DEL EFECTO DE CADA ELEMENTO DEL COSTO DE TENER	3 días	jue 26/07/07	mar 31/07/07	9CC	Analista
11	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE RESULTADOS	3 días	mar 31/07/07	vie 03/08/07	10	Ingeniero analista
12	CÁLCULO DE LA CANTIDAD ÓPTIMA DE PEDIDO QUE MINIMIZA LOS COSTOS	2 días	mar 31/07/07	jue 02/08/07		
13	CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE REAPROVISIONAMIENTO	1 día	jue 02/08/07	vie 03/08/07	12	Ingeniero analista
14	ESTABLECIMIENTO DE PERFILES DE PERSONAL Y REALIZACIÓN DE SELECCIÓN FORMAL	3 días	vie 03/08/07	mié 08/08/07	13	Recursos Humanos
15	CAPACITACIÓN PERIÓDICA AL PERSONAL QUE INTERVIENE EN LOS INVENTARIOS	15 horas	mié 08/08/07	vie 10/08/07	14	Consultor
16	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN PARA LAS DECISIONES DE COMPRAS	4 días	vie 10/08/07	jue 16/08/07	15	Ingeniero analista
17	CONDICIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE ARTÍCULOS	3 días	jue 16/08/07	mar 21/08/07	16	Ingeniero analista
18	ESTABLECIMIENTO DE PERFILES PARA FABRICANTES Y PROVEEDORES DE REPUESTOS	6 días	mar 21/08/07	mié 29/08/07	17	Ingeniero analista



### 3.4 EJECUCIÓN DE ACCIONES

Continuando con el desarrollo del ciclo CAPDo, en esta etapa se procede a la explicación detallada de cómo realizar todas las acciones que se planificaron anteriormente, de tal forma que se logre una fácil comprensión y un total cumplimiento de los objetivos, sin incurrir en posibles errores que llevarían a ejecuciones parciales y equivocadas.

3.4.1 Desarrollo de un plan de orientación y capacitación dirigido a la alta gerencia. Consiste en una estrategia de convencimiento hacia el personal dirigente de la organización que es quien toma las decisiones de mayor trascendencia. Se debe concientizar en la importancia que tienen los inventarios debido al gran monto que estos representan en el capital de la empresa, estableciendo argumentos claros sobre las ventajas de una eficiente administración, que llevan a ahorros significativos. Para esto se debe capacitar al personal en temas relacionados como pedidos óptimos, tiempos de reorden, nivel de servicio, costo de comprar, costo de tener, entre otros, (ver anexo C).

3.4.2 Recolección de registros históricos. Es la tarea en donde se recolectará toda la información de la demanda de repuestos e insumos en la organización durante un periodo de tiempo no inferior a un año, incluyendo sus respectivos costos unitarios; también será necesario conocer los tiempos estándar de entrega de cada proveedor. Esta información será recopilada de una fuente fidedigna como lo puede ser el sistema de información interno de la organización y de su calidad depende la eficacia de la gestión. Remitirse a la tabla 10, columnas 2-22.

3.4.3 Realización de clasificación ABC de inventarios. Una vez obtenidos los registros históricos, se procede a determinar la demanda promedio mensual de referencias en un periodo no inferior a un año (tabla 10 columna 21), y con el precio de referencia unitario actual (columna 22), se determina un producto que al multiplicarse por 12 meses se obtiene el monto económico anual (columna 23). Este monto al expresarse en porcentaje equivale a los valores de la columna 26. Seguidamente se determina la cantidad monetaria promedio de demanda anual acumulada (columna 24) que son los valores que al expresarlos en porcentajes equivalen al Y (columna 27).

El porcentaje acumulado de artículos X (columna 25) se calcula teniendo en cuenta el total de artículos (por ejemplo si son 10 referencias, el artículo 1 contribuye con una X de 1/10 igual a 0.1, el artículo 5 con una X del 50% y así sucesivamente. Luego se calcula el apoyo logístico A (columna 28) mediante la utilización de la ecuación 1. Por último se define una nueva combinación 10&75 o 20&80, para determinar el nuevo A y mediante la ecuación 2 se recalcula el nuevo Y, que es el que clasifica todas las referencias en tres categorías ABC.

