



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE GRADUADOS EN CIENCIAS ECONÓMICAS

MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE NEGOCIOS

TRABAJO FINAL DE APLICACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS
APLICADO A LOS INSUMOS ALMACENADOS EN EL DEPÓSITO DE UNA
EMPRESA**

Autor: Lic. Matías Ruben Hostar

Tutor: Lic. Martín Ludueña

Córdoba

2014



Implementación de un sistema de gestión de inventarios aplicado a los insumos almacenados en el depósito de una empresa por Matías Ruben Hoster se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a mis padres y mi novia por todo el apoyo, paciencia y comprensión permitiéndome cumplir este importante objetivo.

Índice de contenidos.

I.	Resumen	- 1 -
II.	Marco Teórico	- 2 -
III.	Metodología.....	- 2 -
IV.	Objetivos del trabajo	- 3 -
V.	Límites o Alcance del trabajo	- 3 -
VI.	Organización del trabajo	- 4 -
VII.	Introducción.....	- 5 -
1.	Planteamiento del Problema.	- 6 -
1.1.	Presentación de la Organización	- 6 -
1.1.1.	Historia	- 6 -
1.1.2.	Misión y Visión.....	- 6 -
1.1.3.	Estrategia:	- 7 -
1.1.4.	Valores	- 7 -
1.2.	Esperanza año a año	- 9 -
1.3.	Información del Negocio	- 10 -
1.4.	Estructura organizacional.....	- 12 -
1.5.	Problemas Identificados:.....	- 13 -
2.	Inventario: Definición y clasificación.....	- 14 -
2.1.	Definición de Inventario.....	- 14 -
2.2.	Clasificación ABC	- 15 -
2.3.	Clasificación funcional de los inventarios.....	- 16 -
2.3.1.	Inventario Cíclico	- 17 -
2.3.2.	Inventario de Congestión.....	- 17 -
2.3.3.	Inventario de Seguridad	- 17 -
2.3.4.	Inventario de Anticipación	- 18 -
2.3.5.	Inventario en Tránsito (o en proceso).....	- 18 -
2.3.6.	Inventario de Separación.....	- 18 -
3.	Costos, Lead Time y Tipo de Demanda	- 19 -
3.1.	Estructuras de Costo de Inventario	- 19 -

3.1.1.	El Valor Unitario del Ítem, v	- 19 -
3.1.2.	El costo de llevar o mantener el inventario, r	- 19 -
3.1.3.	El costo de ordenamiento, A	- 22 -
3.1.4.	El costo de falta de Inventario, B	- 23 -
3.1.5.	Tiempo de reposición (“Lead Time”), L	- 23 -
3.2.	Tipo y Patrón de Demanda, D	- 24 -
4.	Control de Inventarios.....	- 26 -
4.1.	Control de Inventario con demanda Determinística	- 26 -
4.1.1.	El modelo básico del Lote Económico de Pedido (EOQ)	- 26 -
4.2.	Control de Inventario de ítems individuales con Demanda Probabilística..	- 30 -
4.3.	Formas de revisión del nivel de inventario	- 30 -
4.4.	Tipos de Sistemas de Control	- 32 -
4.4.1.	Sistema (s, Q)	- 32 -
4.4.2.	Sistema (s, S)	- 33 -
4.4.3.	Sistema (R, S)	- 33 -
4.4.4.	Sistema (R, s, S)	- 33 -
4.5.	Tipos de Políticas de Control de Inventario.....	- 34 -
5.	Desarrollo del nuevo modelo de gestión de inventario	- 39 -
5.1.	Situación actual.....	- 39 -
5.2.	Supuestos	- 40 -
5.3.	Desarrollo de la nueva política de Inventario	- 41 -
5.3.1.	Implementación del Modelo.....	- 42 -
5.3.2.	Análisis de resultados.....	- 51 -
	Conclusiones Finales.....	- 53 -

Índice de gráficos

Figura 1.1 Organigrama de Tarjeta Esperanza S.A.	- 12 -
Figura 1.2 Distribución de empleados por Dirección.....	- 13 -
Figura 4.1 Nivel de Inventario para determinar el tamaño óptimo de pedido. ...	- 27 -
Figura 4.2 Costo Total Relevante en función del tamaño del pedido.	- 29 -
Figura 4.3 Diagrama del modelo Básico de inventario.....	- 35 -

Índice de tablas.

