

30521
17



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"**

**CONTROL DE INVENTARIOS EN UNA EMPRESA DEL RAMO
METAL - MECANICA DEDICADA A LA FABRICACION DE
TUBOS DE ACERO**

**TRABAJO DE SEMINARIO
DE TITULACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
OMAR ARTURO DOMINGUEZ AZPEITIA**

ASESOR: ING. QUIMICO GENARO SANCHEZ RAMOS

MEXICO, D. F.

MAYO 2003



A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/023/03

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: DOMINGUEZ AZPEITIA OMAR ARTURO
P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	I.B.Q. Lorenzo Rojas Hernández
Vocal:	I.Q. Genaro Sánchez Ramos
Secretario:	Dr. Roberto Mendoza Serna
Suplente:	I.Q. Gonzalo Rafael Coello García
Suplente:	I.Q. José Mariano Ramos Olmos

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D. F., 13 de Mayo de 2003

EL JEFE DE LA CARRERA

M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA

B

AGRADECIMIENTOS

A mis padres.

Agustina Azpeitia Hernández

Mujer en toda la extensión de la palabra que con tanto esfuerzo, sacrificio, firmeza y cariño ha logrado sacarme adelante y hacer de mí la persona que ahora soy, inculcándome el trabajo arduo, la responsabilidad, disciplina y sentido de superación que ya forman parte de mi vida cotidiana. Gracias Mamá.

Javier Domínguez Hernández

Por haber aprendido a ser mi amigo, por sus enseñanzas, por sus sabias palabras, por su filosofía de la vida, por su ejemplo de fortaleza al haber superado tantas adversidades, por su apoyo, su amor hacia la vida y a sus hijos, por demostrarme que los sueños pueden convertirse en realidad si se camina prudentemente por el sendero que lleva hacia ellos, y sobre todo gracias por ser mi padre.

A mis hermanos.

Duilio Domínguez

Por haber cuidado de mí y guiarme con tu ejemplo y experiencia por el camino que me ha llevado a donde ahora me encuentro, por que gracias a ti aprendí el oficio de ser hombre, por todo lo que me has enseñado, por tu amor paternal, de hermano y sobretodo de amigo.

Gloria Domínguez

Por haber crecido y aprendido juntos a vivir y sobresalir en la vida, por haber soportado conmigo la adversidad mano con mano y por estar siempre conmigo a pesar de la distancia. Te quiero mucho.

A Beatriz Sánchez Ortiz.

Por darme el mejor de los principios al haberme guiado hacia el primer peldaño de la cuesta profesional que aún sigo ascendiendo. Por su amistad y cariño, gracias.

A Moisés Cano Mújica.

Por cultivar en mí el gusto por la ciencia y por la química particularmente.

A mi Alma Mater.

Por que en sus aulas obtuve los conocimientos que me permitieron realizar mi formación profesional.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. SITUACIÓN DE LA EMPRESA	
1.1. Antecedentes Históricos de la Empresa	4
1.2. Características Generales de la Empresa	4
1.2.1. Visión, Misión y Valores de la Empresa	4
1.2.2. Productos	5
1.2.3. Proceso de Producción	6
1.2.4. Características Generales del Producto	6
1.2.5. Clientes	7
1.3 Cadena Productiva	8
1.3.1. Planeación y Control de la Producción	8
1.3.2. Inventario de Producto Terminado	10
1.3.3. Ventas y Distribución	11
1.4. Análisis y Evaluación de la Problemática Presente en la Empresa	11
CAPÍTULO 2. SISTEMA ACTUAL DE INVENTARIO DE MATERIALES	
2.1 Política de Inventarios	17
2.1.1. Sistema de Abastecimiento y Control de los Materiales	17
2.1.2. Acuerdos con Proveedores	19
2.2 Problemática Actual en el Sistema de Inventarios de Materia Prima	19
2.2.1. Análisis de las Causas	20
2.2.2. Descripción Cualitativa del Estado Futuro Deseado	21
CAPÍTULO 3. TEORÍA DE INVENTARIOS	
3.1. Teoría de Inventarios	24
3.1.1. Tipos de Inventario	25
3.1.2. La Gestión de Inventarios	28
3.1.3 Factores de Influencia en los Inventarios	30
3.1.4. Objetivos de la Gestión de Inventarios	33
3.1.5. Medidas de Rendimiento de los Sistemas de Inventario	34
3.1.6. Gestión de la Reposición de Existencias	35
3.1.7. Costos de Inventario	38
3.2 Sistemas de Demanda Independiente	41
3.2.1 Determinación de la Cantidad Económica a Ordenar	41
3.2.2. Regla Peterson Silver	48
3.2.3. Efecto de la Variación de la Demanda y de los Tiempos de Suministros Sobre las Existencias	49

E

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE INVENTARIOS PROPUESTO

4.1. Procedimiento General para el Análisis de la Situación de la Empresa	55
4.1.1. Instrumento de Captura de Información	56
4.1.2. Análisis de Información	56
4.2 Descripción de la Propuesta así como del Análisis de Factibilidad	57
4.2.1. Metodología para la Determinación de la Cantidad Económica a Ordenar, Inventario de Seguridad y Punto de Reorden	59

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Resultados Generales	72
5.1.1. Selección del Modelo de Cantidad Económica a Ordenar	72
5.1.2. Costos por Mantener en Inventario	74
5.1.3. Costos por Ordenar	77
5.1.4. Costos por Faltantes	78
5.1.5. Punto de Reorden	79

5.2. Evaluación	80
-----------------------	----

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
---	----

BIBLIOGRAFÍA	88
---------------------------	----

APÉNDICE A	89
-------------------------	----

APÉNDICE B	94
-------------------------	----

APÉNDICE C	95
-------------------------	----

F

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente globalización de la economía las fronteras entre naciones, en lo referente a las relaciones comerciales, tienden a desaparecer paulatinamente y la competitividad constituye un factor esencial de supervivencia para cualquier empresa o negocio. Entre los muchos factores que afectan dicha competitividad de una empresa, se encuentra el nivel de satisfacción de los clientes, es decir, el nivel de probabilidad de suministro oportuno a éstos.

Entre las estrategias para lograr un alto nivel de servicio se encuentran la planeación y evaluación de la producción y el control de inventarios, donde una buena administración resulta en un incremento en la productividad y los niveles de competitividad y eficiencia que demanda el mercado globalizado. Es lógico entonces que una empresa con una gestión deficiente en éstas áreas, le resulte difícil competir en un mercado cada vez más exigente y estricto, cuya expansión representa un riesgo si no presente, si futuro para sus operaciones y presencia en el mercado.

No obstante que un alto nivel de servicio al cliente es indispensable para poder ser competitivo, el asegurar un nivel de servicio aceptable puede resultar en la manutención de altas cantidades de materiales o producto terminado en inventarios, lo cual representa costos fijos elevados para el almacén, puesto que éstos inventarios son una inversión atada permanentemente para evitar desabastecimientos a los clientes. A la hora de valorar el nivel de servicio, se debe fijar esta inversión y contraponer el costo que supone no abastecer a una proporción de clientes, con los costos de mantener un elevado inventario de seguridad.

Aunado a la disponibilidad del suministro, los inventarios de seguridad funcionan como amortiguadores entre las variaciones en la demanda en el horizonte de planeación considerado y el abastecimiento de materiales poco oportuno por parte de los proveedores, por lo que muchas veces es difícil prescindir de ellos.

Así, el lograr una buena gestión de inventarios implica el equilibrar un alto nivel de servicio al cliente con los costos involucrados tanto en la administración como en la manutención de productos o materiales en almacén, con lo cual una empresa puede aumentar su rentabilidad en el caso de que su gestión de inventarios fuese deficiente. Por tanto, este estudio pretende demostrar los puntos anteriores bajo el siguiente objetivo:

“Proponer un sistema de gestión de inventarios de materiales y de producto terminado, para un producto en particular en una empresa fabricante de tubos de acero, enfocado a reducir los costos asociados a la administración de los mismos manteniendo un alto nivel de servicio”

En esta investigación se realizó un análisis general en el sistema productivo de la empresa “Productos Especializados de Acero, PEASA S.A. de C.V.”, dedicada a la fabricación de tubos de acero, con el fin de identificar los problemas referentes a la gestión de inventarios actual y realizar una propuesta de solución concreta.

Al realizar el análisis fue posible identificar las causas de los principales problemas y se propusieron acciones correctivas que permitieran mejorar el sistema operativo y productivo de la empresa.

El abastecimiento no oportuno de los materiales con sus consecuentes paros de línea, producción con tiempo extra e inventario de seguridad excedente de producto terminado, fueron identificados como los problemas principales en la gestión de inventarios.

En este rubro, la empresa mantiene un alto nivel de Inventario de Seguridad de Producto Terminado (ISPT), al ocuparse de mantener un alto nivel de servicio al cliente sin considerar los costos involucrados en la manutención y administración de grandes cantidades de producto en almacén, lo cual se agrava al notar que tampoco se toman en cuenta los tiempos de entrega por parte de proveedores y la demanda de materiales que se tendrá en este lapso.

Así, a fin de contrarrestar el problema principal, la propuesta plantea la determinación de un inventario de seguridad de materiales óptimo; un ISPT en base a un nivel de servicio específico; un punto de reorden que considere éste ISPT y la demanda esperada durante el tiempo de reabastecimiento por parte del proveedor; así como una cantidad económica a ordenar que considera los costos por realizar pedidos (costos por ordenar) y costos por mantener en inventario.

Finalmente, se realizó la comparación entre los costos del método propuesto y del utilizado actualmente por la empresa, efectuándose posteriormente un análisis económico a la diferencia entre ambos, determinando de esta forma el costo de oportunidad que pierde la empresa al emplear el método actual.

CAPITULO I

SITUACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA EMPRESA

La empresa denominada Productos Especializados de Acero, PEASA S.A. de C.V., inició formalmente operaciones en el año de 1961 fabricando productos tubulares comerciales. Posteriormente diversificó su producción hacia la industria automotriz y al sector de tubos de precisión de la industria metal-mecánica. Sus instalaciones fabriles y administrativas se encuentran ubicadas en Poniente 134, No. 854 en el complejo Industrial Vallejo, al norte del Distrito Federal.

En el año de 1988, PEASA incursiona en la producción de sistemas de escape para equipo original. El siguiente año, celebra un convenio de asistencia técnica con la empresa japonesa *Calsonic Corp.*, una de las más importantes a nivel mundial en su categoría y otros componentes para la industria automotriz.

Desde mediados de 1993, PEASA entra a un proceso de transformación, reorganizando su estructura y actividades en sus diferentes mercados activos. Así, a partir de 1994 se crean dos divisiones con operaciones totalmente independientes: *PEASA Tubería* y *PEASA Automotriz*.

1.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA EMPRESA

1.2.1. Visión, Misión y Valores de la Empresa

PEASA *División Tubería* es una compañía del ramo metal-mecánica dedicada a la producción de tubos de acero de tipo mecánico, galvanizado, conduit, flux y estirado en frío.

Visión

“Lograr el reconocimiento y prestigio de nuestra empresa tanto en el mercado nacional como el internacional”.

Misión

“Fabricar y suministrar productos de calidad competitivos para cumplir con las exigencias de nuestros clientes. Lograr la permanencia y conquistar nuevos mercados nacionales e internacionales manteniendo siempre una actitud de mejoramiento continuo en todas nuestras actividades”.

Valores

- *Calidad humana*
- *Habilidad competitiva*
- *Objetivos claros*
- *Saber aprovechar los cambios*
- *Organización simple*
- *Personas comprometidas*
- *Trabajo en equipo*
- *Franqueza*
- *Responsabilidad*
- *Calidad de servicio*

1.2.2 Productos

PEASA División Tubería ofrece hoy en día una amplia gama de productos como tubos galvanizados, tubo *conduit* para instalaciones eléctricas marca "JÚPITER", tubo estirado en frío para la fabricación de amortiguadores y gatos hidráulicos; tubo flux, tubos de precisión para calderas e intercambiadores de calor, tubo mecánico, tubo hidráulico para partes automotrices y equipo neumático.

1.2.3 Proceso de producción

A grandes rasgos, el proceso general de producción que se tiene para la mayoría de los tubos que comercializa la empresa es el siguiente:

- Recibo de Materia Prima (lámina).
- Decapado.
- Corte en cortacintas.
- Rolado en caliente.
- Soldado.
- Inspección visual.
- Corte a medida.
- Biselado de extremos.
- Sometimiento a pruebas (Normas ASTM).

El proceso detallado de producción no es descrito en el presente trabajo debido a la poca relación con los propósitos del mismo.

1.2.4 Características generales del producto

De los diferentes productos que comercializa la empresa, el que se tomó en cuenta para el desarrollo del presente estudio fue el tubo redondo de acero al carbón de 3" para uso mecánico, fabricado con lámina rolada en caliente, soldado por resistencia eléctrica y cuyas especificaciones generales se detallan en la tabla 1.1.

Tipo de Tubo	ASTM A513 T-1		
Código	A.W.H.R.		
ESPECIFICACIONES			
Diámetro Exterior (D)	(in)	Diámetro Interior (d)	(in)
<i>Mínimo</i>	2.9920	<i>Mínimo</i>	2.937
<i>Nominal</i>	3.0000	<i>Nominal</i>	2.940
<i>Máximo</i>	3.0080	<i>Máximo</i>	2.943
Espesor (e)	(in)	Longitud (L)	pies (ft)
<i>Mínimo</i>	0.055	<i>Mínimo</i>	9.843
<i>Nominal</i>	0.060	<i>Nominal</i>	11.483
<i>Máximo</i>	0.065	<i>Máximo</i>	13.123

Tabla 1.1. Especificaciones tubo de acero al carbón de 3".

1.2.5. Clientes

Los principales clientes de PEASA, son los siguientes:

- Y SACHS BOGE
- Y GABRIEL
- Y TAMER
- Y CIMA
- Y MERITOR
- Y FLEX'N GATE
- Y VOLKSWAGEN
- Y IND AUTOMOTRIZ
- Y INDUSTRIA AUTOMOTRIZ R.C.

1.3 CADENA PRODUCTIVA

1.3.1. Planación y control de la producción

En la figura 1.1, se muestra el sistema de planeación y control de la producción en la empresa.

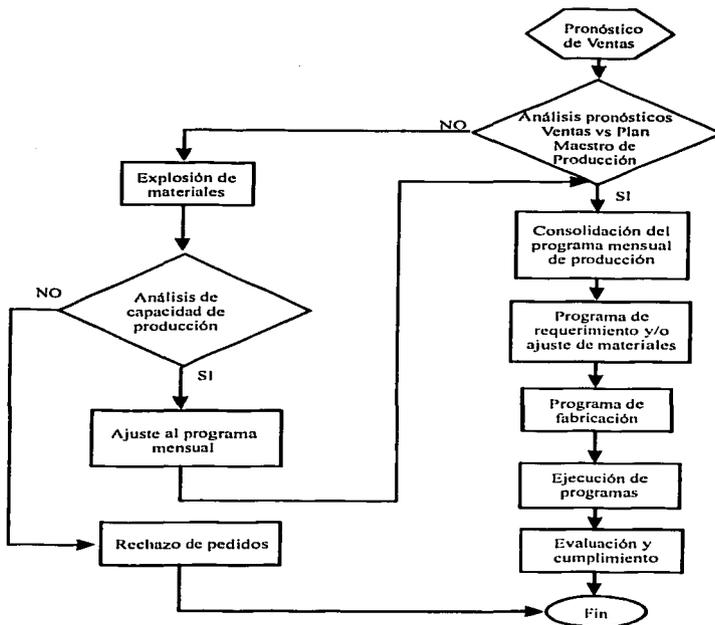


Figura 1.1. Sistema de Planeación de la Producción.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Pronósticos

Los pronósticos se llevan a cabo en el área de ventas con base en el promedio de los últimos 12 meses con una anticipación de 1.5 meses, esto debido al máximo tiempo de entrega de materia prima que han presentado los proveedores y con la finalidad de evitar retrasos en la producción. Los pronósticos se comparan con la demanda real para conocer la variación que existe y ajustar el método. El Departamento de Planeación y Control de la Producción (DPyCP) realiza la verificación de las proyecciones de demanda y algunas veces lleva a cabo ajustes sin el consentimiento o aprobación del Departamento de Ventas. Es aquí donde se origina una duplicidad de funciones al tener cada departamento proyecciones de demanda diferentes, lo que posteriormente ocasiona problemas con los niveles de inventarios y la planeación de la producción, lo cuál se analiza más adelante.

Análisis de pronóstico de ventas contra Plan Maestro de Producción

Una vez que el DPyCP cuenta con un pronóstico de demanda, realiza un análisis de la capacidad de la planta para determinar si es posible satisfacer la demanda proyectada. Cuando se ha establecido que es posible cubrir la demanda en cuestión, dicho departamento junto con su similar de Coordinación de Operaciones realizan un Plan Global y un Programa Mensual de producción, en el cuál se calendarizan las actividades para determinar el ¿Qué, cuando y cuanto? se va a producir.

En el caso de que la capacidad instalada de la planta no fuera suficiente para satisfacer la demanda pronosticada, puede darse el caso de rechazar algunos pedidos o cubrirlos ya sea mediante la fabricación de productos con tiempo extra o mediante "outsourcing", dependiendo de la magnitud del exceso en la demanda.

Fijado el programa mensual de producción, se lleva a cabo la determinación del requerimiento o "explosión" de materiales para dar cumplimiento a lo anterior.

Evaluación del cumplimiento de producción

Para evaluar el cumplimiento de producción, simplemente se compara la real con la proyectada en el programa mensual. Esto permite analizar las variaciones existentes y optimizar el sistema de planeación. Dicha comparación se realiza de manera semanal, mensual y anual. Generalmente, el programa mensual de producción se cumple en un 90 %, lo demás se cubre mediante el empleo de tiempo extra.

Los factores que comúnmente ocasionan un retraso en el programa de producción son:

- Abastecimiento inoportuno de materiales.
- Falta de mantenimiento preventivo de máquinas y herramientas.
- Abastecimiento de materiales fuera de tiempo.

1.3.2. Inventario de producto terminado

El inventario de producto terminado comprende los productos terminados listos para venta. La política de inventario es de revisión periódica; cada periodo es de seis meses y con monitoreo mensual. En los productos con mayor demanda la revisión es continua.