Tabla 10. Matriz de gestión de inventarios

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
I t e m		Consumo de unidades por mes																		
R e f e r e n c i a		Ene-06	Feb-06	Mar-06	Abr-06	May-06	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	Abr-07	May-07	Jun-07	
1	D-401																			
2	B-302																			
3	L-141																			
4	M-730																			
5	A-300																			
6	B-137																			
7	F-345																			
8	C-530																			
9	D-405																			
10	A-315																			
11	A-318																			
12	A-320																			
13	D-570																			
14	M-740																			
15	B-303																			
16	J-604																			
17	D-390																			
18	G-095																			
19	N-198																			
20	P-805																			

Tabla 10. Matriz de gestión de inventarios

		Número de ítem		A actual					
		20		promedio					
1	2	21	22	23	24	25	26	27	28
	Refe rencia ítem	Demanda o Cantidad mensual usada promedio en los últimos 18 meses	Precio de Referencia Unitario	Cantidad monetaria promedio demanda anual (monto económico)	Cantidad monetaria promedio demanda anual acumulada	X Porcentaje acumulado de artículos	Porcentaje individual de demanda anual	Y Porcentaje de demanda anual acumulado	A Apoio logístico actual $= X*(1-Y)/(Y-X)$
1	D-401					5,00%			
2	B-302					10,00%			
3	L-141					15,00%			
4	M-730					20,00%			
5	A-300					25,00%			
6	B-137					30,00%			
7	F-345					35,00%			
8	C-530					40,00%			
9	D-405					45,00%			
10	A-315					50,00%			
11	A-318					55,00%			
12	A-320					60,00%			
13	D-570					65,00%			
14	M-740					70,00%			
15	B-303					75,00%			
16	J-604					80,00%			
17	D-390					85,00%			
18	G-095					90,00%			
19	N-198					95,00%			
20	P-805					100,00%			

Tabla 10. Matriz de gestión de inventarios

Nuevo A para 10 & 75 veces  
3.85%

1	2	29	30	31	32	33	34
Ítem	Referencia	Nuevo Y para A de 3.85% con $Y = X \cdot (1+A) / (A+X)$	Tipo A B C	Reclasificación de repuestos por criticidad	Nuevo Porcentaje individual de demanda anual	Nuevo Demanda anual por referencia en Unidades Monetarias con nuevo A y nuevo Y	Nuevo Demanda acumulada anual en Unidades Monetarias con nuevo A y nuevo Y
1	D-401	58,67%	A				
2	B-302	75%	A				
3	L-141	82,64%	B				
4	M-730	87,09%	B				
5	A-300	89,99%	B				
6	B-137	92,04%	B				
7	F-345	94%	B				
8	C-530	94,73%	C				
9	D-405	95,67%	C				
10	A-315	96,43%	C				
11	A-318	97,06%	C				
12	A-320	97,59%	C				
13	D-570	98,04%	C				
14	M-740	98,44%	C				
15	B-303	98,78%	C				
16	J-604	99,08%	C				
17	D-390	99,35%	C				
18	G-095	99,59%	C				
19	N-198	99,81%	C				
20	P-805	100,00%	C				

Tabla 10. Matriz de gestión de inventarios

		Lote Económico $Q = \sqrt{2DCc / CtCu}$								
1	2	35 <b>Ct</b>	36 <b>Cc</b>	37 <b>D</b>	38 <b>Cu</b>	39 <b>Q</b>	40 <b>N</b>	41 <b>T</b>		
	R e f e r e n c i a	Costo de Manejo y Almacenamiento por unidad en porcentaje del costo	Costo Unitario de reponer por pedido	Demanda promedio año a partir de la última demanda y el pronóstico próximo período	Costo unitario	Cantidad a pedir (pedido óptimo por costo) en unidades de la referencia	Número de pedidos óptimos a realizar por año	Frecuencia entre pedidos óptimos a realizar por año, en meses	Inventario recomendado por política de la empresa A=1.25 veces, B=0.75 veces y C=0.35 la D promedio.	
1	D-401									
2	B-302									
3	L-141									
4	M-730									
5	A-300									
6	B-137									
7	F-345									
8	C-530									
9	D-405									
10	A-315									
11	A-318									
12	A-320									
13	D-570									
14	M-740									
15	B-303									
16	J-604									
17	D-390									
18	G-095									
19	N-198									
20	P-805									