Tabla 3.1 Componentes del costo de llevar inventario. Fuente original: Landeros y Lyth (1989), citados por Ballou (1999).	- 21 -
Tabla 4.1 Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica. Fuente: Vidal Holguín (2009).....	- 31 -
Tabla 5.1 Los 10 insumos más relevantes de Tarjeta Esperanza S.A.	- 40 -
Tabla 5.2 Análisis de resultado de la aplicación de la política propuesta.....	- 51 -

A. PRESENTACION DEL PROYECTO

I. Resumen

El presente trabajo será de aplicación en Tarjeta Esperanza S.A. Dicha empresa se dedica a la prestación de servicios financieros, principalmente vinculados al negocio de las tarjetas de crédito. El ranking en su rubro la ubica como la principal emisora de plásticos a nivel nacional, brindando servicios orientados al consumo con calidad y calidez y colaboradores alegres y motivados, aspectos que profundizaremos al analizar los valores de dicha compañía.

Tarjeta Esperanza S.A cuenta con 215 sucursales distribuidas a lo largo de todo el país y con una plataforma internacional desarrollada gracias a los desembarcos producidos: en 2007 en República Dominicana y en septiembre de 2011 en Perú, el segundo desembarco fuera de Argentina. La proyección incluye la llegada a más países limítrofes como primera etapa de la estrategia.

La preocupación por la mejora continua, uno de los valores de la cultura de esta empresa, se exterioriza en la orientación al cliente y en el enfoque por procesos, generando así una visión y trabajo global orientada al cliente.

La empresa para la prestación de sus servicios y llevar a cabo su actividad requiere de un amplio abanico de insumos, para ello cuenta con el área de Compras y Abastecimiento, encargada del aprovisionamiento de todos los insumos necesarios. Actualmente la compañía cuenta con un stock en depósito de 400 artículos diferentes, equivalente a \$7.5 millones de pesos.

La política de inventario y de reposición aplicada es indistinta según el tipo de insumo, es aquí donde se ve una oportunidad de mejora debido a la cantidad de stock inmovilizado que se encuentra en depósito con los costos que representa. Un mal manejo de inventario trae como consecuencia para las empresas incurrir en costos adicionales como ser, costo de oportunidad del dinero, costos de seguro, costo de administración de inventario y costos de obsolescencia.

Motiva la realización de este estudio, lograr reducir los costos que trae aparejado altos niveles de stock y eficientizar el uso del capital inmovilizado aplicando una correcta política de inventario.

Para la realización de este trabajo se estudiarán los insumos más representativos para la empresa en términos monetarios y criticidad, dado que ante la falta de ellos (stockouts), afectan la operatoria de la empresa. Este grupo de insumos a analizar está conformado por un total de 10 artículos que representan el 54% del total (\$4.102.882).

Finalizado el análisis se propondrá una nueva política de gestión de inventario aplicado según el tipo de artículo, estimando las cantidades óptimas para cada uno de ellos.

II. Marco Teórico

El marco teórico en el cual se enmarcará el presente trabajo final de Maestría en Dirección de Negocios, hace referencia al área de conocimiento de Administración de Inventario y *Supply Chain Management*.

Dentro de los mismos se tratarán sistemas de inventarios, modelos de control de inventarios, y los factores a tener en cuenta para la decisión de inventarios según lo expuesto por Vidal Holguín (2009) en su libro *Fundamentos de Gestión de Inventarios*.

III. Metodología

La metodología seleccionada para estructurar el trabajo es la siguiente:

- A partir de la bibliografía seleccionada se desarrollarán los conceptos claves sobre Administración de Inventarios: modelos de gestión de inventarios, costos asociados con el inventario, métodos para gestionar el inventario, niveles óptimos y punto de reorden.
- En una segunda instancia, se describirá el proceso actual implementado en Tarjeta Esperanza y la política de gestión de inventario utilizada. Se llevará a cabo un análisis de los insumos que conforman el stock, para luego

enfocar el estudio en los más representativos en términos económicos y según la criticidad de los mismos.

- Se propondrá la aplicación de un nuevo modelo de gestión de inventario orientado según el tipo de insumo, permitiendo reducir los costos asociados al stock.
- Conclusiones.

IV. Objetivos del trabajo

El objetivo específico de este trabajo es diseñar un nuevo “*Sistema de Gestión de Inventario*”, que le permita a Tarjeta Esperanza S.A hacer un uso más eficiente de los recursos financieros, reducir costos de inventario y evitar stock inmovilizado.

El objetivo particular de este trabajo es definir el marco teórico de la Gestión de Inventarios, establecer los métodos para gestionar inventarios y determinar los niveles óptimos de los insumos más representativos.