La cantidad promedio mantenida en inventario es variable, sin embargo, para evitar pérdida de clientes por falta de producto terminado, la empresa mantiene un promedio de 15 días de consumo como inventario de seguridad. El nivel de éste lo determina el Departamento de Coordinación de Operaciones. Con esta política jamás se llegan a niveles de cero productos terminados.

De igual forma, se lleva un registro en el volumen de las pérdidas y en los productos con deterioros, se corrigen las causas por las que el producto no cumplió con los estándares de calidad.

1.3.3 Ventas y Distribución

El Departamento de Servicio al Cliente (Ventas) tiene como funciones principales el establecer contacto con los clientes para la atención de pedidos, la elaboración de pronósticos, definición de las políticas de descuentos, plazos de pago y fechas de entregas de productos, así como la estrategia de ventas.

El tiempo de entrega por parte de la empresa, desde que se recibe la orden de compra hasta el suministro, es de 48 horas.

Entre las estrategias del Departamento de Ventas se encuentran el crédito a clientes, descuentos por pagos oportunos del 3 al 5 % y descuentos por promoción. Respecto a las condiciones de pago, el plazo que se maneja es de 30 días.

1.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA PRESENTE EN LA EMPRESA

Cultura Organizacional

A pesar de que uno de los principales valores de la empresa es el trabajo en equipo, esto no se ve reflejado en la realidad, ya que cada departamento o área realiza sus funciones de manera un tanto independiente de los demás. Aunque se realizan periódicamente juntas de trabajo, la organización interdepartamental deja mucho que desear respecto a la labor conjunta con un fin común. Cada departamento trabaja bajo distintas formas, normas y procedimientos, y aunado a la falta de comunicación entre ellos, origina retrasos mutuos en sus funciones que se traducen en costos innecesarios, paros de línea, horas extras y falta de materiales, entre otros.

Planeación y control de la producción

La falta de comunicación se pone de manifiesto en el hecho de que el DPyCP realiza un pronóstico de demanda a la par del Departamento de Ventas. Esto ocasiona un descontrol en la producción y manejo de inventarios debido al flujo de información diferente.

Aunado a esto, al realizar la requisición de materiales necesarios para satisfacer el plan mensual de producción, el DPyCP no toma en cuenta con la debida atención los registros de compra ni de inventario; así como los tiempos de entrega de los materiales por parte de los proveedores para hacer el ajuste de materia prima a ordenar. La reposición de existencias se asemeja a un sistema de reposición de carácter periódico¹, donde no importando el nivel de existencias, se lanza una orden de adquisición de materiales enfocada a satisfacer la demanda de un cierto período corriendo el riesgo de desabastecer la demanda de otros. Esto es, al realizar la explosión de materiales para satisfacer el plan mensual de producción, sólo se toma en cuenta la demanda pronosticada sin considerar inventarios tanto de producto terminado como de materia prima, stocks de seguridad, ni pedidos aún no surtidos. Esto puede resultar en el establecimiento de un Plan Maestro de Producción que genere un exceso o una falta en inventarios, cuyos costos inherentes pueden repercutir en forma perjudicial a la salud financiera de la empresa.

Lo anterior se refleja en la falta de materiales para la producción que en determinado momento tiene la empresa, extendiéndose el problema hasta el Departamento de Producción, el cuál se ve forzado a realizar paros de línea. Esto ocasiona una fabricación posterior con horas extras, de productos cuya materia prima no se encontraba disponible al tiempo normal de su fabricación, incurriendo así en costos innecesarios, falta de productividad y eficiencia.

¹ El concepto de inventarios periódicos y de otros tipos, se explica con detalle en el capítulo 3.

Aunado a la problemática de los abastecimientos, se menciona la mala administración de mantenimiento preventivo lo que provoca que se presenten fallas continuamente, por lo que se considera que mejorando el mantenimiento de los equipos se puede incrementar la producción.

Almacén de Materia Prima

El problema en este rubro radica en el hecho de que las órdenes a los proveedores no se realizan tomando en cuenta los costos que implica el realizarlas. El Departamento de Compras no lleva a cabo el estudio económico de las requisiciones al no contar con un punto de reorden y un lote económico de materiales enfocados a disminuir los costos por ordenar.

Proveedores

Aunado a la duplicidad de funciones, la falta de definición de éstas ocasiona por ejemplo, que la evaluación y desarrollo de proveedores, que debiera ser responsabilidad del Departamento de Compras, lo realice el Departamento de Calidad. Esto propicia que la información que se tiene no sea aprovechada adecuadamente y que se vea disminuida la productividad al tener departamentos mal organizados. Por otro lado, las órdenes de compra se hacen sin tomar en consideración factores económicos importantes como lo son el punto de reorden y el lote económico de materiales, agravando aún más la situación.

Inventario de Producto Terminado

Debido a la política de satisfacción total del cliente y a fin de evitar faltantes de producto terminado, se mantiene un inventario de seguridad de 15 días, el cuál es establecido por la Coordinación de Operaciones. Dicha cantidad de inventario se ha establecido para amortiguar la falta de inventario de materia prima para la producción, lo cuál ya se discutió anteriormente. Sin lugar a dudas, los costos que implica mantener este inventario son muy altos debido a la magnitud de la producción.

Una vez identificados los problemas principales que presenta la empresa, resulta imperioso determinar en qué área o departamento se originan la mayoría de éstos, para posteriormente ejercer la acción correspondiente y disminuirlos o eliminarlos. La identificación de dichas áreas se realizó mediante la elaboración de un diagrama causa-efecto (Fig. 1.2), tomando como problema principal el control de inventarios de producto terminado, debido a que en éste se reflejan más fácilmente los costos generados por todos los problemas ya analizados. De acuerdo a esto, el capital invertido en un exceso de inventario de producto terminado puede estar generando pérdidas para la empresa.

A partir del mencionado diagrama, se identificaron y jerarquizaron los eventos o causas más importantes del problema (Falta de control en el inventario de producto terminado), relacionándolos con las áreas donde se originan. Esto se ilustra en la tabla 1.2.

Como puede observarse, donde se presentan el mayor número de problemas es en el área de compras y almacén de materiales, así como en el factor comunicación. Las áreas de almacén de materiales y compras son las de mayor importancia debido a que los problemas generados en ellas repercuten en todas las demás. La comunicación es también un factor de peso, ya que ésta es deficiente en áreas clave, generando una proporción importante de los problemas identificados.

De acuerdo a todo lo anterior, se determinó que el control y abastecimiento de materiales aunado a la comunicación, son las áreas que mayores problemas presentan para la empresa. En base a este resultado, en el siguiente capítulo se describirán el sistema de inventario de materiales que actualmente se maneja, haciendo mención de los problemas particulares del área, así como el estado futuro que se desea.

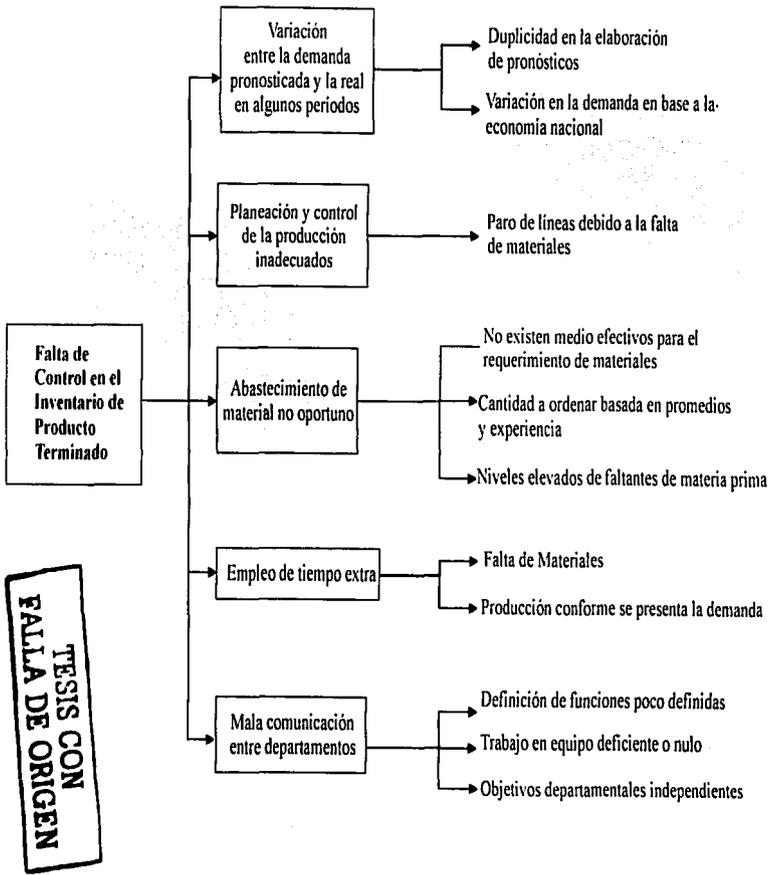


Figura 1.2 Diagrama Causa-Efecto. Identificación de áreas problemáticas.

Área o factor	Problemas Observados
Compras y Almacén de Materiales	<ol style="list-style-type: none"> 1. No existen medidas de control para el requerimiento de materiales. 2. Cantidad a ordenar basada en promedios. 3. Falta de definición de políticas y procedimientos para la relación con proveedores. 4. Falta de materiales.
Comunicación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comunicación deficiente entre departamentos. 2. Cumplimiento de objetivos independientemente de los demás departamentos. 3. Ausencia de trabajo en equipo. 4. Definición de funciones no delimitadas. 5. Duplicidad de funciones.
Pronósticos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Duplicación en la elaboración de pronósticos. 2. Variación en la demanda pronosticada y la real. 3. Fluctuaciones en la demanda por cambios en la economía.
Producción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Paros de línea por falta de materiales y producción mediante el empleo de tiempo extra. 2. Mantenimiento preventivo inadecuado.

Tabla 1.2 Relación Causa-Problema.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CAPÍTULO 2

SISTEMA ACTUAL DEL INVENTARIO DE MATERIALES

2.1 POLÍTICA DE INVENTARIOS

Entre las características centrales respecto a la política de inventarios de materia prima se encuentran las siguientes:

Las requisiciones de materiales se realizan conforme éstos se van necesitando pero no existe una política bien definida para ello, ya que no se realiza un análisis económico y financiero de los costos implicados.

El promedio en inventario de materia prima está basado más en la experiencia de acuerdo a la demanda, que en un análisis económico bien definido que tome en cuenta los tiempos de entrega, siendo éste de una semana. En el almacén se lleva un control de los productos defectuosos, los cuáles se confinan en un lugar especial para que posteriormente sean reabastecidos por el proveedor. Asimismo, se aplica una política de revisión física del inventario dos veces al año, a reserva de inspecciones intermedias en caso de incongruencia de registros.

2.1.1. Sistema de abastecimiento y control de los materiales

El DPyCP es el encargado de establecer el punto de reorden, cantidad a ordenar y el inventario de seguridad de materiales. Esto lo realiza siguiendo la demanda mensual de acuerdo con los pronósticos del período que se considere, haciendo las requisiciones al Departamento de Compras con un mes y medio de anticipación. Sin embargo, el DPyCP no toma en cuenta los costos implicados al ordenar el material ni los correspondientes por mantener inventario en almacén, solamente considera el plan maestro de producción para llevar a cabo la explosión de materiales, con sus correspondientes requisiciones.

Según información del Departamento de Compras, el número aproximado de órdenes de materia prima al año para el tubo de acero al carbón de 3"es de trescientas.

En el sistema actual de abastecimiento de materiales se permiten faltantes debido a la variación entre los pronósticos y la demanda real. El promedio semanal de faltantes es de 3 a 4 % según información extraída de la empresa.

Basados en la experiencia, se mantiene un inventario de seguridad de materiales según su utilización, siendo éste el necesario para cubrir 15 días de consumo promedio. Sin embargo, en el establecimiento de dicha cantidad de inventario, no se han considerado los plazos de adquisición de la materia prima ni la demanda esperada durante el tiempo de reabastecimiento o entrega por parte del proveedor.

2.1.2 Acuerdo con proveedores

Los acuerdos con los proveedores para la adquisición de materiales son los siguientes:

- Descuentos por pagos oportunos que varían del 3 al 4 % si se efectúan en los primeros 4 días.
- Crédito dependiendo del plazo de pago que se haya acordado, teniendo un cargo del 10% al vencimiento del mismo.
- Plazos de Pago: 15 a 30 días.
- Plazos de adquisición de materiales: 15 días.
- Periodos de incremento de precios para materiales: Generalmente el incremento en los precios de los materiales es anual, dándose en los primeros meses del año (enero o febrero).

2.2 PROBLEMÁTICA ACTUAL EN EL SISTEMA DE INVENTARIOS DE MATERIA PRIMA.

En base a la información recaba, se identificó la siguiente problemática en el sistema de inventarios de materiales:

- Las funciones relacionadas con la administración de la materia prima (compras, almacenamiento, control de inventarios, entre otras) son competencia de varios Departamentos, sin existir un área bien definida que se encargue de coordinar dichas actividades como sería un Departamento de Administración de Materiales.

- El plan mensual de requerimiento de materiales lo realiza el DPyCP con base en el programa maestro de producción y la explosión de materiales, esto sin llevar a cabo un ajuste de materia prima a ordenar mediante la consideración de registros de compra y de inventario.
- El tiempo de adquisición de materia prima es de aproximadamente una semana y la planeación de los requerimientos se hace con un plazo de mes y medio. A pesar de que el inventario de seguridad de materiales es de 15 días, las nuevas requisiciones que no toman en cuenta los registros de inventarios, pasan por alto el nivel de inventario de seguridad de materiales, por lo que no siempre hay en existencia dicha cantidad (15 días de consumo promedio). Aunado a esto, el inventario de seguridad no se elabora con base en un análisis de costos en donde se refleje el menor costo posible por mantener el inventario.
- No existe un periodo fijo de tiempo ni una cantidad fija de materia prima al realizar las requisiciones, ya que no se considera un nivel crítico de inventario, a la par que no se tienen registros adecuados del inventario en almacén. En términos económicos, no existe una política de inventarios en donde se establezca un punto de reorden y una cantidad económica de materia prima a ordenar, lo cuál acarrea costos innecesarios como los correspondientes a mantener materiales en inventario, realizar las órdenes y costos por faltantes.

Son éstos problemas los que han ocasionado que la empresa mantenga un nivel de ISPT de aproximadamente 15 días, debido a la incertidumbre que implica agotar sus existencias de materiales en almacén en un momento determinado.

2.2.1. Análisis de las Causas

En este apartado se hace mención de las causas más significativas de los problemas citados anteriormente. Mediante el uso del diagrama Causa-Efecto (Fig. 2.1.), se determinó que en el área de Compras se originan la mayoría de los problemas y en base a ello, se estableció el estado futuro de los resultados deseados.

2.2.2. Descripción cualitativa del estado futuro deseado

Con base en la descripción hecha de los problemas principales y de sus causas, la definición del estado futuro deseado proporciona un marco de referencia para plantear las propuestas que llevarán al aumento en el margen de beneficio en la empresa.

A continuación se describen las características y requerimientos necesarios para lograr mayores beneficios y ventajas competitivas:

1. Debe gestionarse el inventario de materiales para poder llevar un buen control en el sistema de inventario, obteniendo así una integración de todas las actividades de adquisición, movimiento y almacenaje. La reducción de costos y un servicio al cliente excelente puede proporcionar a la empresa una ventaja competitiva.
2. Se debe llevar a cabo una gestión de compras que tenga en cuenta los costos de mantener en inventario, disponibilidad de suministros, la eficiencia en entregas y calidad de los proveedores.

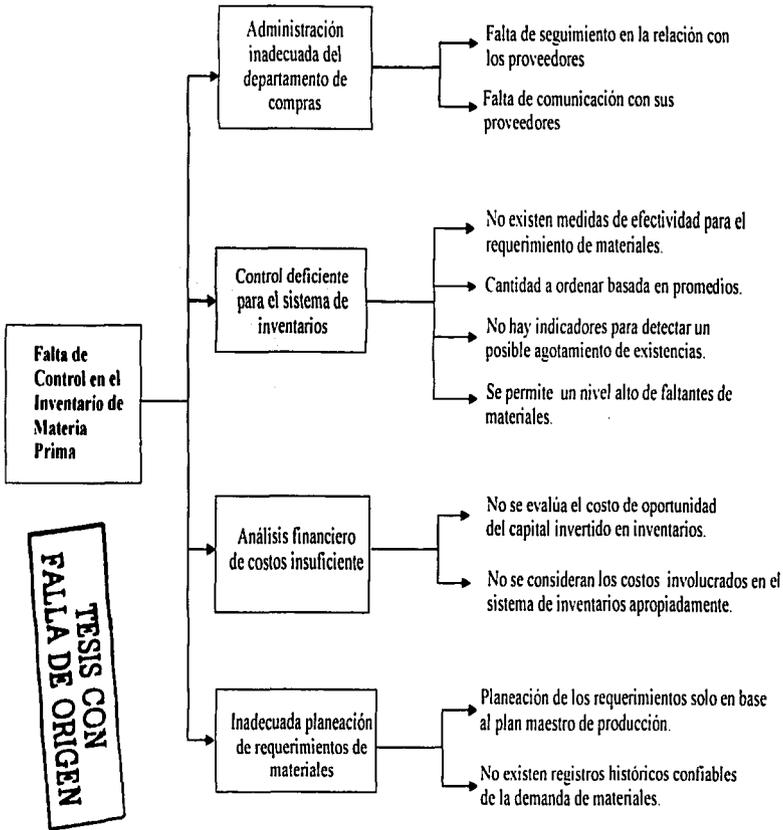


Figura 2.1. Diagrama Causa-Efecto. Análisis de las causas.

- 3.. El estado ideal para toda empresa, no sólo para PEASA en lo que respecta a los suministros, es lograr compras "*Just in Time*", a fin de eliminar los inventarios de materiales. Debido a que los inventarios de materia prima se requieren en el caso de suministros poco confiables, para reducir el nivel de inventarios a cero es indispensable que la empresa desarrolle y/o cuente con proveedores 100 % confiables, cuyos productos cumplan con un estándar de calidad de cero defectos y sean entregados en el tiempo exacto que se requieran, además de contar con programas de producción exactos y estables.