3.4.4 Realización de reclasificación de inventarios por criticidad. Una vez realizada la clasificación ABC se procede a la reclasificación por criticidad, teniendo en cuenta que un repuesto crítico es aquel que hace parte de un equipo crítico y además su tiempo de entrega por parte del proveedor es mayor que el tiempo de falla del equipo (tabla 10 columna 31). Con estos resultados se hace una nueva distribución del monto económico en el almacén de repuestos, (columnas 32-34).

3.4.5 Estudio de costos que intervienen en el proceso de compras y valoración de cada pedido. Remitiéndose al ítem 2.2.2 en el cual se describen todos estos costos, seguidamente se debe realizar el levantamiento de la información real anual con el apoyo de las personas concernientes. Con la totalización de esta información se determina el costo de compras anuales y con la cantidad de pedidos del mismo periodo se valorará el costo de cada pedido, (ver ecuación 4). Remitirse a la tabla 10, columna 36.

3.4.6 Estudio de costos que intervienen en el sostenimiento del inventario y su valoración. Para este estudio se deben seguir una serie de pasos, con los cuales será entendible la determinación del porcentaje del costo de tener.

- Como primera medida se debe realizar un levantamiento de la información real de los costos anuales enunciados en el ítem 2.2.3, se totalizan y con esto se determinará el costo de mantener el inventario al año (ver ecuación 5).
- Utilizar los valores de los costos unitarios con su respectiva demanda promedio anual de cada uno de los artículos que forman el inventario, se totalizan como se muestra en la siguiente tabla y con esto determinar el valor total promedio anual de los artículos.

Tabla 11. Cálculo de valor total promedio anual de inventario

Descripción	Costo Unitario $C_u$	Demanda promedio $Q/2$	Total promedio $C_u * Q/2$
Artículo 1	$C_{u(1)}$	$Q/2_{(1)}$	$C_{u(1)} * Q/2_{(1)}$
Artículo 2	$C_{u(2)}$	$Q/2_{(2)}$	$C_{u(2)} * Q/2_{(2)}$
Artículo n	$C_{u(n)}$	$Q/2_{(n)}$	$C_{u(n)} * Q/2_{(n)}$
		TOTAL	$\sum(C_{u(i)} * Q/2_{(i)})$

- Con los dos datos anteriores se procede al cálculo del porcentaje del costo de tener ( $C_t$ ), mediante el despeje en la ecuación 5. Remitirse a la tabla 11, columna 35.

Por experiencia de algunos estudios realizados sobre el tema, el valor aproximado de este porcentaje puede estar en un rango del 40% - 50% del valor total anual del almacén<sup>34</sup>.

3.4.7 Cálculo de la cantidad óptima de pedido que minimiza los costos. Como primera medida se deben conocer variables como el costo de tener (tabla 11 columna 35), costo de comprar (columna 36), demanda promedio año (columna 37) y el costo unitario del artículo (columna 38), para realizar este cálculo mediante la utilización de la ecuación 7 (columna 39).

3.4.8 Cálculo de los tiempos de reaprovisionamiento. Este cálculo se basa en el sistema de aprovisionamiento que se vaya a utilizar en cada empresa de acuerdo a políticas administrativas (tabla 11 columna 41).

3.4.9 Establecimiento de perfiles de personal y realización de una selección formal. Se desarrollará un listado de las habilidades, competencias y conocimientos que el personal que estará directamente encargado de los inventarios tendrá que poseer, con esta información se creará el perfil para cada uno de los cargos, posteriormente se realiza un proceso de evaluación de todas las cualidades descritas para determinar la idoneidad del personal existente. Si los resultados no son alentadores el siguiente paso es iniciar un proceso de selección formal que se apoyará con el perfil creado, con evaluaciones psicotécnicas, de conocimientos y estudios de seguridad.