V. Límites o Alcance del trabajo

Los límites de este trabajo se circunscriben al desarrollo de una propuesta de “*Sistema de Gestión de inventario*” aplicada para la administración de diversos insumos almacenados en el depósito de una empresa perteneciente a la industria financiera.

VI. Organización del trabajo

El presente trabajo de aplicación consta de 5 capítulos:

- Capítulo 1: Descripción de la empresa analizada: indicando la misión, visión, sus objetivos, un breve resumen de su organigrama, un análisis FODA del sistema actual de pedidos y sus costos relevantes.
- Capítulo 2: Inventario: Definición y clasificación: Definición de inventario, ventajas y desventajas. Clasificación ABC y clasificación funcional de los inventarios.
- Capítulo 3: Costos, Lead Time y Tipo de Demanda: Definición de la Estructura de costos y los tipos de costos.
- Capítulo 4: Control de Inventarios: Se describe el modelo EOQ y el concepto de costo total relevante. Se detallan las formas de revisión de inventario, y los sistemas y políticas de control de inventarios.
- Capítulo 5: Desarrollo del nuevo modelo de gestión de inventario: Se describe el modelo actual de gestión de inventario, los supuestos, el desarrollo de la nueva política de inventario y la implementación del mismo analizando los resultados obtenidos.
- Conclusiones

VII. Introducción

La gestión de Inventario es un punto estratégico determinante para toda organización, ya sean empresas productivas o prestadoras de servicios, debido a que un mal manejo del inventario genera costos adicionales de mantenimiento, falta de stock, de pedido u orden, etc.

La aplicación de un eficiente sistema de gestión de inventario y correcto uso de los recursos de la empresa transforma un costo en una ventaja competitiva.

La función de los profesionales especializados en planeación de la producción y el control de inventarios es cumplir con la misión de la organización utilizando los recursos de la misma de la manera más efectiva y eficiente posible (Narasimhan, McLeavey, Billington, 1996).

Desde su origen, Tarjeta Esperanza S.A, se ha enfocado en la Mejora Continua, considerado como uno de los valores pilares de la empresa, orientada tanto en los clientes como en los procesos, en búsqueda de optimizar el uso de los recursos y realizar su actividad de manera más eficiente.

Uno de los procesos involucrados es el proceso de Abastecimiento, el cual debe procurar definir los niveles de inventarios óptimos permitiéndole maximizar los beneficios de la compañía.

Por lo mencionado anteriormente, es que hacemos hincapié en estudiar y proponer una nueva política de inventario.

B. DESARROLLO DEL PROYECTO

Capítulo 1

1. Planteamiento del Problema.

1.1. Presentación de la Organización

1.1.1. Historia

Tarjeta Esperanza S.A¹. es una empresa líder en el mercado regional de tarjetas de crédito, con cobertura nacional e internacional. Creada en 1985 como tarjeta identificatoria y operativa de las cuentas corrientes de Salto 96, local dedicado a la venta de ropa deportiva, Tarjeta Esperanza se convierte rápidamente en un instrumento de compras en otros comercios de la ciudad. Nacen así los “comercios amigos” adheridos al sistema y en tan solo dos años, más de 40.000 clientes la utilizan como instrumento de pago para todo tipo de compras. De allí en más, el desarrollo es constante y la expansión geográfica lleva a Tarjeta Esperanza a las principales localidades del país.

En 1995 la inclusión accionaria del Banco Galicia posibilita la generación inmediata de nuevos planes y servicios financieros para los titulares, acelerando y consolidando su proceso de crecimiento.

Más tarde Tarjeta Esperanza concreta alianzas con Visa, MasterCard y American Express, que le permiten ampliar cada vez más su negocio a través de la emisión de diferentes co-brandings.

1.1.2. Misión y Visión

La Misión de Tarjeta Esperanza S.A es brindar servicios financieros orientados al consumo con calidad y calidez, a través de un equipo de colaboradores capaces, alegres y motivados.

¹ A los fines de este trabajo, se utilizará el nombre de fantasía Tarjeta Esperanza S.A. para referirnos a la empresa bajo análisis.

En cuanto a la Visión, ser el emisor líder en Argentina con presencia en todo el país, expandiendo el negocio internacionalmente.

1.1.3. Estrategia:

- Crecer a través de la expansión nacional e internacional con resultados sostenibles.
- Ofrecer a nuestros clientes una experiencia diferente, basada en servicios y comunicaciones innovadores y atención con calidad y calidez.
- Crear relaciones amigables y robustas con nuestros clientes, comercios amigos y la comunidad. Desarrollar procesos simples y eficientes.
- Promover el desarrollo continuo de nuestros colaboradores. Fomentar un clima de alegría, participación y trabajo en equipo. Proveer las mejores herramientas para gestionar.