4. En lo que respecta a la comunicación entre departamentos, resulta indispensable crear una cultura organizacional. Con ella, se pueden definir claramente los valores, creencias, filosofías, ideologías, expectativas, intereses y actitudes que se desean en la organización y con los cuales se haga frente a los retos y demandas del entorno, ya que la cultura organizacional define el cómo se manejan o conducen los negocios y como marcha la compañía. Los valores y creencias dentro de una cultura afectan invariablemente la habilidad de los empleados para resolver problemas, actuar ante nuevas oportunidades y desarrollar su potencial. La cultura ejerce fuerza en la compañía porque determina en gran medida la productividad y el deseo de motivación y cooperación del personal.

CAPÍTULO 3

TEORÍA DE INVENTARIOS

3.1 TEORÍA DE INVENTARIOS

Este capítulo es de suma importancia ya que nos proporciona conceptos y términos esenciales para comprender los diversos sistemas de inventario, así como el modelo matemático de su comportamiento con base a la demanda.

Los inventarios son el conjunto de todos aquellos artículos que, independientemente de su grado de acabado y finalidad, se utilizan o resultan en los procesos productivos. Los inventarios consisten también en tener existencias de productos físicos disponibles, bajo el control de la empresa, almacenados durante un tiempo para satisfacer una demanda futura.

Existen varias razones para mantener un inventario, entre las más importantes están:

- Protegerse contra las incertidumbres. Bien sea el caso de que no exista seguridad en el comportamiento de la demanda o en el cumplimiento de los plazos de entrega de los proveedores.
- Adelantarse a cambios conocidos en el comportamiento de la demanda o la oferta. En estos casos, los inventarios permiten anticiparse a situaciones cambiantes en la oferta como consecuencia de huelgas o, simplemente, a variaciones en la demanda como consecuencia de su estacionalidad (hay productos cuya demanda no es la misma en invierno que en verano) por lo que hay que producir en una época para vender en otra.

3.1.1. Tipos de Inventario

Los inventarios se clasifican según el ambiente de su demanda en:

- *Estocásticos* (demanda aleatoria).
- *Determinísticos* (demanda conocida).

La demanda de algunos productos se presenta en dos formas:

- *Dependiente*. Consiste en aquellos productos cuya demanda depende de la de otros productos que también se encuentran almacenados.
- *Independiente*. Se refiere a la demanda de un producto en inventario que es independiente de la demanda de otro.

En los sistemas de producción se consideran cinco tipos de inventarios:

- *Inventario de Materia Prima*. Materiales requeridos para la producción de artículos que no han sido sometidos a ningún proceso.
- *Inventario de componentes*. Partes o subensambles disponibles para el ensamble final del producto.
- *Inventario de Productos en Proceso*. Es el inventario en el sistema de producción que aguarda para ser procesado o ensamblado.
- *Inventario de Producto Terminado*. Mantiene los artículos finales del sistema de producción.
- *Inventarios de desechos y sobras*. Son los referentes a mermas y defectos en fabricación.

Cada uno de estos inventarios requiere de un tipo de gestión que persigue objetivos diferentes. Así, la demanda de productos finales está sujeta, por lo general, a cambios cuyo comportamiento es difícil de conocer con antelación. En su gestión, hay que contemplar existencias de seguridad que atiendan las puntas o cambios abruptos de demanda no previstos.

La demanda de materias primas está condicionada a la de los productos finales; una vez que se conoce ésta, las existencias son fáciles de conocer, por ejemplo: la cantidad de rollos de fleje de acero para producir hojas de cuchillos depende de la demanda de cuchillos. Si el fabricante de cuchillos conoce la demanda de estos, inmediatamente fija sus existencias de fleje a través de un Sistema de Requerimiento de Materiales (MRP, por sus siglas en inglés de *Material Requirements Planning*), por tanto las existencias de seguridad no tienen la misma finalidad que en los productos terminados, pero se han de tener en cuenta las cantidades de materiales defectuosos y los desechos que se originan en la producción y que pueden modificar las provisiones hechas.

Además, en el caso de las materias primas, es necesario añadir existencias de seguridad para compensar las variaciones en los plazos de suministro.

Los inventarios de desechos o sobras tienen otras particularidades, suelen mantenerse por razones legales (evitar la contaminación ambiental) y tienen un bajo costo financiero (su utilidad es baja o nula), pero a veces representan un alto costo de manipulación y eliminación.

Otra posible clasificación se basa en la función que ejercen:

- *Inventarios de seguridad.* Tienen la función de absorber las imprecisiones en la demanda, prevenir los retrasos en los plazos de entrega de los proveedores y evitar los retrasos en la producción por falta de calidad.
- *Inventarios cíclicos.* Permiten la producción o compra en lotes para aprovechar las economías de escala.

- *Inventarios de anticipación.* Para cubrir cambios regulares en el comportamiento de la demanda o la producción, por ejemplo en paros por mantenimiento o vacaciones, puntas estacionales de la demanda, etc.
- *Inventarios de oportunidad.* En este caso, como el anterior, se trata de cubrir cambios previstos en la demanda o en la producción, pero no con carácter regular, sino más bien con un carácter de oportunidad. Por ejemplo en huelgas, aumento en los precios, productos con plazos de entrega muy largos o muy variables.
- *Inventarios de desacoplamiento.* Son los inventarios que se mantienen para independizar unas operaciones de otras o evitar esperas durante los procesos de producción. Las operaciones productivas no tienen todas la misma duración, por lo que si una máquina va más aprisa que el resto, deberá esperar a que termine la más lenta o tener un inventario de donde tomar producto mientras que el resto termina.

Una última clasificación se basa en la problemática generada en su gestión:

- *Reiteración en la demanda.* Se trata de estudiar los inventarios por el número de peticiones que hay. Pueden clasificarse a su vez en:
 - ✓ Órdenes individuales con largos intervalos de tiempo entre ellas.
 - ✓ Órdenes reiterativas que se suceden con cortos intervalos de tiempo.
- *Grado de conocimiento del tiempo de suministro.* Es decir, el tiempo que transcurre entre la petición del cliente y la entrega del proveedor.
 - ✓ Constante. El proveedor tarda siempre lo mismo.
 - ✓ Variable. No es regular en sus entregas.

En estos casos se trata de establecer una gestión de acuerdo con el grado de conocimiento de la demanda y de los plazos de entrega.

3.1.2. La Gestión de Inventarios

A continuación se mencionan algunas formas de gestión de inventarios según el tipo de demanda considerada.

Gestión de materiales tradicionales

Los sistemas de *gestión de materiales tradicionales*, como el de punto de pedido, consideran la demanda de cada artículo de una forma independiente y, para el cálculo de los parámetros de gestión, se considera la historia de la demanda.

Material Requirements Planning (MRP)

Contrariamente a la gestión tradicional, el sistema de planificación de necesidades de materiales (MRP) es un sistema orientado hacia el futuro al basarse en el plan de producción, y considera los artículos a gestionar como de demanda dependiente de las órdenes de nivel superior.

En definitiva, el método consiste en partir del plan de producción de los productos finales y "explosionar" las listas de materiales nivel a nivel para obtener órdenes de fabricación y montaje de los artículos "hijos", por comparación con las existencias y una vez que se han decalado en el tiempo los correspondientes ciclos de fabricación o montaje.

Control de stocks y gestión por punto de pedido

La denominación "control de stocks" se aplica estrictamente a los procedimientos que permiten conocer, en cualquier momento o por períodos definidos, las existencias, órdenes pendientes y cantidades reservadas para cualquier artículo de un almacén, sea de materias primas, productos intermedios o productos finales.

El control de stocks requiere, por tanto, llevar una contabilidad rigurosa de las entradas, salidas y órdenes o pedidos que afectan a cada uno de los artículos.

El control de stocks es, por ello, una herramienta necesaria para realizar la gestión de órdenes y pedidos por procedimientos como el MRP, examinado anteriormente, o por otros directamente ligados a un sistema de control de stocks, como es el de punto de pedido.

El procedimiento de gestión por punto de pedido responde a las dos preguntas básicas de cualquier sistema de gestión: ¿Cuándo y cuánto pedir?

Cuándo pedir

La necesidad de pedir se determina por el momento en que las disponibilidades actuales sean suficientes para abastecer la demanda normal durante el plazo de reaprovisionamiento, además de mantener un stock de seguridad definido.

- *Disponibilidad (stock disponible).* Es la suma de las existencias más las cantidades pedidas pendientes de recibir, menos las cantidades reservadas para órdenes lanzadas.
- *Stock de seguridad.* Es la cantidad que se fija para cubrir excesos de demandas sobre la previsión normal o retrasos en los plazos de reaprovisionamiento.
- *Plazo de reaprovisionamiento.* Es el tiempo que transcurre entre el momento en que puede detectarse la necesidad de pedir un material hasta el momento en que el suministro está disponible en el almacén.

Cuánto pedir

Para el cálculo de la cantidad a pedir o cantidad económica a ordenar, se emplean diferentes modelos matemáticos que suponen cierto comportamiento de la demanda, aunada a las características que presenta cada sistema de inventario.

Frecuentemente, la cantidad a pedir viene modificada por criterios como:

- Cantidad mínima que sirve un proveedor.
- La cantidad debe ser múltiplo de un número de unidades dadas (lote mínimo) que depende de condicionamientos físicos (*containers* o *palets* de movimiento de materiales).
- Hay descuentos por cantidad al sobrepasar un determinado tamaño de orden.
- La cantidad debe ser tal que las existencias no sobrepasen un límite fijado para las mismas.

De igual forma, existen otros condicionantes que pueden establecerse por razones de conveniencia.

3.1.3 Factores de influencia en los inventarios

La estrategia que requiere una gestión de inventarios es diferente según el tipo de producto, proceso y entre otras que se consideren. Cualquier decisión sobre políticas de inventarios está determinada por las siguientes condiciones:

- *Por el tipo de producto*
 - ✓ Productos realizados para el stock. En estos productos, los almacenes deben estar diseñados para contener la producción no vendida, aún en condiciones desfavorables de la demanda. Un buen sistema de distribución y venta que permita una salida rápida del producto final en beneficio de la renovación del almacén.

- ✓ Productos realizados bajo demanda. En el caso de que el producto final sea consecuencia del ensamblado de subconjuntos o módulos, los inventarios que adquieren mayor relevancia son los de semi-terminados. En el caso de productos exclusivos o de diseño, la administración de inventarios está dirigida a mantener unas ciertas cantidades de materias primas (las básicas, que suelen formar parte de la mayoría de los productos).

Por lo general, en ambos tipos de productos los niveles de inventarios de productos finales son bajos, y toma cierta relevancia el inventario de materiales para mantenimiento y reparación.

➤ *Ciclo de vida del producto*

Las estrategias sobre políticas de inventarios son cambiantes y dependen de la etapa del ciclo que se considere.

En la etapa inicial de desarrollo no se consideran los inventarios y aumentan conforme avanza la penetración comercial. En la última fase (o de declive), es necesario mantener cantidades del producto final para abastecer a la demanda residual. Por tanto, los inventarios comienzan a aparecer más tarde que una producción organizada, pero también concluyen posteriormente.

En una primera fase, coincidiendo con el auge del producto, toman importancia los stocks de seguridad. Posteriormente en la etapa de madurez se puede pensar, dependiendo de ciertos factores, en una producción sin stocks.

- *Tipo de proceso.* Al considerar el tipo de proceso es necesario volver a hacer referencia a las clases de productos.
- ✓ Procesos de flujo continuo y serie. Puesto que las tasas de producción son rígidas, la capacidad del almacén debe ser tal que permita almacenar las diferencias entre producción y demanda, aun en los casos más desfavorables. Por la misma razón, es necesario mantener importantes inventarios de materias primas, que aseguren la producción. Otro punto a considerar es el costo financiero de los stocks, que suele ser elevado sobre todo en algunos productos en los que el precio de las materias primas está sometido a constantes e importantes cambios, por lo que se obligarán a establecer stocks de oportunidad por razones económicas.
 - ✓ Procesos en lotes. En estos, cada vez que se lanza la producción es para fabricar una cantidad de artículos que vendrá determinada por los tiempos de ajuste de las operaciones. La gestión de los inventarios, tanto de materias primas como de obra en curso, deberá responder a este patrón de producción, teniendo los inventarios un carácter cíclico con aumentos periódicos de las existencias que disminuirán progresivamente. La gestión se centrará en acortar los ciclos de entradas y salidas, es decir, en aumentar la rotación de los almacenes.
 - ✓ Procesos de flujo intermitente. La característica de estos procesos es la de producir artículos diferentes que requieren distintas operaciones. Dada la variedad de productos, la gestión de los inventarios se debe centrar en una programación de compras y en la unificación de primeras materias y subconjuntos, que evite la proliferación en el almacén de pequeñas cantidades de artículos. Es decir, un método de codificación que unifique criterios de utilización y un sistema de revisión de productos que detecte los obsoletos o productos con bajo uso.

3.1.4. Objetivos de la gestión de inventarios

Los criterios para evaluar la gestión de inventarios son los siguientes:

Nivel de servicio. Es una medida de la disponibilidad de artículos en un inventario. Hay múltiples maneras de expresar el concepto de Nivel de Servicio.

Una manera de entenderlo consiste en comparar la cantidad de veces que un cliente se lleva el producto necesitado del almacén frente a las que no.

Otra vertiente un poco diferente a la anterior consiste en comparar el número de unidades suministradas por el almacén con las no suministradas.

Todo ello se traduce en varias maneras de especificar numéricamente el nivel de servicio. En algunos casos se puede indicar en unidades físicas, monetarias o en porcentajes de veces que la demanda no es suministrada a tiempo. Es posible que para cada tipo de inventario se tenga que encontrar un valor que exprese el nivel de servicio. Algunas de estas expresiones más comúnmente empleadas son:

➤ *Medidas en valores absolutos*

1. Órdenes suministradas del total de órdenes programadas.
2. Artículos suministrados del total programado.
3. Días de operación sin pérdidas de abastecimiento a los clientes.

➤ *Medidas en porcentajes*

1. Porcentaje de periodos con existencias sobre el total de periodos operados.
2. Porcentaje de servicios por año.
3. Porcentaje de unidades suministradas sobre el total solicitado.

El nivel de servicio de un almacén debe ser establecido artículo por artículo. Por ejemplo, aquellos productos con demanda dependiente deberán tener un nivel de servicio al 100%, es decir, deberán estar siempre disponibles. Sin embargo, los productos finales sujetos a demanda independiente y variable no podrán tener niveles de servicios al 100%, so pena de incurrir en unos costos excesivos en el mantenimiento de stocks, de aquí que resulte necesario buscar un equilibrio entre costo de los inventarios y nivel de servicio.

La continuidad y eficiencia de las operaciones.

En algunos procesos se requiere la fabricación de una cantidad determinada para que sean rentables. En el mismo sentido, se puede decir que las adquisiciones de materiales deben efectuarse en ciertas cantidades para beneficiarse de descuentos o para repartir costos fijos entre un mayor número de unidades.

3.1.5. Medidas de Rendimiento de los Sistemas de Inventario

Muchas de las decisiones tomadas sobre inventarios se refieren, necesariamente, a la gestión de productos individuales: niveles de servicios, lotes de compra o de producción, método de almacenamiento, etc. Sin embargo, la mayor parte de las decisiones económicas de la empresa se toman sobre la totalidad de los inventarios; por lo que es necesario mencionar algunos de los métodos que nos permiten conocer la marcha de la gestión de la totalidad de los inventarios.

Rotación de los inventarios

Es una de las medidas que mejor expresan la permanencia de los materiales en el almacén y, en consecuencia, la renovación de estos. Su valor no es necesariamente bueno o malo pues depende del tipo de negocio pero es deseable un valor elevado, pues ello es indicativo de una inversión media baja y por tanto un bajo costo financiero.

La rotación del inventario viene dada por la siguiente relación:

$$\text{Rotación} = \text{Costo de la Venta} / \text{Inventario Medio}$$

Uno de los inconvenientes que presenta esta medida es el conocimiento de los valores del numerador y denominador.

Determinar cuál es el inventario medio no debe ser un problema para una empresa que lleve ordenadamente un registro de sus entradas y salidas, aunque en los balances figura el inventario al cierre pero no el inventario medio, por lo que este valor no es de fácil cálculo con los datos contables. Igualmente, debe conocerse cómo se ha calculado el costo de las ventas y si éste es representativo de la realidad del negocio.

Finalmente, los balances reflejan la totalidad de los inventarios sin distinguir cuáles son de seguridad y cuáles no, cuántos almacenes mantiene la empresa, cómo es la red de distribución, etc. Así, la medida de la rotación puede no ser significativa de la efectividad en la gestión en términos comparativos; aunque un seguimiento de la rotación de los inventarios puede ser suficiente para saber y orientar cómo es la administración de estos.

3.1.6. Gestión de la reposición de existencias

Este concepto se refiere a las maneras en que se controlan las entradas y salidas de productos de los almacenes. Básicamente existen dos formas de reponer existencias en los almacenes: Inventarios Permanentes o Perpetuos e Inventarios periódicos.

Inventarios Permanentes o Perpetuos

En este método se establece un nivel de existencias denominado punto de orden y los órdenes de reposición se cursan cuando el nivel cae por debajo de ese valor. La exigencia de conocer en todo momento las existencias para saber si hay que cursar la orden de compra, es lo que hace que el sistema se denomine de esta manera. Esto suele ser un

inconveniente en aquellos inventarios donde el conocimiento frecuente de las existencias es de difícil práctica, lo que hoy no parece ocasionar trastornos, puesto que la mayoría de los almacenes tienen informatizada su gestión. Frente a ese inconveniente hay una gran ventaja, que es la de un mejor control de los niveles de inventario y por tanto un mayor nivel de servicio.

En la actualidad, una gran mayoría de los almacenes emplean este método de gestión.

Dicho método presenta dos variantes:

- a. *Reposición con cantidades fijas.* La cantidad solicitada a los proveedores para reponer existencias es siempre la misma. Existen ciertos criterios basados en fórmulas matemáticas que permiten establecer esta cantidad.
- b. *Reposición con cantidades variables.* Alcanzado el punto de pedido, se cursa una orden por una cantidad que es la diferencia entre un nivel máximo de existencias (fijado de antemano o determinado por la capacidad física del almacén) y el nivel que tuvieran las existencias al momento de cursar la orden. Este sistema es denominado también del "Máximo-Mínimo".