3.4.10 Capacitación y concientización periódica al personal que interviene en los inventarios. Realización de jornadas con periodos no mayores a 1 año, donde se reúna al personal que intervenga en los inventarios como el gerente general, jefe de compras, jefe de mantenimiento, analistas de compras y almacenistas, con el fin de actualizarlos en cuanto a los diferentes cambios que ha tenido la estrategia de gestión, para con esto comprometerlos con su labor y capacitarlos para el mejoramiento en su desempeño, logrando eficiencia y autonomía en la gestión de inventarios.

---

<sup>34</sup> BOTERO BOTERO, Ernesto. Entrevista. Bogotá, 2007.

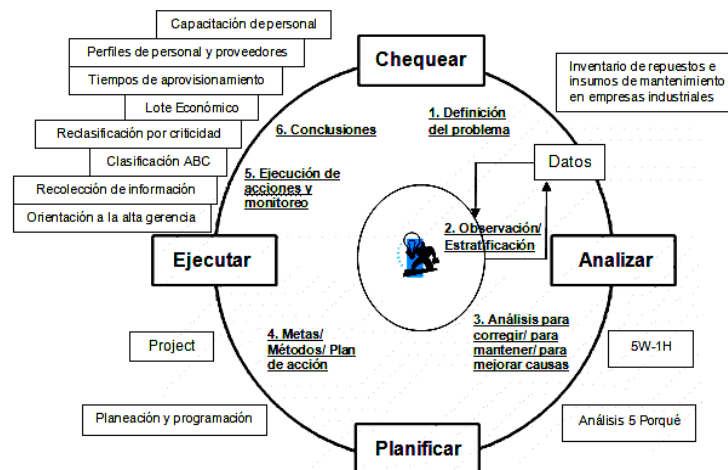
3.4.11 Realización de un procedimiento de evaluación para las decisiones de compra. Establecimiento de una política de compra donde será necesario evaluar la verdadera necesidad desde diferentes puntos de vista. Desde el punto de vista de mantenimiento se deberá determinar la criticidad y origen del repuesto, comparando con elementos del mismo tipo y teniendo en cuenta los conocimientos y experiencias obtenidas, más no solamente el concepto del fabricante de la máquina. Si no se realizan estas comparaciones se puede incurrir en la adquisición de repuestos no críticos, infuncionales, de mala calidad, etc. Desde el punto de vista del almacén y de compras se deberá determinar cual es la cantidad de pedido óptimo y el punto de reorden para cada elemento.

3.4.12 Establecimiento de normas claras de cumplimiento para la entrega de artículos. Se realizará un procedimiento donde se analice y negocie con cada uno de los proveedores locales e internacionales sus métodos y tiempos de entrega, invitándolos a mejorar sus procesos buscando nuevas alternativas que sean beneficiosas para las dos partes y recalcando que si esta situación persiste sería necesaria la anulación de relaciones comerciales.

3.4.13 Establecimiento de perfiles de proveedores y fabricantes. Se desarrollará un listado de las necesidades de la empresa desde el punto de vista de aprovisionamiento de repuestos e insumos, donde incluya características como cumplimiento, calidad, servicio, garantía, cercanía, costos, entre otros, con el fin de establecer los perfiles del modelo de empresa proveedora y así tener un modelo para la evaluación de los proveedores existentes. Con lo anterior se tendrán bases para exigir ciertos servicios o para iniciar un proceso de búsqueda de nuevas empresas.

En la figura 15 se muestra el desarrollo final del ciclo CAPDo en la gestión de este proyecto.

Figura 15. Desarrollo final del ciclo CAPDo



#### 4. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

Para la realización de un correcto análisis financiero, como primera medida se debe conocer la información real y detallada del caso en estudio. Para este caso de amplio cubrimiento en donde las fuentes de información son tan variadas, poco exactas, algunas de difícil recolección, es necesario tomar un caso representativo para el análisis en mención, dado que este reúne las condiciones más cercanas a la realidad de una empresa con problemas de inventarios.