Inventarios periódicos

Las órdenes de reposición se cursan a intervalos de tiempo preestablecido, que son siempre fijos y pueden determinarse por medios matemáticos sin importar la cantidad que existe en el inventario y que en principio se desconoce.

La cantidad por la que se cursa la orden de reposición es la misma que la que corresponde a las salidas habidas durante cada intervalo de tiempo.

Dado el carácter periódico de la reposición, el método de control ha sido llamado por el mismo nombre.

En contraste con el anterior, tiene la ventaja de no ser necesario el conocer las existencias para realizar las órdenes de compra, lo que supone ahorro de esfuerzos sino se cuenta con una gestión informatizada.

Sin embargo, dado que no se controlan las existencias, se corre el riesgo no cubrir la demanda. Este método tiene cierta utilidad en aquellos casos en que los elementos almacenados tienen una fecha de caducidad, por lo que a fechas fijas, se ha de reponer la totalidad de los productos cualquiera que sea la cantidad almacenada de estos. También permite la planificación de la compra de varios artículos diferentes al mismo proveedor para aprovechar descuentos o mayores repartos en los costos de transporte. Hay variantes que utilizan una mezcla de ambos métodos llamados "Sistemas Híbridos".

El primero de estos se lleva a cabo de la siguiente manera: La orden de reposición se cursa por dos posibles causas, cuando las existencias caen por debajo de un nivel prefijado (como el primer caso) o si transcurrido un tiempo también prefijado, las existencias no han bajado del anterior nivel (como en el segundo).

Con este sistema se disminuye la inseguridad en las existencias originada por un control periódico "puro", puesto que se está obligado a un control permanente. Ello redonda, como en el primer caso, en una menor necesidad de existencias de seguridad. Se utiliza también para aquellos productos con baja demanda y largos periodos de reposición, tales como equipos para repuestos.

El segundo sistema híbrido es una variante del anterior: la reposición del almacén se efectúa cuando las existencias han caído por debajo del nivel de reposición. La comprobación de si las existencias están o no por debajo de ese nivel se hace periódicamente a intervalos de tiempo prefijados. Cuando se cursa un pedido se hace siempre hasta completar una cantidad máxima.

Este método se emplea cuando el costo de la rotura del inventario es sensiblemente menor que las pérdidas ocasionadas por la obsolescencia del producto. Tal es el caso de productos como fruta, farmacéuticos, ropa de moda, etc.

3.1.7. Costos de Inventario

Los cuatro costos más importantes relacionados con la administración de inventarios son los siguientes:

Costos de Adquisición. Son los costos generados por la compra de materiales necesarios para la producción. El ordenar extensos lotes puede incrementar los inventarios de materia prima; sin embargo, los costos unitarios se pueden disminuir por descuentos por cantidad y reducir además los costos de transportación, costos por entregas rápidas, por llevar registros de las adquisiciones de materia prima y costos por recepción en el almacén.

Costos por Ordenar. Este costo engloba todos aquellos gastos realizados por la empresa para conseguir el producto. Este mismo incluye las gestiones hechas para la selección de los proveedores, gastos por papeleo y llamadas telefónicas, controles para verificar la calidad y cantidad del producto, etc. Ocasionalmente, este gasto puede parecer trivial, pues aunque con un costo despreciable pueden ordenarse compras de importe elevado, también existen departamentos de compras cuyos desembolsos no son despreciables.

Costo de mantener el producto almacenado. Se denomina también *Costo por Mantener en Inventario*. Este mismo agrupa a todos los gastos originados por el almacenaje como costo del espacio ocupado, de energía (si fuera necesario), de pérdidas o roturas, pólizas de seguros, renta de almacenes, impuestos, manejo de materiales, gastos de administración, financiamiento, costo de oportunidad del dinero invertido en materiales, etc.

El costo de oportunidad se puede entender de la siguiente manera: una empresa que tiene materiales o productos almacenados es porque no los ha procesado o vendido, y no ha recuperado el dinero que ha invertido en ellos. Puesto que no existe una recuperación del dinero que está atado al producto, deberá tomarlo de otro lado, esto es, tendrá que solicitar un crédito. El costo del crédito (el interés del dinero) es el sobre costo que deberá pagarse como consecuencia de tener los materiales o productos almacenados.

Otro aspecto que debe observarse es que el costo esta referido a una unidad, si quisiéramos conocer el importe total de este costo se debería multiplicar lo anterior por el número de unidades almacenadas en cada momento.

Costos por Faltantes. Estos se pueden observar tanto en inventario de producto terminado como de materia prima. En el caso de producto terminado, es originado por la carencia de productos en el almacén. Este costo es de difícil valoración porque la carencia de producto, cuando lo solicita un cliente, puede originar la pérdida de la venta o también la pérdida de un cliente y esto no puede valorarse. Para el inventario de materias primas, la falta de suministros puede representar retrasos en la entrega de pedidos. Inventarios adicionales son llamados inventarios de seguridad que pueden traer como consecuencia un exceso en el inventario de materia prima.

En definitiva, todos estos costos pueden agruparse en dos categorías:

- Los que disminuyen con la cantidad comprada o producida por lote; a este grupo pertenece el costo de ordenar, ya que si aumenta la cantidad comprada en cada lote menos lotes se cursarán. También se ha de incluir el costo por faltantes.
- El otro grupo lo forman los costos que aumentan con la cantidad. Dentro de este último se incluye el costo de mantener en inventario.

El costo de adquisición, no pertenece a ninguno de los dos grupos, porque se cursen los pedidos que se cursen, la cantidad comprada a lo largo del periodo de gestión es siempre la misma.

Otros costos representativos asociados a los inventarios dentro del área productiva son:

Costos por inicio de operaciones. Involucra preparación de la línea de producción, preparación de las máquinas, capacitación del personal, ajustes en el abastecimiento de materia prima y los costos por desperdicios de materiales o riesgos de piezas defectuosas.

Costos por coordinar la producción. En el caso de que se presente un alto nivel de inventario en el proceso de producción, se requerirá de mayor fuerza de trabajo para desahogar el congestionamiento de los productos, así como para coordinar la producción y los problemas que se presenten.

Costos de inversiones retenidas. El mantener artículos en inventario genera costos financieros que disminuyen los precios de las existencias.

Costos de capacidad reducida. Los materiales se acumulan en gran cantidad si la capacidad de producción es menor a las órdenes de compra emitidas por la empresa.

Costos por problemas de producción. Un inventario de seguridad excesivo oculta problemas de producción tales como paro de máquinas, rechazos dentro del proceso productivo, etc.

3.2 SISTEMAS DE DEMANDA INDEPENDIENTE

Las variables de decisión fundamentales dentro de un sistema de inventarios son la cantidad a ordenar, el punto de reorden, la variedad de artículos (que están en función de la demanda), el tiempo de entrega por parte de los proveedores y el precio de los productos.

El punto de reorden se determina en base a la estimación de tiempo que transcurre entre la colocación de una orden y su recepción, una vez que el lote ha sido surtido se procede a reabastecer el inventario de materia prima y finalmente se prepara la siguiente orden.

El Tiempo de Entrega es el intervalo de tiempo transcurrido desde que la orden es cursada al proveedor hasta que las mercancías están en las estanterías del almacén.

Establecer un control eficiente de un sistema de inventarios depende en gran medida de una precisa identificación y determinación de las variables de decisión. Para el cálculo de la cantidad económica a ordenar se emplean diferentes modelos matemáticos que suponen cierto comportamiento de la demanda, aunado a las características que presenta cada sistema de inventario.

A continuación, se presenta el modelo utilizado en la determinación de la cantidad a ordenar para el caso particular del presente estudio.

3.2.1 Determinación de la cantidad económica a ordenar

Esta decisión es fundamental para el estudio de los inventarios pues de ella depende el incremento o decremento de los costos de inventario. Este tipo de modelos son nombrados de "tamaño de lote", generalmente se clasifican en:

1. **Modelos estáticos.** Se emplean cuando el artículo presenta una demanda uniforme.
2. **Modelos dinámicos.** Presentan una demanda variable en el horizonte de planeación.

Cantidad Económica a Ordenar

Los modelos de cantidad económica a ordenar buscan un balance entre los costos por ordenar y los costos por mantener en inventario, este concepto se puede visualizar con mayor claridad en la Fig. 3.1.

Tales modelos sólo consideran un artículo en inventario, sin embargo se pueden emplear para artículos múltiples con algunas modificaciones.

Tanto la demanda como el tiempo de suministro pueden ser constantes en el tiempo o su variación se conoce de antemano; en otros casos este comportamiento futuro no es conocido. El ejemplo más claro se puede observar en las ventas de un cierto artículo en grandes almacenes, de las que no podrá decirse qué cantidad se venderá diariamente. Aunque el conocimiento de la evolución en el pasado de la variable se le denomina "historia" de la variable, nos permitirá predecir, con cierta aproximación, cuál será su comportamiento futuro.

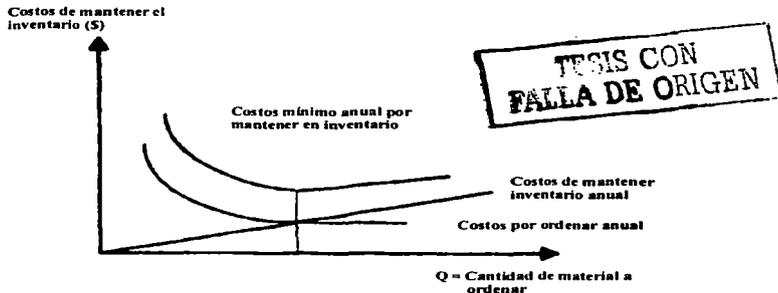


Fig. 3.1 Representación gráfica para la obtención del costo total mínimo por mantener en inventario.

En un primer caso, donde todas las variables son conocidas, se dice que la gestión se hace en condiciones de certeza. En el segundo, la gestión es en condiciones de riesgo. En la realidad se dan ambos casos, independientemente o de manera conjunta. Por ejemplo: la demanda de pan es, salvo circunstancias especiales, igual para los mismos días de la semana, lo que representa un modelo de gestión en condiciones de certeza. Las peticiones de aspirinas en una farmacia son variables y, por tanto, su almacenamiento representa una gestión en condiciones de riesgo. Con la finalidad de simplificar la realidad y poder establecer un modelo de gestión de almacén que conduzca a una formulación matemática, se hacen suposiciones y, a partir de la teoría, se extraen conclusiones aplicables a la práctica.

La determinación de la cantidad por lote que hace mínimo el costo de la gestión del almacén, para el caso que ocupa al presente estudio, considerará una administración por punto de pedido y las siguientes suposiciones:

- Se estudiará la reposición de un sólo producto. Esto es una simplificación, pues en muchos casos la gestión se hace con múltiples artículos.
- La demanda es conocida y constante.
- El tiempo de suministro o tiempo transcurrido desde que se cursa una orden de reposición hasta que el producto está en las estanterías del almacén es conocido y constante.
- Pueden ser estimados los costos de mantener en inventario, costos por ordenar y demanda anual.

- ✓ No se utiliza inventario de seguridad, ya que éste constituye un costo por faltante que puede ser evitado al conocer todas las variables.
- ✓ Los costos por faltantes, sensibilidad de los clientes y otros costos, no son de importancia para el modelo.
- ✓ Los costos permanecen constantes durante el período de tiempo estudiado. No existen influencias de la inflación ni se consideran las rebajas o modificaciones de los costos como consecuencia de las cantidades compradas.

Aunque aparentemente estas condiciones no son reales, la gestión de ciertos productos básicos sometidos a reparto domiciliario, por ejemplo, pueden aproximarse a éstas. De igual forma, productos en su etapa de madurez tienen tasas de demanda constantes. De cualquier manera, el objetivo perseguido es crear un modelo de estudio teórico para conocer el comportamiento de los costos.

Definición de Variables

D = Demanda anual para un material (unidades por año).

Q = Cantidad de un material a ordenar en cada punto de reorden (unidades por orden).

c = Costo unitario (\$/unidad).

i = Costo anual por mantener en inventario (% por año).

$C = ic$ = Costo por mantener una unidad en inventario por año (\$ por unidad por año).

S = Costo promedio por colocar una orden para un material (\$ por orden).

TSC = Costos totales anuales por mantener en inventario (\$ por año).

EOQ = Cantidad Económica a Ordenar. Las siglas corresponden a la nomenclatura en inglés de este modelo (*Economic Order Quantity*).

Fórmulas de Costos

➤ *Costos anuales por mantener en inventario.*

El costo de mantenimiento en el almacén es:

$$CM = i * c * Im$$

Donde: Im es el stock medio.

Como se mostró en la definición de variables, el costo de mantener una unidad es; ahora se considerará una cantidad que es variable con el tiempo, por lo que habrá que buscar una cantidad equivalente a ésta, que llamaremos stock medio y que equivale a:

$$Im = \frac{1}{2} Q$$

Por lo que el costo de mantener una cantidad variable, que inicialmente es Q durante un tiempo T que es el de gestión u horizonte de planeación, será:

$$CM = \frac{1}{2} Q * i * c$$

O bien, dado que $i * c = C$ tenemos la fórmula de costos anuales por mantener en inventario:

$$CM = \frac{1}{2} Q * C \tag{3.1}$$

➤ *Costos anuales por ordenar.*

El costo por ordenar (CO) está dado por:

$$CO = S * f$$

donde f es el número de reposiciones del almacén durante el periodo de gestión T .

Si D es la demanda o cantidad total almacenada durante el periodo T , y Q es la cantidad con que se reponen las existencias del almacén cada vez que se cursa una orden, el número de reposiciones se puede escribir asimismo:

$$f = D/Q$$

Por lo que el costo de ordenar también se puede expresar como:

$$CO = S * D/Q \quad (3.2)$$

Ahora podremos expresar la fórmula del costo total de un inventario:

Costos totales anuales por mantener en inventario (TSC) = costos anuales por mantener en inventario + Costos anuales por ordenar, esto es:

$$TSC = CM + CO$$

O bien,

$$TSC = (\frac{1}{2} Q * C) + (S * D/Q) \quad (3.3)$$

Derivación de la fórmula de Lote Económico a Ordenar

La cantidad óptima a ordenar se obtiene al encontrar la derivada de TSC con respecto a Q , igualándola a cero y resolviendo la ecuación para Q .

La fórmula de TSC es:

$$TSC = \left(\frac{Q}{2}\right)C + \left(\frac{D}{Q}\right)S$$

La derivada de TSC con respecto a Q :

$$\frac{d(TSC)}{d(Q)} = \frac{C}{2} - \frac{DS}{Q^2}$$

Igualando la derivada de TSC con cero y resolviendo la ecuación se obtiene para Q :

$$\frac{C}{2} - \frac{DS}{Q^2} = 0$$

$$-\frac{DS}{Q^2} = -\frac{C}{2}$$

$$Q^2 = \frac{2DS}{C}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{C}}$$

Por lo tanto, la fórmula de Cantidad Económica a Ordenar es:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{C}} \quad (3.4)$$

3.2.2. Regla Peterson Silver

Esta regla propone un coeficiente de variabilidad de la demanda V , que es igual a la variancia de la demanda entre el cuadrado de la demanda promedio por periodo

$$V = \frac{n \sum_{i=1}^n D_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n D_i \right)^2} - 1 \quad (3.5)$$

En donde:

D_i = Demanda discreta por periodo

n = Número de periodos para los que se determinó la demanda (horizonte de planeación)

- Si el coeficiente de variabilidad $V < 0.25$, se emplea el modelo EOQ .
- Si el coeficiente de variabilidad $V \geq 0.25$, se utiliza un modelo de tamaño de lote dinámico.

3.2.3. Efecto de la variación de la demanda y de los tiempos de suministros sobre las existencias

En la mayoría de los casos, la gestión de almacenes se enfrenta con una demanda irregular de la que sólo se conoce su comportamiento histórico. Este tipo de demanda sucede en los almacenes de productos finales, donde no se conoce con exactitud cuándo ni en qué cantidad se demandará.

Tomemos la gestión de la reposición del inventario por punto de pedido, la cuál sirve de base para el estudio. Una vez sobrepasado éste, el gestor se enfrenta con la decisión de ordenar al proveedor una cierta cantidad de producto. Para reponer las existencias, ésta cantidad solicitada puede ser insuficiente si por parte de los clientes se demanda otra mayor de lo esperado (debe considerarse que la respuesta del proveedor, es decir el plazo de entrega, es constante y conocida). Por el contrario, si sucede en menor cuantía, se acumularán existencias en el almacén.

Ninguno de los dos casos es deseable, pero debe evitarse que suceda lo primero y atenuar lo segundo, fundamentalmente por dos razones:

- 1) La ausencia de stock (o ruptura de éste) es un costo a veces excesivo para la empresa y,
- 2) Porque la función de los almacenes es tener producto suficiente para abastecer la demanda.

Por otra parte, una acumulación de stock como consecuencia de una desproporcionada diferencia entre las cantidades repuestas y las solicitadas por los clientes también supone un costo a evitar, aunque sea menor que la ruptura.

Puesto que en ningún caso conoceremos con exactitud la demanda futura, una vez alcanzado el punto de reorden sólo podremos establecer la cantidad para reponer el almacén de acuerdo con cierto porcentaje de veces de que no suceda la ruptura (o por el contrario de que suceda).

En cualquier caso, nunca se tendrá la seguridad de que las peticiones de los clientes sucedan tal y como se esperaba; esta inseguridad en el futuro es lo que determina que, para evitar el costo por faltantes, se establezca un stock que permita absorber las puntas inesperadas de la demanda.

Si se quiere aumentar la probabilidad de que los clientes sean atendidos, debe aumentarse la cantidad almacenada. A medida que se aumenta tal cantidad, mayor es la probabilidad de abastecer a los clientes.

Cálculo del stock de seguridad

Para su determinación es requisito previo fijar el porcentaje de veces que se requiere no fallar en los suministros al cliente o el porcentaje de veces que se puede permitir fallar. Es imposible acertar siempre, ya que se requerirían existencias de seguridad capaces de cubrir la mayor demanda esperada, lo cual implicaría un costo excesivo.

Acorde con lo anterior, debe fijarse un valor porcentual de aciertos conocido como *Nivel de Servicio*. A medida que aumenta la cantidad de producto almacenado el nivel de servicio es mayor porque se incrementa la probabilidad de suministro. De hecho, éste puede clasificarse en nivel de servicio por orden o ciclo y nivel de servicio por unidad.

- *Nivel de servicio por orden*. Puede interpretarse como la proporción de ciclos en que se satisfizo la demanda del cliente. El nivel de servicio representa la probabilidad de no tener existencias agotadas cuando se hace una orden. En caso de que existan varios ciclos u órdenes en un periodo, la probabilidad de agotar existencias multiplicada por el número de ciclos proporciona la probabilidad de que las existencias no se terminen. Tal riesgo no indica exactamente cuántas unidades faltaron o no se surtieron durante cualquier ciclo. En muchas

situaciones de producción, si se presenta escasez durante cualquier operación, no será posible la conclusión de la manufactura. Independientemente de la cantidad de artículos que falten, las operaciones restantes tendrán que reducirse durante el ciclo. Por tanto, el nivel de servicio por orden o el riesgo de agotar existencias es adecuado para el entorno de fabricación.

- *Nivel de servicio por unidad.* Indica el porcentaje de unidades de demanda que se surten durante cualquier periodo, mientras que el riesgo de agotar existencias por unidad específica se refiere a las cantidades de unidades que no se surtieron o faltaron durante ese periodo. El nivel de servicio por unidad es susceptible de proporcionar las cantidades exactas de unidades de demanda de los consumidores que se surtieron durante cualquier periodo y, por consiguiente, es una medida más adecuada para muchas aplicaciones de bienes de consumo.

Reiterando, el fijar el nivel de servicio en un almacén equivaldrá a establecer la probabilidad de suministro y así se podrá determinar el stock de seguridad y viceversa.

Para calcular el stock de seguridad, es necesario conocer el comportamiento histórico de la demanda, y para un nivel de servicio por orden, dicho stock se calcula conforme el siguiente procedimiento:

En primera instancia cabe aclarar que con base en la teoría, muchos datos estadísticos, relacionados con problemas de negocios y económicos, se comportan conforme a la distribución normal²; y el caso de la demanda de un cierto artículo no es la excepción.

² La distribución normal, también llamada distribución de probabilidad normal, es considerada como el tipo más importante entre las diferentes distribuciones de probabilidad. La distribución normal es una distribución continua. El número de casos en ella puede ser infinitamente grande. La probabilidad o frecuencia relativa de la ocurrencia de un cierto evento es medida de acuerdo con el tamaño del área que representa el evento bajo la curva normal.

El stock de seguridad óptimo indica el número de unidades que deben mantenerse en inventario por periodo para amortiguar las variaciones en la demanda, esto en base a una probabilidad específica de que no ocurran agotamientos o nivel de servicio. Dado que el comportamiento de la demanda sigue una distribución normal, el inventario de seguridad viene dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Inventario de seguridad} = \varphi * z \quad (3.6)$$

Donde:

φ = Es la desviación estándar de la demanda sobre el tiempo de entrega.

z = Es el número de desviaciones estándar a partir de la media en una curva de distribución normal, entre las cuáles, el área bajo la curva es igual al nivel de servicio o probabilidad de que no ocurran agotamientos, previamente establecido.

1. En primera instancia se debe estimar el valor esperado de la demanda en el tiempo de entrega. Posteriormente, se debe calcular la desviación estándar de la demanda sobre el tiempo de entrega dada por la siguiente fórmula:

$$\varphi = \sqrt{T * \sigma^2} \quad (3.7)$$

Donde:

φ = Desviación estándar sobre el tiempo de entrega.

σ = Desviación estándar de la demanda por periodo en el horizonte de planeación.

T = Tiempo de entrega.

Lo anterior proporciona una idea de la variación en el comportamiento de la demanda en el tiempo de entrega.

A partir de aquí, se tienen dos opciones:

- a. Especificar un nivel de servicio en forma porcentual (probabilidad de que no ocurran agotamientos).
- b. Especificar el nivel de servicio en forma de número de pedidos surtidos.

Si se especifica el nivel de servicio en forma de número de pedidos surtidos, debe calcularse el nivel de servicio de manera porcentual. Primeramente, se expresa el riesgo de agotamiento de existencias durante un determinado período, dado por la siguiente fórmula:

$$A = \frac{x * n}{EOQ} \quad (3.8)$$

Donde:

x = Promedio ponderado del consumo de unidades por período.

n = Número de períodos.

EOQ = Cantidad Económica a Ordenar.

Esta fórmula proporciona el número total de veces que puede haber agotamientos en el período abarcado. Con "veces" se hace referencia al número de "cantidades económicas" que pueden no ser surtidas.

Teniendo esto, se asume un riesgo de agotamiento estableciendo un número determinado de órdenes o cantidades económicas que podemos permitir no sean abastecidas (número de fallas) en el período, y se expresa en términos de probabilidad respecto del total de posibles agotamientos en el período abarcado. Esto nos proporciona la probabilidad permisible de agotamientos en dicho período; su complemento respecto de la unidad representa entonces la probabilidad de que no haya agotamientos o nivel de servicio.

Una vez que se fijó o determinó el nivel de servicio o probabilidad de que no ocurran agotamientos, debe determinarse el número de desviaciones estándar a partir de la media (número de veces de z) en una curva de distribución normal, que limiten un área bajo la curva cuyo valor sea igual a la probabilidad de que no ocurran agotamientos. Este número de desviaciones estándar puede establecerse a partir de tablas de "Áreas bajo la curva Normal" que presenten Valores de $A(z)$ entre la ordenada correspondiente a la media $f(\rho)$ y la ordenada en z ó $f(z)$. Localizando en las tablas³ el valor de $A(z)$ o, en nuestro caso, la probabilidad de que no haya agotamientos; se localiza el valor correspondiente a z , el cuál al multiplicarlo por el valor de la desviación estándar de la demanda sobre el tiempo de entrega, nos proporciona el número de unidades por período que deben mantenerse como inventario de seguridad (Ecuación 3.6).

El punto de reorden será el resultado de la suma del inventario de seguridad y el valor esperado de la demanda en el tiempo de entrega.

³ La forma general de la función que describe el comportamiento de una curva de distribución normal tiene la forma,

$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$. Las áreas bajo la curva que reportan las tablas son determinadas a partir de la integral

$P(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$, donde z representa el tamaño de paso de las abscisas a partir de la media y $P(z)$ es la probabilidad de que ocurra un evento. Al restar el valor $P(z)$ de 0.5, se obtiene $P(A)$, o bien la probabilidad de que no ocurra un evento.

CAPITULO 4. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE INVENTARIOS PROPUESTO

En este apartado se describe la metodología utilizada para llevar a cabo el análisis de la situación actual de la empresa, así como el planteamiento de la propuesta de solución a los problemas encontrados en el sistema de inventarios.

4.1. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA

Para caracterizar la situación actual se investigaron algunas de sus características generales como son Historia, Visión, Misión y Valores, estructura organizacional y proceso de producción.

A partir del panorama general actual, se realizó un análisis de información para determinar las áreas con mayor probabilidad de presentar problemas. Se determinó que en el área de inventario de materiales es donde se originan la mayoría de dificultades en cuanto a producción, almacén de producto terminado y planeación.

La propuesta de solución se realizó tomando en cuenta la teoría de inventarios, además de las diferencias que se encontraron en el punto de reorden y cantidad de materiales a ordenar. La herramienta empleada para realizar las operaciones que llevaron a la determinación de éstos parámetros fueron hojas de cálculo elaboradas en Excel.

Para establecer los posibles beneficios de la propuesta planteada tanto en el sistema productivo como en la economía de la empresa, se efectuó una comparación entre el sistema actual de inventarios de materiales y el sistema propuesto analizando las ventajas económicas. Una vez determinado el beneficio con la aplicación de la propuesta, se realizaron las conclusiones pertinentes.

4.1.1. Instrumento de Captura de Información

Para la obtención de los datos concernientes a la situación actual, se empleó la entrevista al personal que labora en cada área determinada, todo esto enfocado hacia la obtención de datos sobre eficiencia y productividad dentro del mencionado lugar.

4.1.2. Análisis de Información

Se realizó un diagnóstico cualitativo de los datos obtenidos a través de cuatro pasos enfocados a la identificación y definición del problema, así como el análisis de sus causas. Dichos pasos se enumeran a continuación:

1. *Identificación de problemas*

Con base en la información recabada, se detectaron los problemas desde una perspectiva global para profundizar posteriormente en el sistema de inventarios, área de interés del presente estudio.

2. *Definición de los problemas principales*

En esta etapa se identificaron y seleccionaron los problemas de mayor importancia en el Sistema de Inventarios, destacando en este caso el inventario de materia prima, detallando las consideraciones que se hicieron para su identificación.

3. *Análisis de las causas*

En este paso se define el origen de los problemas mediante el empleo de técnicas tales como Tormenta de Ideas y Diagrama Causa-Efecto, enlistando dichas causas por orden de importancia.

4. Consideración de la descripción cualitativa del estado futuro deseado.

La descripción del estado futuro pretende establecer un marco de referencia para las propuestas de mejora, a la vez de comparar la situación real de la empresa con un estado óptimo.

Técnicas Empleadas

La descripción de las herramientas utilizadas en la identificación de los problemas principales y sus causas, se describen a continuación:

Tormenta de Ideas

Esta técnica reúne diferentes enfoques de un grupo de trabajo para la generación de alternativas en la solución de problemas.

Diagrama Causa – Efecto

En dicho diagrama se visualiza el problema principal de una forma global y por categorías específicas, identificando las que producen mayor impacto.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA Y DEL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La propuesta que se plantea en el presente trabajo se basa en el hecho de que la empresa debe lograr un equilibrio entre un nivel de satisfacción determinado de sus clientes y el mantener un nivel de inventarios lo más bajos posibles. De esta manera se disminuyen los costos implicados en la manutención y administración de los inventarios excedentes, ya sean de producto terminado o de materiales. Para lograr el equilibrio en cuestión se planteó

la propuesta de determinar el lote económico, el punto de reorden y el ISPT óptimo. Esta propuesta es el resultado del análisis realizado en el sistema actual de inventario de materiales y está basada en el hecho de que la falta de éstos en un determinado momento, debido a un abastecimiento poco oportuno de los mismos, trae como consecuencia un inventario excesivo de producto terminado. El objetivo de la mencionada propuesta es lograr una gestión de compras que tome en cuenta los costos por mantener en inventario, la disponibilidad del suministro y la eficiencia de las entregas.

De acuerdo con el método alterno es posible mantener un mayor control y seguimiento en la adquisición de los materiales. Los cambios en la adquisición de materia prima permitirán manejar programas de producción exactos y estables, que a largo plazo resultarían en alcanzar compras *Just in Time*.

Para el desarrollo de la propuesta se determinaron de los siguientes parámetros:

- ✓ Demanda promedio anual y mensual del producto de acuerdo a los pronósticos proporcionados por la empresa.
- ✓ Cantidad económica a ordenar.
- ✓ Número de órdenes al año.
- ✓ Costo anual por ordenar.
- ✓ Demanda esperada en el tiempo de entrega.
- ✓ Inventario de seguridad óptimo de producto terminado.
- ✓ Punto de reorden.

La metodología para la determinación de éstos parámetros se describe en el siguiente apartado:

4.2.1. Metodología para la determinación de la Cantidad Económica a Ordenar, Inventario de Seguridad y Punto de Reorden

La cantidad económica a ordenar, el tiempo en el que se deben colocar las órdenes y la variedad de los productos, son factores de vital importancia en la administración de inventarios. Estos dependen o están en función del tipo de demanda que presenta el sistema de inventario, de la variación en un horizonte de planeación definido y de las características de los costos involucrados en su mantenimiento.

La cantidad óptima de artículos a ordenar por pedido se obtiene por medio de un balance entre los costos por ordenar y los costos por mantener en inventario.

El inventario de seguridad tiene la función de amortiguar las desviaciones en la demanda para evitar desabastecimiento y paros en las líneas de producción.

El punto de reorden es la cantidad de inventario remanente en bodega que nos indica el momento en que debe colocarse un nuevo pedido. Este parámetro toma en cuenta la estimación de tiempo que transcurre entre la colocación de una orden y su recepción (tiempo de entrega), la demanda esperada en este periodo y el inventario de seguridad.

Dado que la cantidad del lote económico a ordenar depende del tipo de demanda presente en el horizonte de planeación, se consideró una interacción entre los modelos de demanda determinística y los correspondientes a una demanda estocástica. Esto es debido a que el pronóstico de demanda, según la empresa, tiene un alto grado de certeza y, por otro lado, a que se considerará un inventario de seguridad y un punto de reorden propios de una demanda estocástica para prevenir un inventario cero. Esto último traería como consecuencia paros en líneas de producción y fabricación de productos con tiempo extra, situaciones que precisamente se presentan en la empresa y que pretenden ser eliminadas con la presente propuesta.

➤ **Cantidad a ordenar**

El procedimiento para la determinación de la cantidad de lote económico a ordenar es el siguiente:

1. Caracterización de la demanda de materia prima.
2. Selección del modelo matemático a emplear según las características de la demanda.
3. Identificación de las restricciones existentes dentro de la industria, presupuesto o espacio físico en almacén.
4. Investigación de los datos requeridos por el modelo seleccionado.
5. Obtención de los costos involucrados en el modelo matemático.
6. Aplicación de los modelos matemáticos para el cálculo de la cantidad económica a ordenar.

1) Obtención de la demanda de materia prima

La demanda mensual de materia prima correspondiente al presente año se obtuvo en base a un pronóstico de demanda de producto terminado, ya que la demanda de la primera está condicionada a la del segundo (Capítulo 3). En base a esto y dada la ausencia de información de demanda de materiales, la demanda de producto terminado será considerada equivalente a la de materias primas al realizar los cálculos. Esta consideración no presenta mayor problema ya que una vez establecida la demanda de producto terminado, se podrá explotar la cantidad de material necesario para fabricar los productos finales demandados. El pronóstico de demanda de producto terminado fue proporcionado por el área de ventas.

2) Selección del Modelo matemático a emplear según las características de la demanda

La tendencia de la demanda a lo largo de un horizonte de planeación es fundamental para la determinación del modelo matemático adecuado que describa el comportamiento de los sistemas de inventario.

El comportamiento de la demanda se analizó considerando los datos correspondientes a los últimos 24 periodos (demanda mensual de enero 2001 a diciembre 2002). Debido al comportamiento uniforme de la demanda (mes con mes) en los años considerados, se decidió obtener el lote económico y punto de reorden con base en la propuesta de mantener una producción como actualmente se realiza, esto es, siguiendo la demanda mensual pero tomando en consideración los costos por ordenar.

Un criterio adicional empleado en la selección del modelo matemático fue la determinación del coeficiente de variabilidad de la demanda V , derivado de la Regla de *Peterson Silver*, según el cuál:

- Si el coeficiente de variabilidad $V \leq 0.25$, se emplea un modelo *EOQ*.
- Si el coeficiente de variabilidad $V > 0.25$, se usa un modelo de tamaño de lote dinámico.

El coeficiente de variabilidad es igual a la varianza de la demanda entre el cuadrado de la demanda promedio por periodo.

Para nuestro caso en particular, se determinó el coeficiente de variabilidad tomando en consideración la demanda correspondiente a los últimos 24 periodos mensuales de producto terminado.

Así, en base a los resultados obtenidos, se decidió emplear un modelo estático para la obtención del lote económico a ordenar, que supone una demanda uniforme en el horizonte de planeación. Los modelos estáticos parten de ciertas suposiciones para generar una ecuación que representa la situación de un sistema de inventarios lo más cercana a la realidad. Para efectos del presente estudio, las suposiciones en cuestión son las siguientes:

- Los costos por mantener en inventario, costos por ordenar y demanda anual pueden ser estimados.
- Las órdenes recibidas son reabastecidas con un tiempo de entrega previamente acordado con los proveedores.
- La demanda se considerará uniforme en períodos mensuales.
- Los materiales son generalmente agotados cuando la siguiente orden es recibida.
- Los costos por faltantes se ven reflejados en el área de producción y en el ISPT.
- El costo unitario es constante en el horizonte de planeación.

Por tanto, el modelo a emplear para la determinación de la cantidad económica a ordenar no considera costos por faltantes, aunque éstos se tomarán en cuenta en etapas posteriores de la propuesta.

La Cantidad Económica a Ordenar (EOQ) se obtuvo a través de un modelo de EOQ sencillo para artículos que son suministrados de forma individual, sin faltantes.

3) Identificación de las restricciones existentes dentro de la Industria, presupuesto o espacio físico en almacén

En cuanto a las restricciones de espacio respecta, se cuenta con un amplio espacio físico en almacén ya que un porcentaje considerable de la materia prima ordenada es abastecida directamente al área de producción.

De acuerdo a nuestra propuesta, las cantidades óptimas a ordenar contemplan un balance de costos. Tales cantidades no excederán los gastos actuales por retener materiales en inventario, por lo tanto, las restricciones económicas no representan un problema para la implementación de dicha metodología.

4) Identificación de los datos requeridos por el modelo seleccionado

Los datos necesarios para el modelo seleccionado son:

- Costo unitario del producto: $c [=] \$ / unidad.$
- Demanda anual del producto: $D [=] unidades / año.$
- Costos fijo por ordenar un grupo de artículos: $S [=] \$ / orden.$
- Tiempo de reabastecimiento entre pedidos (tiempo de entrega) = $T.$
- Costos por mantener en inventario.

La información necesaria para obtener los costos por ordenar, por mantener en inventario y por faltantes, se mencionan a continuación:

Costos por ordenar

- Percepciones anuales del personal de compras y del departamento de calidad (inspección del material).
- Costo unitario de llamadas telefónicas.
- Número de órdenes anuales (actual).

Costos por mantener en inventario

- Percepciones anuales del personal sindicalizado y administrativo del almacén de materia prima.
- Renta del inmueble.
- Inversión en inventario de materiales.
- Tasa anual bancaria.

Costos por faltantes

- Costos por hora extra de un operario de las líneas de producción.
- Número de horas extras al año.
- Excedente de ISPT.

Estos costos fueron calculados sólo con fines de evaluación de la propuesta.