Observando los casos de la figura 2, se seleccionó la multinacional minera DRUMMOND LTD, por ser la empresa industrial que representa uno de los mayores inventarios en el país, con un alto crecimiento en tan corto tiempo, lo que la convierte en un caso crítico.

Para la realización del análisis financiero se utilizará el modelo de flujo de caja incremental<sup>35</sup>, siendo este la diferencia entre el flujo de caja CON modelo de gestión de inventarios y el flujo de caja SIN modelo de gestión o proyección hacia el futuro.

A continuación se explicarán los procedimientos de cálculo realizados en cada uno de los flujos de caja.

##### ◇ **Flujo de caja sin modelo**

- Ingresos: Referente a esta parte los almacenes de repuestos no generan entradas de dinero, por el contrario solo generan costos.
- Costo de mantener el inventario al año: Para establecer este costo se contó con resultados de diferentes estudios realizados por algunos consultores<sup>36</sup>, donde afirman que este está alrededor del 40% - 50% del valor total del inventario al año. Se utilizó el 40% con la razón de tener un análisis optimista y cada año varía proporcionalmente al valor total del inventario.
- Costo de compra anual: Se estableció un promedio de pedidos mensuales igual a 2000 según reporte de fuente secundaria, y un costo por pedido de

---

<sup>35</sup> CUERVO DE FORERO, Adriana. Evaluación de Proyectos de Inversión. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, Doin, 199\_? p. 11-13.

<sup>36</sup> BOTERO, Entrevista, Op. cit.

aproximadamente \$1.000.000 por recomendación de consultor<sup>20</sup> con experiencia en estudios en empresas similares.

- Inversiones: La tendencia de inversión es de aproximadamente el 30% del valor total del inventario del año anterior.
- Valores de salvamento/venta de activos: Este valor se estima alrededor del 30% del valor total del inventario en el último año.

◇ ***Flujo de caja con modelo***

- Ingresos: Igual que en el flujo de caja SIN modelo los almacenes de repuestos no generan entradas de dinero, por el contrario solo generan costos.
- Costo de mantener el inventario al año: Para establecer este costo se contó con resultados de diferentes estudios realizados por algunos consultores, donde afirman que este está alrededor del 40% - 50% del valor total del inventario al año. Se utilizó el 40% con la razón de tener un análisis optimista y cada año se determina de acuerdo al valor total del inventario.
- Costo de compra anual: Por recomendación de expertos la reducción en el número de pedidos puede llegar alrededor del 25% y con un valor de \$1.000.000 por pedido se calcula el valor de compras al año correspondientes a \$18.000.000.
- Costo de implementación del modelo: En esta etapa solamente se requiere la capacitación de todo el personal relacionado con inventarios, con el fin de cambiar su ideología y reasignar funciones. La capacitación debe ser reforzada en periodos no mayores a 2 años<sup>21</sup>.
- Inversiones: La tendencia es a mantener o disminuir el capital existente en inventario.
- Valores de salvamento/venta de activos: Este valor se estima alrededor del 30% del valor total del inventario en el último año.

En las siguientes tablas se muestran los flujos de caja del almacén de repuestos SIN modelo y CON modelo de gestión, reflejándose en el flujo de caja incremental sustanciales ahorros año a año.

---

<sup>20</sup> Ibíd.

<sup>21</sup> Ibíd.