5) Obtención de los costos

La descripción detallada para la obtención de cada uno de los costos es la siguiente:

Costos por ordenar

1. Se obtuvo la suma de las percepciones del personal que participa en la colocación de las órdenes de materia prima, en la recepción de la misma y por el jefe de área.
2. Igualmente, fue evaluado el costo total de llamadas telefónicas, multiplicando el costo unitario por llamada por el número de órdenes realizadas anualmente.
3. La suma de los puntos anteriores nos proporcionó el costo total por ordenar, el cual dividido entre el número total de órdenes nos da su vez el costo promedio por colocar una orden.

Costos por mantener en inventario

1. Inicialmente se evaluó la inversión anual en almacén de materiales (*IT*), multiplicando el costo unitario del producto por su demanda.
2. Se determinó el total de las percepciones anuales del personal que labora en almacén de materiales (sindicalizados, administrativos y el jefe de área).
3. Se obtuvo el costo de oportunidad de la inversión en inventario de seguridad de materiales. Para ello se utilizó la tasa pasiva en cuentas de inversión bancarias, que van del 3 al 4% mensual, aplicando el factor de interés compuesto en período anual.
4. La suma de las percepciones totales del personal, el costo de oportunidad y la renta del inmueble, nos da como resultado el costo total por mantener en inventario (*CTM*).
5. Posteriormente, se calculó el porcentaje que representa los costos totales por mantener en inventario respecto de la inversión total anual mencionada en el punto 1, es decir:

$$i(\%) = \frac{CTM * 100}{IT}$$

Costos por faltantes

La eliminación de los costos por faltantes puede ser alcanzada implementando y siguiendo la propuesta ya mencionada, tales costos se calcularon para fines de evaluación y solución a los problemas identificados en la administración de inventarios.

Los costos por faltantes, para el caso de un inventario de materiales, se identifican según el grado de perjuicio que ocasionen en el Plan Maestro de Producción y en la entrega de pedidos a tiempo. Para evitar esto, la empresa mantiene un ISPT de 15 días, lo que ocasiona que se tenga una cierta cantidad de dinero retenida en inventario. Así, este inventario se consideró como un costo por faltantes de materia prima.

Los costos por faltantes se determinaron de la siguiente manera:

1. Se determinaron los costos por tiempo extra requerido anualmente. El costo por tiempo extra por turno se obtuvo multiplicando el costo estándar por hora extra por línea por el número de líneas. Posteriormente, este costo también se multiplicó por el número de horas extras anuales.
2. Los costos por faltantes, representados por el excedente de ISPT, son el resultado de la diferencia en costo entre el inventario de seguridad actual y el óptimo.

La teoría referente a la determinación del inventario de seguridad óptimo de producto terminado es muy amplia y, generalmente, es objeto de un estudio por separado. Para efectos del presente trabajo, únicamente interesa su relación con costos por faltantes; a partir de esto, se empleará un modelo sencillo de porcentaje de existencias de seguridad para un nivel de servicio por orden para períodos múltiples, que considera el riesgo de agotar las existencias durante el tiempo de entrega de pedidos. Los siguientes pasos describen el proceso de obtención del inventario de seguridad óptimo para el modelo en cuestión:

- i) Calcular el promedio diario de requerimiento de unidades por mes. Esto se obtiene al dividir la demanda mensual de materiales⁴ (año 2002) entre 23 días hábiles.

⁴ A fin de establecer una desviación estándar confiable de la demanda para el cálculo del inventario de seguridad de producto terminado, se consideran los datos históricos (reales no pronosticados) de demanda del año 2002. Los demás

- ii) Calcular el promedio diario de requerimiento de unidades en el año realizando el promedio de los datos obtenidos en el punto anterior.
- iii) Calcular la desviación estándar sobre el tiempo de entrega (ecuación 3.7) de la demanda promedio diaria de unidades por mes calculada en el punto i.
- iv) Especificar el nivel de servicio en forma porcentual (probabilidad de que no ocurran agotamientos).
- v) Localizar en las tablas del Apéndice A el valor del nivel de servicio determinado para posteriormente situar el valor correspondiente a z , que mide el número de desviaciones estándar a partir de la media.
- vi) El número de unidades promedio de inventario de seguridad óptimo se obtiene multiplicando z por la desviación estándar de la demanda en el tiempo de entrega (Ecuación 3.6).
- vii) El inventario de seguridad óptimo expresado en días de consumo promedio en el horizonte de planeación, se obtiene dividiendo el resultado del punto anterior entre el promedio diario de requerimiento de unidades en el año (punto ii).

Hasta este punto se ha determinado el número óptimo de días de consumo promedio que deben mantenerse en ISPT por período mensual. A fin de evaluar la diferencia en inversión en ISPT (tanto del método actual como del propuesto), se requiere transformar los días de inventario en unidades, empleando ésta vez el pronóstico de demanda para el año en curso:

parámetros considerados en este estudio utilizan datos pronosticados de demanda proporcionados por la empresa, salvo los que se especifican.

Metodología para el Desarrollo del Sistema de Inventarios Propuesto

viii) Primeramente, se calcula el promedio diario de requerimiento de unidades para el año 2003 de forma similar a los puntos i y ii.

ix) El número de unidades en ISPT (actual y óptimo) se obtiene al multiplicar el resultado del punto anterior por el número de días de inventario de seguridad, y el óptimo determinado en el punto vii, respectivamente.

x) Se calcula la inversión en ISPT del método actual y del propuesto al multiplicar el costo unitario del artículo por los resultados obtenidos en el punto anterior.

3. La inversión excedente entre el inventario de seguridad actual y el óptimo se somete a un análisis de oportunidad para obtener las pérdidas monetarias causadas por el desabasto de materiales.

4. La suma del costo de oportunidad del punto anterior y los costos por incurrir en horas extras nos arroja el total de costos por faltantes.

6) Aplicación de los modelos matemáticos

Como ya se mencionó, la Cantidad Económica a Ordenar se obtuvo a través de un modelo sencillo sin faltantes para artículos que son suministrados de forma individual, ya sea por que el tamaño de lote requerido sea extenso o por una demanda anual pequeña.

1. La cantidad económica a ordenar esta dada por:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{tc}}$$

Donde:

D = Demanda anual para el producto.

S = Costo promedio por colocar una orden.

i = Costo anual por mantener en inventario (% por año).

c = Costo unitario del artículo.

2. Con base a esta cantidad económica a ordenar, se puede establecer un nuevo número óptimo de órdenes en un periodo, el cuál será el resultado de la razón de la demanda por período respecto de la cantidad económica a ordenar.
3. De igual forma que en el punto precedente, los nuevos costos por ordenar serán el resultado del producto del costo promedio por colocar una orden y el número óptimo de órdenes por periodo determinados en el punto anterior.

Inventario de Seguridad de Materia Prima

A pesar de que el modelo empleado para la determinación de la cantidad económica a ordenar supone una demanda determinística, en la realidad no puede tenerse una certeza total acerca del comportamiento de la demanda. De esta manera, resulta necesario tener un inventario de seguridad como amortiguador entre el tiempo de abastecimiento (por parte de los proveedores) y la incertidumbre en la demanda, esto para no incurrir en un inventario cero.

El nivel de inventario de seguridad depende del nivel de satisfacción que se pretenda dar al cliente (nivel de servicio), y es de suponerse que cualquier industria pretenda satisfacer la demanda con el mínimo de retrasos. Sin embargo, el mantener un nivel alto en inventario de materiales no resulta ser la mejor opción debido a los costos que implica mantener una gran cantidad de materia prima en almacén.

Al igual que en el caso del ISPT, es posible determinar un nivel de inventario de materia prima óptimo. No obstante, debido a la carencia de información respecto a la demanda de materiales, no es posible establecer una desviación estándar confiable. Por tanto, con base en la teoría, se empleó un criterio de acuerdo a una clasificación ABC de materiales para el establecimiento del inventario de seguridad de materiales óptimo:

- De 2 semanas para los productos A.
- De 1.5 meses para los productos B.
- Aproximadamente de 3 meses para los productos C.

En un sistema de inventarios no es necesario dar el mismo grado de atención a todos los productos, un análisis ABC separa los productos más importantes de los menos trascendentes. Los criterios que se emplean generalmente para esta clasificación están en función de la inversión monetaria retenida en inventarios, siendo los productos A los que mayor inversión representan.

Así, dado que en el presente estudio sólo se está considerando un producto y por tanto una materia prima, se tomará el inventario de seguridad correspondiente a los productos A.

Aunque este criterio fue tomado de Sipper y Bulfin (1998)⁵, posteriormente puede ser sometido a evaluación por parte del personal directivo, contemplando la holgura en los tiempos de reabastecimiento establecidos con sus proveedores.

⁵ Sipper Daniel, Bulfin Robert I. Planación de y Control de la Producción. McGraw Hill. 1ª edición al español, Julio 1998.

Punto de reorden

Una vez conocido el ISPT, se puede establecer un punto de reorden como a continuación se enlista:

1. Determinar la demanda esperada durante el tiempo de reabastecimiento. Esto se obtiene al multiplicar la demanda promedio por día al año por el número de días en que se reabastece la empresa.
2. El punto de reorden es el resultado de la suma de la demanda esperada durante el tiempo de reabastecimiento y el ISPT.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis comprende una descripción de los resultados generales obtenidos en el desarrollo de la propuesta, así como una evaluación económica resultado de la comparación del modelo actual con el presupuesto.

5.1 RESULTADOS GENERALES

5.1.1. Selección del Modelo de Cantidad Económica a Ordenar

Como se mencionó en el capítulo anterior, para determinar el modelo de la cantidad económica a ordenar y el punto de reorden, se realizó un análisis del comportamiento de la demanda mensual de los últimos 24 períodos; además del criterio del coeficiente de variabilidad de la demanda (V) derivada de la Regla de Peterson-Silver (Ecuación 3.5).

En las figuras 5.1 y 5.2 se muestra el comportamiento de la demanda de los períodos en cuestión. Los incrementos más radicales se presentan en el 4° y 5° bimestres en ambos años, en donde se rebasan las 35,000 unidades de productos demandados. Se puede observar que las cantidades mensuales presentan una tendencia uniforme a lo largo del año con incrementos y decrementos proporcional y cualitativamente semejantes en períodos similares. El primer, segundo y quinto períodos del año 2001 muestran un comportamiento contrario a sus correspondientes del año 2002; sin embargo, la tendencia se conserva uniforme para los períodos restantes.

Al aplicar la prueba de Fisher⁶ a la demanda mensual de ambos años, se obtuvo un valor de 0.9820 lo cual indica que no existe una diferencia significativa entre ambas tendencias.

Con base en esta tendencia, y para fines prácticos, se determinó emplear un modelo estático para la obtención del lote económico a ordenar en un horizonte de planeación anual de doce periodos y continuar la producción siguiendo la demanda mes con mes, como hasta ahora se ha venido realizando. Cabe recordar que un modelo estático de tamaño de lote económico supone una demanda uniforme en el horizonte de planeación.

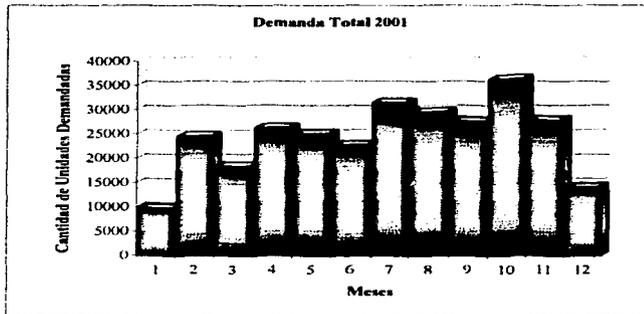


Fig. 5.1. Demanda total del año 2001.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

⁶ La prueba de Fisher proporciona la probabilidad de que las varianzas de dos muestras no presenten diferencias significativas. Si el valor encontrado tiende a cero, las muestras son diferentes; si el valor tiende a uno, las muestras son similares.

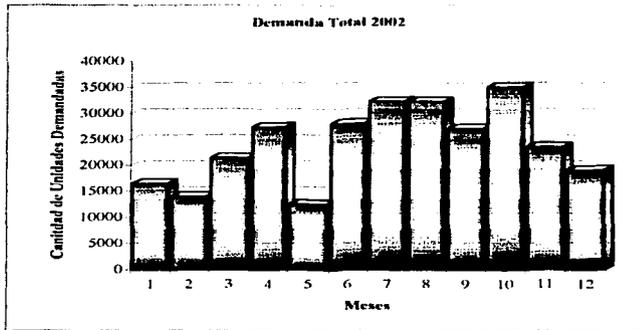


Fig. 5.2. Demanda total del año 2002.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El cálculo del coeficiente de variabilidad de la demanda (según la regla Peterson-Silver) arroja un resultado de -0.9999 , reforzando el uso de un modelo estático de tamaño de lote.

5.1.2. Costos por mantener en inventario

Primeramente, se determinó el monto total anual de la inversión en inventario de materia prima, con esto se calcula el porcentaje que de esta cantidad representan los costos por mantener en inventario. Dicho monto se obtuvo realizando la multiplicación de la demanda total anual del producto por su costo unitario, resultando la siguiente cantidad:

Demanda Anual Total (unidades)	Costo Unitario (\$)	Monto de la Inversión (\$)
299,940	140	41,991,600

Tabla 5.1. Inversión total anual en inventario de materia prima.

Los montos considerados para determinar los costos por mantener en inventario se ilustran en la tabla 5.2.

COSTOS POR MANTENER EN INVENTARIO		
	Mensual	Anual
Personal sindicalizado de almacén (28)	\$ 67,200.00	\$ 806,400.00
Personal administrativo de almacén (2)	\$ 16,000.00	\$ 192,000.00
Jefe	\$ 18,000.00	\$ 216,000.00
Totales	\$ 101,200.00	\$ 1,214,400.00
Renta	\$ 112,000.00	\$ 1,344,000.00
<i>Costo de oportunidad</i>		
Inversión de inventario de seguridad de materiales		\$ 2,282,152.17
	<i>Tasa anual</i>	<i>Costo de Oportunidad</i>
Tasa Bancaria de cuentas de inversión	0.04	\$ 91,286.09
Costos totales por mantener en inventario		\$ 2,649,686.09
Inversión Total Anual por Mantener en Inventario		\$ 41,991,600.00
Porcentaje del costo total anual por mantener en inventario (%)		6.3

Tabla 5.2 Costos por Mantener en Inventario.

Los costos por mantener en inventario son similares tanto para el sistema que se conserva actualmente como para el propuesto; esto es debido a que las variables involucradas no varían con la implementación de la propuesta. Sería posible disminuir estos costos si se estableciera, por un lado, el recorte de personal y por otro, una disminución en el inventario de seguridad de materiales. Sin embargo, estos factores traerían complicaciones a la empresa más que un beneficio inmediato.

El despido de personal, a nuestra consideración, no resulta ser una propuesta ética ya que pueden manipularse otras variables. Por otro lado, es posible que el beneficio en cuanto a la disminución de costos por salarios no resultara muy significativo. Además, el proponer el recorte de personal en el área de almacén, implicaría la evaluación de su desempeño para determinar que tan indispensable resulta su trabajo; y si es conveniente prescindir de sus servicios o no, lo cuál está fuera del contexto del presente estudio.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

De igual forma, un posible beneficio en la disminución en inventario de seguridad de materiales se vería reflejado en un decremento del costo de oportunidad en este rubro y, consecuentemente, en los costos totales por mantener en inventario. Sin embargo, reducir el costo de oportunidad no representa una buena opción, dado que el correspondiente al inventario de seguridad actual representa tan solo un 3.6% de los costos asociados con la administración de los inventarios y almacenaje.

Aunado a esto, lejos de representar un beneficio económico, una reducción del nivel de inventario de seguridad de materia prima agravaría la situación de desabasto de materiales. Cabe recordar que dicho desabasto fue identificado como una de las causas principales de la problemática encontrada en el sistema de inventarios y el agravarlo resultaría contradictorio, ya que fue tomado como punto de partida para la elaboración de esta propuesta.

Retornando a la tabla 5.2, puede observarse que los costos totales por mantener en inventario se encuentran repartidos de manera un tanto uniforme entre el costo por almacenaje (renta) y los costos por administración de los inventarios (percepciones del personal), esto es debido a que sus valores se encuentran en el orden del millón de pesos, lo que aparentemente nos indica que se encuentran balanceados.

En apariencia, el costo de oportunidad no se encuentra balanceado respecto a los anteriores, ya que su valor es aproximadamente 1/10 respecto de éstos. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que sólo se está considerando el costo de oportunidad que representa mantener en inventario un solo producto y no la totalidad de la gama que maneja la empresa⁷.

⁷ Cabe aclarar que debido a la carencia de datos respecto a la demanda de la totalidad de productos de tipo mecánico que se manejan, no fue posible estimar el porcentaje de renta y el de las percepciones administrativas correspondientes sólo a la gestión del producto que se está considerando (tubo de acero al carbón de 3"), por lo que se tomaron en cuenta la totalidad de las percepciones para realizar los cálculos.

5.1.3. Costos por ordenar

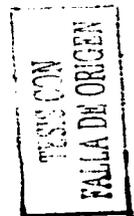
Estos fueron determinados de la siguiente manera: Se sumaron las percepciones del personal relacionado con la adquisición y control de los materiales, así como las llamadas correspondientes al número de órdenes realizadas en el transcurso del presente año (febrero 2003) y estimadas en el resto. El número de órdenes estimadas fue proporcionado por la empresa. Estos costos se presentan en la tabla 5.3.

De acuerdo con la propuesta, los costos por ordenar fueron obtenidos al aplicar el modelo de cantidad económica a ordenar y se determinó el número óptimo de pedidos por período. El costo promedio por ordenar se considera constante en ambos métodos ya que éste es unitario e incluye los costos relacionados con las percepciones del personal.

Con una demanda anual de 299,940 unidades, un costo promedio por ordenar de \$2,401.56, un costo unitario de \$ 140.00 y un costo total anual por mantener en inventario expresado en porcentaje de 6.3 %, se obtuvo una cantidad económica a ordenar de 12,770 unidades/orden. Al dividir la demanda mensual y la anual entre este valor de EOQ, se obtiene el número óptimo de pedidos por año para la propuesta.