## ANÁLISIS FINANCIERO DEL PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

Cifras en miles de pesos moneda constante año 0

Tabla 12. Flujo de caja SIN modelo

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS	0	0	0	0	0	0
- COSTO DE MANTENER INVENTARIO AL AÑO	111.687.652	145.193.948	188.752.132	245.377.771	318.991.103	414.688.434
- COSTO DE COMPRA AL AÑO	24.000.000	24.000.000	24.000.000	24.000.000	24.000.000	24.000.000
DÉFICIT	-135.687.652	-169.193.948	-212.752.132	-269.377.771	-342.991.103	-438.688.434
- INVERSIONES (Repuestos)	279.219.130	83.765.739	108.895.461	141.564.099	184.033.329	239.243.327
+ VALOR DE SALVAMENTO/ACTIVOS						311.016.325
<b>FLUJO DE CAJA NETO SIN PROYECTO</b>	<b>-414.906.782</b>	<b>-252.959.687</b>	<b>-321.647.593</b>	<b>-410.941.870</b>	<b>-527.024.431</b>	<b>-366.915.436</b>

Tabla 13. Flujo de caja CON modelo

INGRESOS	0	0	0	0	0	0
- COSTO DE MANTENER INVENTARIO AL AÑO	111.687.652	111.687.652	111.687.652	111.687.652	111.687.652	111.687.652
- COSTO DE COMPRA AL AÑO	18.000.000	18.000.000	18.000.000	18.000.000	18.000.000	18.000.000
- COSTOS DE CAPACITACIÓN	4.000		4.000		4.000	
- COSTOS DE AUDITORIAS	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
DÉFICIT	-129.701.652	-129.697.652	-129.701.652	-129.697.652	-129.701.652	-129.697.652
- INVERSIONES (Repuestos)	279.219.130	0	0	0	0	0
+ VALOR DE SALVAMENTO/ACTIVOS						83.765.739
<b>FLUJO DE CAJA NETO CON PROYECTO</b>	<b>-408.920.782</b>	<b>-129.697.652</b>	<b>-129.701.652</b>	<b>-129.697.652</b>	<b>-129.701.652</b>	<b>-45.931.913</b>
<b>FLUJO DE CAJA INCREMENTAL CON - SIN</b>	<b>5.986.000</b>	<b>123.262.035</b>	<b>191.945.941</b>	<b>281.244.218</b>	<b>397.322.779</b>	<b>320.983.523</b>

El flujo de caja incremental muestra los grandes ahorros que la empresa obtendría año a año, mediante la aplicación del modelo de gestión de inventarios.

## 5. ANÁLISIS AMBIENTAL

La prevención de la contaminación implica el uso de materiales, procesos o prácticas que reducen o eliminan la generación de contaminantes o residuos en la fuente, es decir, en la misma industria. Al evitar los residuos, las empresas eliminan los problemas de su tratamiento y disposición, lo que les ahorra dinero y les permite concentrarse en sus objetivos principales de brindar bienes o servicios. La prevención de la contaminación incluye prácticas que reducen el uso de materiales peligrosos y no peligrosos, energía, agua y otros recursos, así como estrategias para proteger los recursos naturales a través de su conservación o uso más eficiente.

En un almacén de repuestos e insumos se podría llegar a afirmar que no existen riesgos para el ambiente, pero si se profundiza en el tema se descubrirá que en el se manipulan infinidad de elementos que de acuerdo a su origen, aplicación y la disposición que se tenga, puede llegar a afectar en menor o alto grado el ambiente circundante o externo; por tal motivo existen prácticas que reducen estos riesgos y la buena gestión de los inventarios, aportan en gran medida a reducirlos; ya que al optimizar la rotación de los elementos se garantiza el menor tiempo de permanencia en el almacén, reduciendo la posibilidad de vencimiento de estos y evitando disposiciones finales equivocadas. Ejemplo de esto son las pinturas, lubricantes, limpiadores, disolventes, refrigerantes, repuestos en caucho, baterías, entre otros. Si por algún motivo se llega a incurrir en la degradación de algún artículo se deben tener buenas prácticas de disposición final de residuos donde se logre la reducción del volumen de estos, su recuperación o transformación para reducir al máximo sus efectos negativos.

También están ciertas prácticas operativas que aportan y adicionalmente permiten mantener ordenado y aseado el almacén como sitio de trabajo.

- Establecer controles de calidad en la recepción de elementos, asegurándose del buen estado de estos.
- Los elementos químicos deben ser aislados de acuerdo a su composición en sitios ventilados y perfectamente demarcados.
- Mantener perfectamente sellado envases con diferentes productos, para evitar emanación de vapores tóxicos o combustibles.
- Los repuestos deben estar perfectamente sellados en bolsas independientes, para evitar degradación por contacto con el ambiente.

- Los repuestos de caucho tienen un periodo de conservación de sus propiedades de aproximadamente 2 años, por tal motivo deben estar almacenados evitando la luz solar, la humedad, la tensión y torsión constantes.
- Lubricantes perfectamente sellados y con dispositivos dispensadores.
- Mantener todos los sitios del almacén perfectamente limpios, ya que estos sitios son propensos a tener ambientes con alto grado de material particulado en el aire (polvo).
- Diseñar sus sistemas de iluminación por zonas para tener ahorros de energía.
- La reutilización de envases y empaques para otras labores evita disposiciones finales equivocadas.
- Implementar planes de reciclaje para ciertos elementos que se dan de baja como aceros, plásticos, cartones, alambres, mangueras, etc.
- Implementar programas de ahorro de agua en puntos estratégicos como lavados, inodoros y demás sitios en el almacén.

## 6. CONCLUSIONES

Con la elaboración y respectivo análisis del plan de gestión de inventarios, se concluyen los siguientes puntos.

- A partir del desarrollo del ciclo CAPDo se logró estructurar el plan de gestión de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento para empresas industriales, encontrando por medio de este los principales problemas que existen en los almacenes de repuestos en nuestro país, debido a la mala administración o al manejo inadecuado, estableciendo posteriormente una serie de acciones que al ejecutarlas permiten que una empresa industrial minimize sus costos y aumente la productividad.
- Mediante el análisis financiero se demostró que las empresas industriales con tendencia constante, en el valor del inventario de sus almacenes de repuestos, son las que evidencian buenas prácticas administrativas que a la vez se reflejan como ventajas competitivas frente a otras empresas del sector por el ahorro en los costos de inventario, mediante la aplicación de una herramienta gerencial que permite analizar estadísticamente una serie de variables e indicadores de gestión.
- Una buena gestión de inventarios aporta en gran medida a la reducción de la contaminación ambiental, ya que permite controlar los riesgos en que se puede incurrir con el manejo de infinidad de materiales presentes en un almacén de repuestos e insumos.

## BIBLIOGRAFÍA

ARCINIEGAS ÁLVAREZ, Carlos Alberto. Administración Productiva Total. Sertesa, 92 p.

BOTERO BOTERO, Ernesto. Administración de Almacenes e Inventarios. Bogotá: Escuela de Administración de Negocios. 1997. 96 p.

BOTERO BOTERO, Ernesto. Entrevista. Bogotá, 26 de Mayo, 6 de Junio, 2007.

CUERVO DE FORERO, Adriana. Evaluación de Proyectos de Inversión. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, Doin, 199\_? p. 1-36.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, Doin, 199\_? p. 103-108.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II: Monografía de Especialización. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, Doin, 199\_? p. 29-61.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín, Colombia: Ultragráficas, Noviembre. 2005. p 225-242.

MOREA, Lucas. Inventarios. Available from Internet:  
<<http://www.monografias.com/trabajos15/inventario/inventario.shtml#intro>>

PULIDO, José. Gestión de Inventarios y Almacenes. Available from Internet:  
<[http://www.wikilearning.com/conceptos\\_basicos-wkccp-12105-2.htm](http://www.wikilearning.com/conceptos_basicos-wkccp-12105-2.htm)>

SCHROEDER, Roger G. Administración de Operaciones. 3 ed. México: McGraw Hill, 1992. p 453-485.

TAYLOR III, Bernard and RUSSELL, Roberta. Operations Management. 4 ed. New Jersey: Pearson Education, 2003. p 453-483.

WILLIAMSON, Miryam. The Push of Pull. Warwick, July.1997. Available from Internet: <[http://www.cio.com/archive/webbusiness/070197\\_push.html](http://www.cio.com/archive/webbusiness/070197_push.html)>