COSTOS POR ORDENAR (MÉTODO ACTUAL)		
	Mensual (\$)	Anual
Personal de compras (2)	\$ 18,000.00	\$ 216,000.00
Inspección (1)	\$ 10,000.00	\$ 120,000.00
Control de Calidad (4)	\$ 28,000.00	\$ 336,000.00
Jefe	\$ 18,000.00	\$ 216,000.00
Total	\$ 74,000.00	\$ 888,000.00
Órdenes por año		300
Costo unitario por llamada	\$	1.56
Costo total de llamadas	\$	468.00
Costo anual por ordenar	\$	720,468.00
Costo promedio por orden	\$	2,401.56

Tabla 5.3. Costos por Ordenar (Método Actual).



Posteriormente, los costos por ordenar para la propuesta se obtuvieron simplemente al multiplicar el número total óptimo de órdenes por el costo fijo por ordenar. Los resultados se presentan a continuación (Tabla 5.4):

COSTOS POR ORDENAR (Propuesta)		
Costo promedio por orden	\$ 2,401.56	
Período	No. de órdenes	Costo anual por ordenar (hacer pedidos)
1 año	23	\$ 56,406.47

Tabla 5.4. Costos por Ordenar (Propuesta).

5.1.4 Costos por faltantes

Como ya se mencionó, para poder hacer la evaluación de la propuesta fue necesario considerar los costos por faltantes en el sistema actual. Estos costos se muestran en la tabla 5.5.

COSTOS POR FALTANTES		
Costo por horas extras		
Líneas en el 1er turno, donde se trabajan horas extras	30	
Tiempo extra por línea durante un turno (mensual)	17	
Costo por una hora extra	\$ 28.32	
	Mensual	Anual
Tiempo en horas que trabaja una línea de ensamble por turno	166	1992
Costo total por horas extra	\$ 14,443.2	\$ 173,318.4
Costo por inventario de seguridad de Producto Terminado		
Excedente de la inversión en inventario de seguridad	\$ 2,023,793.35	
Tasa de Interés bancaria anual	0.04	
Costo de oportunidad del excedente anual	\$ 80,951.73	
TOTAL DE COSTOS POR FALTANTES	\$ 254,270.13	

Tabla 5.5. Costos por Faltantes.

FALLA DE ORDEN

Los dos factores considerados para evaluar los costos por faltantes fueron:

1. El costo que representa el hacer paros de líneas por falta de abastecimiento oportuno de materiales para la producción y
2. El costo que representa mantener el ISPT en exceso como consecuencia de la falta de certidumbre para abastecer oportunamente a los clientes, debido también a la carencia de materiales en el tiempo preciso.

Como puede observarse en los resultados, los paros de línea se traducen en costos por horas extras, cuyo monto asciende a \$ 173,318.4 al año. El costo por mantener un exceso de inventario de producto terminado, que es representado por el costo de oportunidad del excedente, asciende a \$ 80,951.73.

5.1.5. Punto de reorden

Para contrarrestar el desabasto de materiales y sus efectos negativos en los demás departamentos, se planteó un punto de reorden de materiales que toma en cuenta el tiempo máximo de entrega de los proveedores (ocho días), la demanda esperada en este lapso y el ISPT óptimo (1.69 días de consumo promedio al año). El punto de reorden en cuestión, fue calculado mediante la suma de estos dos últimos factores y los resultados se presentan la tabla 5.6.

Demanda Anual (Unidades)	Demanda Promedio por Día Anual (Unidades)	Inventario de Seguridad Óptimo (Unidades)	Demanda Esperada en el Tiempo de Entrega (Unidades)	Punto de Reorden (Unidades Recomendadas en Inventarios)
299,940	1,087	1,845	8,694	10,539

Tabla 5.6. Punto de reorden.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.2 EVALUACIÓN

A fin de realizar la evaluación de la propuesta, se comparó el sistema empleado actualmente y el sistema planteado. En la tabla 5.7 se presentan los resultados finales obtenidos.

	Método Actual	Método propuesto
Costo totales por mantener en inventario (anual)	\$ 2,649,686.09	\$ 2,649,686.09
Costos anuales por faltantes		
Costos por horas extras	\$ 173,318.40	0.00
Costo por inventario excedente de PT	\$ 80,951.73	0.00
Inversión en inventario de seguridad de PT	\$ 2,282,152.17	\$ 258,358.82

Tabla 5.7. Comparativo de costos entre el método actual y el propuesto.

Con la metodología presentada se obtienen los siguientes resultados:

- Eliminación de costos por faltantes de \$254,270.13
- Disminución en la inversión en ISPT de \$ 2,023,793.53

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Cabe aclarar que la disminución en inversión en ISPT trae como consecuencia una reducción en los costos por faltantes, reflejada en la eliminación del costo por inventario excedente de producto terminado.

Tomando la diferencia de los costos (no la reducción en inversión) en ambos sistemas y utilizando la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) del 11 % que maneja la empresa, se procede a calcular el valor presente del capital invertido ociosamente en la empresa con el método actual.

Para realizar lo anterior, primeramente se llevará a cabo la comparación entre ambos sistemas referente a costos de manera mensual, dividiendo los costos reportados en la tabla 5.7 entre doce períodos. Los resultados se presentan en la tabla 5.8.

Costos Involucrados	Método Actual	Propuesta
Costo mensual por mantener en inventario	\$ 220,807.17	\$ 220,807.17
Costo mensual por horas extras	\$ 14,443.20	0.00
Costo mensual por inventario excedente de PT	\$ 6,745.98	0.00
TOTAL	\$ 241,996.35	\$ 220,807.17

Tabla 5.8. Comparativo de costos entre el método actual y el propuesto (mensual).

Con estos cálculos se obtiene una diferencia total de \$ 21,189.18 Utilizando el valor presente de esta cantidad, con un periodo de 12 meses y una tasa de descuento del 11% que representa la TMAR de la empresa, se obtiene:

$$\text{Valor Presente} = \$ 21,189.18 (11\%, 12\text{meses}) = \$ 137,567.69$$

Esta cantidad representa el capital ocioso invertido en el sistema actual de inventarios para el producto considerado. Este cálculo se desglosa en la tabla 5.10.

Tasa de Interés	0.11
Cantidad Inicial	\$ 21,189.18
No. Período	Flujos de efectivo acumulados
1	\$ 19,089.35
2	\$ 17,197.61
3	\$ 15,493.34
4	\$ 13,957.97
5	\$ 12,574.75
6	\$ 11,328.60
7	\$ 10,205.95
8	\$ 9,194.55
9	\$ 8,283.37
10	\$ 7,462.50
11	\$ 6,722.97
12	\$ 6,056.73
TOTAL	\$ 137,567.69

Tabla 5.10. Desglose del valor presente neto del exceso de inversión total.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES

En nuestro país, el nivel gerencial en algunos sectores suele dirigir a las empresas tomando decisiones importantes conforme se van presentando los acontecimientos. Esto lo efectúan sin prever las condiciones o situaciones futuras.

La planificación de la producción es el fundamento de la gestión administrativa. Sin un plan bien definido, no hay bases para establecer cuáles deben ser las acciones que la empresa ha de tomar en el futuro y tampoco existen referencias que permitan comparar lo conseguido con lo que se hubiera deseado obtener.

La Gestión de los inventarios en la producción tienen una doble misión. Por una parte, permite conocer y controlar el estado de aquellos bienes que forman parte del proceso: maquinaria, moldes, envases, materias primas, etc. y, por otra, sirven como elemento de estabilización entre la capacidad productiva y los requerimientos de los clientes. Por tanto, constituyen un factor en las estrategias de la empresa, de aquí que unas decidan tener inventarios, siguiendo una cierta política y otras no.

Desde esta última perspectiva, hay que considerar que en las empresas existen objetivos en conflicto en cuanto a los inventarios. De una parte, los departamentos de finanzas prefieren mantener los niveles bajos, porque ello libera capital para otros usos. De otra, los departamentos de producción y ventas desean altos niveles de inventarios, porque ello asegura la continuidad de la producción y el suministro a los clientes.

Lo ideal para cualquier empresa es lograr un equilibrio entre estos objetivos en conflicto, asegurando de esta forma la continuidad de la producción y evitar el uso o inversión de capital ocioso en la empresa.

En base a lo anterior, el caso práctico del presente estudio se enfocó a la aplicación de la metodología de gestión de inventarios en una empresa del ramo metal-mecánica, a fin de hacer más eficiente el suministro al cliente y reducir los costos implicados en la administración de inventarios, tanto de materiales como de producto terminado.

Analizando la problemática de la empresa en cuanto a la administración de la producción se refiere, se identificaron los siguientes problemas: Falta de abastecimiento de materiales, paros en las líneas de producción y utilización de horas extras, inadecuada comunicación entre distintas áreas, entre otras.

El exceso en inventario de producto terminado y el abastecimiento poco oportuno de los materiales fueron identificados como la consecuencia final y la causa principal de todos estos problemas, respectivamente. En base a esto, la propuesta de solución se encaminó a la gestión de inventarios de materiales y se planteó determinar la cantidad económica a ordenar, el punto de reorden, el inventario de seguridad de materiales y el ISPT óptimos, a fin de contrarrestar la problemática ya mencionada. Con la determinación de éstos parámetros fue posible mejorar el abastecimiento de los materiales eliminando los trabajos extras por paros de línea y sus costos asociados, así como una disminución considerable en el inventario de producto terminado.

El inventario de seguridad se realizó por medio de un modelo probabilístico que toma en cuenta el plazo de adquisición de los materiales; permitiendo mantener un alto nivel en el servicio hacia los clientes (0.90), conservándolo como ventaja competitiva de la empresa.

Se realizó una evaluación económica de la propuesta comparando el método actual (que emplea un modelo de inventarios con faltantes) con el modelo planteado (que utiliza un modelo de lote económico a ordenar sin faltantes). Con lo anterior se determinó el beneficio económico que la propuesta trae para la empresa, obteniéndose que la diferencia de los costos involucrados en los dos sistemas es de \$21,189.18 .

Utilizando la TMAR del 11 %, se calculó el valor presente que es de \$ 137,567.69 el cual representa el capital ocioso invertido en el sistema actual de inventarios. La empresa podría emplear dicho capital en la reducción de créditos o adeudos sobre los cuales paga intereses, llámese créditos bancarios o aquellos otorgados por los proveedores.

Con la implantación de la propuesta se lograría hacer más eficiente el sistema de control de inventarios, tanto de materiales como de producto terminado; igualmente se obtendría una disminución en los costos asociados a la administración de los mismos para el producto considerado en el presente estudio.

Los beneficios para la empresa aumentarían si el modelo planteado se aplicara a la totalidad de la gama de productos que se manejan, de forma similar como se hizo para el tubo de acero al carbón de 3".

2. RECOMENDACIONES

A fin de complementar la propuesta planteada, a continuación se presentan algunas recomendaciones para que la empresa mejore su organización y administración, trayendo como consecuencia una mayor rentabilidad.

➤ *Evaluación de otros costos involucrados en la administración de inventarios*

En la determinación de los costos relacionados a la administración de inventarios, algunos fueron considerados como irrelevantes para el caso que ocupa el presente trabajo. No obstante, cualquier proceso administrativo empleado en el mantenimiento de inventario puede modificar los valores de las variables de decisión.

➤ *Establecer una comunicación eficiente con los proveedores*

Los proveedores deben conocer con anticipación la tendencia de la demanda por parte de su empresa cliente, así como su magnitud aproximada para poder responder eficientemente a los suministros que le son requeridos y causar un alto nivel de servicio en la cadena productiva. Estableciendo una comunicación eficiente entre proveedor y cliente, se induce a una reacción más confiable en el proveedor en el caso de un requerimiento extra de materia prima.

Con esto, paulatinamente se podría lograr el desarrollo de proveedores estratégicos y una optimización en la cadena productiva⁸. Aunado a la reducción de costos de suministro y de financiamiento por almacenamiento, es posible disminuir los riesgos de encarecimiento, aumentar la flexibilidad en tiempo y volumen, aminorar la inversión en activos fijos, y optimizar el nivel de servicio y los tiempos de entrega.

⁸ El término cadena productiva se refiere a la integración de las actividades relacionadas con los materiales, su transformación en productos intermedios y finales, así como su distribución a los clientes.

➤ *Dar seguimiento al sistema de control de inventarios propuesto*

La flexibilidad de un sistema de control de inventarios radica en su seguimiento adecuado, ya que permite evaluar las variables de control para definir cuales continúan con la misma política de control y cuales se modifican de acuerdo a los sucesos que se presenten a lo largo de su vigencia.

➤ *Control eficiente de la administración de las operaciones*

A fin de permitir un control eficiente de la administración de las operaciones, se deben crear métodos de evaluación o indicadores de logro que valoren la eficiencia de las acciones y el impacto de éstas sobre la economía de la empresa (índices de rendimiento, medidas de error, etc.).

➤ *Reestructuración de las funciones del departamento de compras*

Delimitar adecuadamente las labores de cada departamento evitaría la duplicación de información, pérdida de tiempo del que disponen los empleados y proporcionaría un enfoque centrado en las necesidades de cada departamento. Particularmente, se plantea la posibilidad de que la selección, evaluación y desarrollo de proveedores esté a cargo del personal de compras. Esto último se basa en que gran parte de las tareas en éste rubro están relacionadas con la capacidad de los proveedores para abastecer la demanda de materiales y no sólo con la calidad.

➤ *Establecer un sistema de comunicación eficiente y confiable entre los departamentos*

Es prioridad redefinir la cultura organizacional de la empresa antes de poder entablar un sistema de comunicación eficiente. Dicho concepto establece que los valores y creencias dentro de una cultura afectan la habilidad de los empleados para resolver problemas, actuar ante nuevas oportunidades y desarrollar su potencial.

Por medio del análisis de los elementos que conforman la cultura de una organización se puede comprender el porqué y cómo se actuará ante diferentes circunstancias; además de que se podrá entablar una mejor comunicación al conocer los intereses comunes que se tienen como empresa.

BIBLIOGRAFÍA

Forgaty, D.; Blackstone, J.; Hoffmann, T.; "Administración de la Producción e Inventarios". Compañía Editorial Continental. México, D.F., 1997.

Jonson, R. "Administración Financiera". Compañía Editorial Continental. México, D.F. 1990.

Mason, R. "Estadística para Administración y Economía". Editorial Alfa Omega. México, D.F., 1992.

Narasimhan, S.; Mc Leavey, D.; Billington, P. "Planeación de la Producción y Control de Inventarios". Editorial Prentice Hall, Hispanoamericana. 2ª edición. México, D.F. 1996.

Shao, S. "Estadística para Economistas y Administradores de Empresas". Editorial Herrero Hermanos. 2ª edición. México, D.F., 1986.

Sipper, D.; Bulfin, R. "Planeación y Control de la Producción". Editorial Mc Graw-Hill. México, D.F. 1998.

Taylor, G. "Ingeniería Económica". Editorial Limusa. México, D.F. 1992.

APÉNDICE A

TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA LA OBTENCIÓN DE INVENTARIO DE SEGURIDAD⁹

Tabla de distribución normal de unidades

Número de desviaciones estándar del Inventario de Seguridad (z)	Riesgo de agotar existencias P(z)	Probabilidad de no agotar existencias P(A)	Número de desviaciones estándar del Inventario de Seguridad (z)	Riesgo de agotar existencias P(z)	Probabilidad de no agotar existencias P(A)
0.00	0.5	0	0.36	0.3594236	0.1405764
0.01	0.4960106	0.0039894	0.37	0.3556913	0.1443087
0.02	0.4920216	0.0079784	0.38	0.3519728	0.1480272
0.03	0.4880335	0.0119665	0.39	0.3482683	0.1517317
0.04	0.4840465	0.0159535	0.40	0.3445783	0.1554217
0.05	0.4800611	0.0199389	0.41	0.3409030	0.1590970
0.06	0.4760777	0.0239223	0.42	0.3372428	0.1627572
0.07	0.4720968	0.0279032	0.43	0.3335979	0.1664021
0.08	0.4681186	0.0318814	0.44	0.3299686	0.1700314
0.09	0.4641435	0.0358565	0.45	0.3263552	0.1736448
0.10	0.4601721	0.0398279	0.46	0.3227581	0.1772419
0.11	0.4562046	0.0437954	0.47	0.3191775	0.1808225
0.12	0.4522415	0.0477585	0.48	0.3156137	0.1843863
0.13	0.4482832	0.0517168	0.49	0.3120670	0.1879330
0.14	0.4443300	0.0556700	0.50	0.3085375	0.1914625
0.15	0.4403823	0.0596177	0.51	0.3050257	0.1949743
0.16	0.4364405	0.0635595	0.52	0.3015318	0.1984682
0.17	0.4325051	0.0674949	0.53	0.2980559	0.2019441
0.18	0.4285763	0.0714237	0.54	0.2945985	0.2054015
0.19	0.4246546	0.0753454	0.55	0.2911597	0.2088403
0.20	0.4207403	0.0792597	0.56	0.2877397	0.2122603
0.21	0.4168339	0.0831661	0.57	0.2843388	0.2156612
0.22	0.4129356	0.0870644	0.58	0.2809573	0.2190427
0.23	0.4090459	0.0909541	0.59	0.2775953	0.2224047
0.24	0.4051652	0.0948348	0.60	0.2742531	0.2257469
0.25	0.4012937	0.0987063	0.61	0.2709309	0.2290691
0.26	0.3974319	0.1025681	0.62	0.2676288	0.2323712
0.27	0.3935802	0.1064198	0.63	0.2643472	0.2356528
0.28	0.3897388	0.1102612	0.64	0.2610862	0.2389138
0.29	0.3859082	0.1140918	0.65	0.2578460	0.2421540
0.30	0.3820886	0.1179114	0.66	0.2546269	0.2453731
0.31	0.3782805	0.1217195	0.67	0.2514288	0.2485712
0.32	0.3744842	0.1255158	0.68	0.2482522	0.2517478
0.33	0.3707000	0.1293000	0.69	0.2450970	0.2549030
0.34	0.3669283	0.1330717	0.70	0.2419636	0.2580364
0.35	0.3631694	0.1368306	0.71	0.2388520	0.2611480

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

⁹ Narasimhan Sim, McLeavey Dennis, Billington Peter. "Planeación de la Producción y control de Inventarios". Prentice may Hispanoamericana, 166-174, 1996.

Tabla de distribución normal de unidades (Continuación)

Número de desviaciones estándar del Inventario de Seguridad (z)	Riesgo de agotar existencias P(z)	Probabilidad de no agotar existencias P(A)	Número de desviaciones estándar del Inventario de Seguridad (z)	Riesgo de agotar existencias P(z)	Probabilidad de no agotar existencias P(A)
0.72	0.2357624	0.2642376	1.17	0.1210005	0.3789995
0.73	0.2326950	0.2673050	1.18	0.1190002	0.3809998
0.74	0.2296499	0.2703501	1.19	0.1170233	0.3829767
0.75	0.2266273	0.2733727	1.20	0.1150697	0.3849303
0.76	0.2236272	0.2763728	1.21	0.1131395	0.3868605
0.77	0.2206499	0.2793501	1.22	0.1112325	0.3887675
0.78	0.2176954	0.2823046	1.23	0.1093486	0.3906514
0.79	0.2147638	0.2852362	1.24	0.1074878	0.3925122
0.80	0.2118553	0.2881447	1.25	0.1056498	0.3943502
0.81	0.2089700	0.2910300	1.26	0.1038347	0.3961653
0.82	0.2061080	0.2938920	1.27	0.1020424	0.3979576
0.83	0.2032693	0.2967307	1.28	0.1002726	0.3997274
0.84	0.2004541	0.2995459	1.29	0.0985254	0.4014746
0.85	0.1976625	0.3023375	1.30	0.0968006	0.4031994
0.86	0.1948945	0.3051055	1.31	0.0950980	0.4049020
0.87	0.1921502	0.3078498	1.32	0.0934176	0.4065824
0.88	0.1894296	0.3105704	1.33	0.0917592	0.4082408
0.89	0.1867329	0.3132671	1.34	0.0901227	0.4098773
0.90	0.1840601	0.3159399	1.35	0.0885081	0.4114919
0.91	0.1814112	0.3185888	1.36	0.0869150	0.4130850
0.92	0.1787864	0.3212136	1.37	0.0853435	0.4146655
0.93	0.1761855	0.3238145	1.38	0.0837934	0.4162066
0.94	0.1736088	0.3263912	1.39	0.0822646	0.4177355
0.95	0.1710561	0.3289439	1.40	0.0807567	0.4192433
0.96	0.1685276	0.3314724	1.41	0.0792699	0.4207301
0.97	0.1660232	0.3339768	1.42	0.0778039	0.4221961
0.98	0.1635431	0.3364569	1.43	0.0763586	0.4236414
0.99	0.1610871	0.3389129	1.44	0.0749337	0.4250663
1.00	0.1586553	0.3413447	1.45	0.0735293	0.4264707
1.01	0.1562477	0.3437523	1.46	0.0721451	0.4278549
1.02	0.1538642	0.3461358	1.47	0.0707809	0.4292191
1.03	0.1515050	0.3484950	1.48	0.0694367	0.4305633
1.04	0.1491700	0.3508300	1.49	0.0681122	0.4318878
1.05	0.1468591	0.3531409	1.50	0.0668072	0.4331928
1.06	0.1445723	0.3554277	1.51	0.0655217	0.4344783
1.07	0.1423097	0.3576903	1.52	0.0642555	0.4357445
1.08	0.1400711	0.3599289	1.53	0.0630084	0.4369916
1.09	0.1378566	0.3621434	1.54	0.0617802	0.4382198
1.10	0.1356661	0.3643339	1.55	0.0605708	0.4394292
1.11	0.1334996	0.3665004	1.56	0.0593800	0.4406200
1.12	0.1313569	0.3686431	1.57	0.0582076	0.4417924
1.13	0.1292382	0.3707618	1.58	0.0570534	0.4429466
1.14	0.1271432	0.3728568	1.59	0.0559174	0.4440826
1.15	0.1250720	0.3749280	1.60	0.0547993	0.4452007
1.16	0.1230245	0.3769755	1.61	0.0536989	0.4463011

**ENCUENTRE SU
 TABLA DE ORIGEN**

Tabla de distribución normal de unidades (Continuación)

<i>Número de desviaciones estándar del Inventario de Seguridad</i> <i>Z</i>	<i>Riesgo de agotar existencias</i> <i>P(z)</i>	<i>Probabilidad de no agotar existencias</i> <i>P(A)</i>	<i>Número de desviaciones estándar del Inventario de Seguridad</i> <i>Z</i>	<i>Riesgo de agotar existencias</i> <i>P(z)</i>	<i>Probabilidad de no agotar existencias</i> <i>P(A)</i>
1.62	0.0526161	0.4473839	2.07	0.0192261	0.4807739
1.63	0.051507	0.4484893	2.08	0.0187627	0.4812373
1.64	0.0505026	0.4494974	2.09	0.0183088	0.4816912
1.65	0.0494715	0.4505285	2.10	0.0178644	0.4821356
1.66	0.0484572	0.4515428	2.11	0.0174291	0.4825709
1.67	0.0474597	0.4525403	2.12	0.0170030	0.4829970
1.68	0.0464786	0.4535214	2.13	0.0165857	0.4834143
1.69	0.0455140	0.4544860	2.14	0.0161773	0.4838227
1.70	0.0445654	0.4554346	2.15	0.0157776	0.4842224
1.71	0.0436329	0.4563671	2.16	0.0153863	0.4846137
1.72	0.0427162	0.4572838	2.17	0.0150034	0.4849966
1.73	0.0418151	0.4581849	2.18	0.0146287	0.4853713
1.74	0.0409295	0.4590705	2.19	0.0142621	0.4857379
1.75	0.0400591	0.4599409	2.20	0.0139034	0.4860966
1.76	0.0392039	0.4607961	2.21	0.0135525	0.4864475
1.77	0.0383635	0.4616365	2.22	0.0132093	0.4867907
1.78	0.0375379	0.4624621	2.23	0.0128737	0.4871263
1.79	0.0367269	0.4632731	2.24	0.0125454	0.4874546
1.80	0.0359303	0.4640697	2.25	0.0122244	0.4877756
1.81	0.0351478	0.4648522	2.26	0.0119106	0.4880894
1.82	0.0343794	0.4656206	2.27	0.0116038	0.4883962
1.83	0.0336249	0.4663751	2.28	0.0113038	0.4886962
1.84	0.0328841	0.4671159	2.29	0.0110106	0.4889894
1.85	0.0321567	0.4678433	2.30	0.0107241	0.4892759
1.86	0.0314427	0.4685573	2.31	0.0104441	0.4895559
1.87	0.0307218	0.4692782	2.32	0.0101704	0.4898296
1.88	0.0300540	0.4699460	2.33	0.0099031	0.4900969
1.89	0.0293789	0.4706211	2.34	0.0096419	0.4903581
1.90	0.0287165	0.4712835	2.35	0.0093867	0.4906133
1.91	0.0280655	0.4719345	2.36	0.0091375	0.4908625
1.92	0.0274289	0.4725711	2.37	0.0088940	0.4911060
1.93	0.0268034	0.4731966	2.38	0.0086563	0.4913437
1.94	0.0261898	0.4738102	2.39	0.0084242	0.4915758
1.95	0.0255880	0.4744120	2.40	0.0081975	0.4918025
1.96	0.0249978	0.4750022	2.41	0.0079763	0.4920237
1.97	0.0244191	0.4755809	2.42	0.0077603	0.4922397
1.98	0.0238517	0.4761483	2.43	0.0075494	0.4924506
1.99	0.0232954	0.4767046	2.44	0.0073436	0.4926564
2.00	0.0227501	0.4772499	2.45	0.0071428	0.4928572
2.01	0.0222155	0.4777845	2.46	0.0069469	0.4930531
2.02	0.2169160	0.2830840	2.47	0.0067557	0.4932443
2.03	0.0211782	0.4788218	2.48	0.0065691	0.4934309
2.04	0.0206751	0.4793249	2.49	0.0063872	0.4936128
2.05	0.0201821	0.4798179	2.50	0.0062097	0.4937903
2.06	0.0196992	0.4803008	2.51	0.0060366	0.4939634


 COPIAS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla de distribución normal de unidades (Continuación)

Número de Desviaciones estándar del Inventario de Seguridad (z)	Riesgo de agotar existencias P(z)	Probabilidad de no agotar existencias P(A)	Número de desviaciones estándar del Inventario de Seguridad (z)	Riesgo de agotar existencias P(z)	Probabilidad de no agotar existencias P(A)
2.52	0.0058678	0.4941322	2.97	0.0014891	0.4985109
2.53	0.0057031	0.4942969	2.98	0.0014413	0.4985587
2.54	0.0055426	0.4944574	2.99	0.0013950	0.4986050
2.55	0.0053862	0.4946138	3.00	0.0013500	0.4986500
2.56	0.0052336	0.4947664	3.10	0.0013063	0.4986937
2.57	0.0050850	0.4949150	3.02	0.0012639	0.4987361
2.58	0.0049400	0.4950600	3.03	0.0012228	0.4987772
2.59	0.0047988	0.4952012	3.04	0.0011830	0.4988170
2.60	0.0046612	0.4953388	3.05	0.0011443	0.4988557
2.61	0.0045271	0.4954729	3.06	0.0011068	0.4988932
2.62	0.0043965	0.4956035	3.07	0.0010704	0.4989296
2.63	0.0042693	0.4957307	3.08	0.0010351	0.4989649
2.64	0.0041453	0.4958547	3.09	0.0010009	0.4989991
2.65	0.0040246	0.4959754	3.10	0.0009677	0.4990323
2.66	0.0039701	0.4960299	3.11	0.0009355	0.4990645
2.67	0.0039266	0.4960744	3.12	0.0009043	0.4990957
2.68	0.0038812	0.4961188	3.13	0.0008741	0.4991259
2.69	0.0038376	0.4961624	3.14	0.0008448	0.4991552
2.70	0.0037960	0.4962053	3.15	0.0008164	0.4991836
2.71	0.0037562	0.4962475	3.16	0.0007889	0.4992111
2.72	0.0037181	0.4962891	3.17	0.0007623	0.4992377
2.73	0.0036816	0.4963302	3.18	0.0007364	0.4992636
2.74	0.0036466	0.4963708	3.19	0.0007114	0.4992886
2.75	0.0036130	0.4964109	3.20	0.0006872	0.4993128
2.76	0.0035808	0.4964506	3.21	0.0006637	0.4993363
2.77	0.0035499	0.4964899	3.22	0.0006410	0.4993590
2.78	0.0035203	0.4965288	3.23	0.0006190	0.4993810
2.79	0.0034920	0.4965674	3.24	0.0005977	0.4994023
2.80	0.0034649	0.4966056	3.25	0.0005771	0.4994229
2.81	0.0034390	0.4966434	3.26	0.0005571	0.4994429
2.82	0.0034142	0.4966808	3.27	0.0005378	0.4994622
2.83	0.0033905	0.4967178	3.28	0.0005191	0.4994809
2.84	0.0033679	0.4967544	3.29	0.0005010	0.4994990
2.85	0.0033463	0.4967906	3.30	0.0004835	0.4995165
2.86	0.0033257	0.4968264	3.31	0.0004665	0.4995335
2.87	0.0033060	0.4968618	3.32	0.0004500	0.4995499
2.88	0.0032872	0.4968968	3.33	0.0004343	0.4995657
2.89	0.0032693	0.4969314	3.34	0.0004194	0.4995811
2.90	0.0032523	0.4969656	3.35	0.0004041	0.4995959
2.91	0.0032361	0.4969994	3.36	0.0003898	0.4996102
2.92	0.0032207	0.4970328	3.37	0.0003759	0.4996241
2.93	0.0032060	0.4970658	3.38	0.0003625	0.4996375
2.94	0.0031920	0.4970984	3.39	0.0003495	0.4996505
2.95	0.0031787	0.4971306	3.40	0.0003370	0.4996630
2.96	0.0031660	0.4971624	3.41	0.0003249	0.4996751

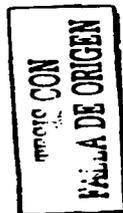
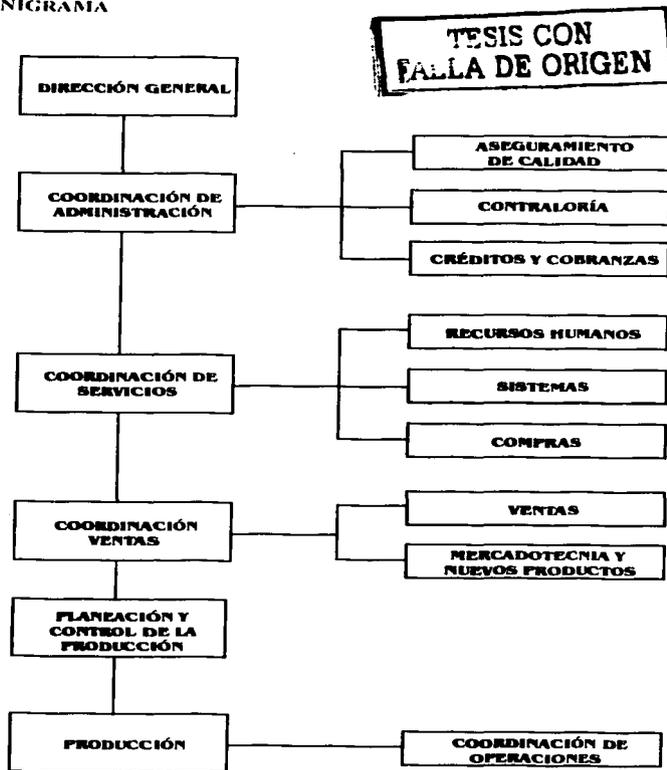


Tabla de distribución normal de unidades (Continuación)

<i>Número de desviaciones estándar del Inventario de Seguridad (z)</i>	<i>Riesgo de agotar existencias P(z)</i>	<i>Probabilidad de no agotar existencias P(A)</i>	<i>Número de desviaciones estándar del Inventario de Seguridad (z)</i>	<i>Riesgo de agotar existencias P(z)</i>	<i>Probabilidad de no agotar existencias P(A)</i>
3.42	0.0003132	0.4996868	3.87	0.0000544	0.4999456
3.43	0.0003018	0.4996982	3.88	0.0000522	0.4999478
3.44	0.0002909	0.4997091	3.89	0.0000501	0.4999499
3.45	0.0002803	0.4997197	3.90	0.0000481	0.4999519
3.46	0.0002701	0.4997299	3.91	0.0000462	0.4999538
3.47	0.0002603	0.4997397	3.92	0.0000443	0.4999557
3.48	0.0002508	0.4997492	3.93	0.0000425	0.4999575
3.49	0.0002416	0.4997584	3.94	0.0000408	0.4999592
3.50	0.0002327	0.4997673	3.95	0.0000391	0.4999609
3.51	0.0002241	0.4997759	3.96	0.0000375	0.4999625
3.52	0.0002158	0.4997842	3.97	0.0000360	0.4999640
3.53	0.0002078	0.4997922	3.98	0.0000345	0.4999655
3.54	0.0002001	0.4997999	3.99	0.0000331	0.4999669
3.55	0.0001927	0.4998073			
3.56	0.0001855	0.4998145			
3.57	0.0001785	0.4998215			
3.58	0.0001718	0.4998282			
3.59	0.0001654	0.4998346			
3.60	0.0001591	0.4998409			
3.61	0.0001531	0.4998469			
3.62	0.0001473	0.4998527			
3.63	0.0001417	0.4998583			
3.64	0.0001364	0.4998636			
3.65	0.0001312	0.4998688			
3.66	0.0001361	0.4998639			
3.67	0.0001213	0.4998787			
3.68	0.0001166	0.4998834			
3.69	0.0001122	0.4998878			
3.70	0.0001078	0.4998922			
3.71	0.0001037	0.4998963			
3.72	0.0000996	0.4999004			
3.73	0.0000958	0.4999042			
3.74	0.0000920	0.4999080			
3.75	0.0000884	0.4999116			
3.76	0.0000850	0.4999150			
3.77	0.0000816	0.4999184			
3.78	0.0000784	0.4999216			
3.79	0.0000753	0.4999247			
3.80	0.0000724	0.4999276			
3.81	0.0000695	0.4999305			
3.82	0.0000667	0.4999333			
3.83	0.0000641	0.4999359			
3.84	0.0000615	0.4999385			
3.85	0.0000591	0.4999409			
3.86	0.0000567	0.4999433			

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE B
ORGANIGRAMA



APÉNDICE C

NOMENCLATURA Y ABREVIATURAS

DPyCP	Departamento de Planeación y Control de la Producción.
ISPT	Inventario de Seguridad de Producto Terminado.
MRP	Sistema de Requerimiento de Materiales (por sus siglas en inglés de <i>Material Requirements Planning</i>).
PEASA	Productos Especializados de Acero, S.A. de C.V.
TMAR	Tasa mínima atractiva de retorno.
<i>A</i>	Riesgo de agotamiento de existencias.
<i>C_{ic}</i>	Costo por mantener una unidad en inventario por año (\$ por unidad por año).
<i>c</i>	Costo unitario (\$/unidad).
<i>CM</i>	Costo de mantenimiento en el almacén.
<i>CO</i>	Costo por ordenar (\$/orden).
<i>CTM</i>	Costo total por mantener en inventario.
<i>D</i>	Demanda anual para un material (unidades por año).
<i>D_t</i>	Demanda discreta por periodo.
<i>EOQ</i>	Cantidad Económica a Ordenar (por sus siglas en inglés de <i>Economic Order Quantity</i>).
<i>f</i>	Número de reposiciones del almacén durante el periodo de gestión <i>T</i> .
<i>i</i>	Costo anual por mantener en inventario (% por año).
<i>Im</i>	Stock medio.
<i>IT</i>	Inversión anual en almacén de materiales.
<i>n</i>	Número de periodos para los que se determinó la demanda (horizonte de planeación).

Q	Cantidad de un material a ordenar en cada punto de reorden (unidades por orden).
S	Costo promedio por colocar una orden para un material (\$ por orden).
T	Periodo de gestión o tiempo de entrega.
TSC	Costos totales anuales por mantener en inventario (\$ por año).
V	Coefficiente de variabilidad derivado de la regla <i>Peterson-Silver</i> .
x	Promedio ponderado del consumo de unidades por periodo.
z	Número de desviaciones estándar a partir de la media en una curva de distribución normal.
φ	Desviación estándar de la demanda sobre el tiempo de entrega.
σ	Desviación estándar de la demanda por periodo en el horizonte de planeación.