1.1.4. Valores

- Alegría del trabajo

El más importante, porque sin alegría del trabajo, difícilmente puedan alcanzarse los demás.

Según el reglamento de la empresa este valor se expresa de la siguiente manera: “en Tarjeta Esperanza queremos gente que se sienta feliz, cómoda en su tarea y con su equipo. Jóvenes que sepan hacer de cada día una experiencia positiva.

Buenos compañeros, que inicien amistades para toda la vida. Que se sientan seguros, acompañados, protegidos, apoyados. Que sepan que pueden contar con la empresa, porque Tarjeta Esperanza es suma de los sueños, los intereses y las aspiraciones de todos nosotros”.

- Mejora continua

Quienes trabajan en Tarjeta Esperanza deben esforzarse permanentemente. Poner en juego todas sus capacidades para ejercer mejor sus responsabilidades.

No hay mejora continua sin esfuerzo. Todo aprendizaje conlleva gran cantidad de repeticiones, ensayos y errores.

Por mejor que se haga una tarea, o por eficiente que resulte, siempre se puede mejorar. Hay que proponérselo, y desafiar la rutina.

La mejora continua será el resultado de la cantidad y calidad del esfuerzo que todos hagamos.

Para mantener el liderazgo, no debe haber límites en la búsqueda de mejora continua.

- Pirámide invertida

Toda la organización está puesta al servicio del cliente.

Pirámide Invertida resume los siguientes conceptos:

- El que manda, es el cliente por su poder de decidir. Quien lo atiende, el personal de contacto, tiene que estar suficientemente capacitado para resolver sus necesidades.

- Pocos niveles de conducción para hacer más fluida la intercomunicación.

- Cada "nivel" dirige, ayuda y sirve de soporte al anterior, porque tiene más capacitación y experiencia y consecuentemente mayor responsabilidad.

El cliente, es una persona; un ser humano único e irrepetible. Con sentimientos, necesidades, aspiraciones e intereses particulares. Y merece ser tratado en exclusividad, con la máxima atención y buena voluntad

- Puertas abiertas

Hace referencia a una empresa con democracia, de "puertas abiertas".

Como consecuencia, todos los colaboradores tienen obligaciones, pero también derechos, y con ello la permanente posibilidad de ser pro-activos en el trabajo, y con el resto de los compañeros.

Cada colaborador debe mantener y encontrar siempre abiertas las puertas para escuchar, sugerir, reclamar o criticar. Para intentar que todo funcione mejor.

"Puertas abiertas", significa ¡Bienvenidas las ideas! Bienvenidos comentarios, sugerencias, expectativas, críticas, y bienvenidas también las palmadas y felicitaciones.

"Puertas abiertas", significa también, por supuesto, bienvenidos los clientes externos y sus problemas, que serán solucionados; sus necesidades, que intentaremos satisfacer, y sus aspiraciones, que orientarán nuestra acción.

1.2. Esperanza año a año

1969 - Abre sus puertas Salto 96 en la ciudad de Córdoba

1985 -Se emiten tarjetas identificatorias para clientes

1987 - Llegan las tarjetas plastificadas a Salto 96

Suma comercios amigos

1992 - 72 mil tarjetas activas

Abre Sucre 145, primer local de Tarjeta Esperanza

1995 -Alianza con Tarjeta Galicia

Plan Z y primeros planes

1996 - Expansión fuera de Córdoba con Supermercados Americanos

1998 - Expansión al noroeste Argentino

Alianza con VISA

1999 - Expansión a noreste Argentino

2000 - Expansión al sur Argentino

2003 - Programa de apadrinamiento a escuelas y comedores

Primera cruzada solidaria

2004 - Record Guinness por mayor nº de matrimonios en la empresa

Gana GREAT PLACE TO WORK, tercer puesto

2005 - Llega a Gran Buenos Aires

Certifica ISO

Alianza con MasterCard

2006 - Inaugura el Centro Nacional de Operaciones

Gana GREAT PLACE TO WORK, primer puesto

2007 - Alianza con American Express

Desembarco en República Dominicana

2009 - Se abre la tercera sucursal en República Dominicana

2010 - Desembarco en Capital Federal

1.3. Información del Negocio

- Con 6.989.406 de tarjetas, Esperanza es la principal emisora de tarjetas de crédito del país.
- 215 Sucursales.
- 201.500 Comercios Amigos.
- 3.848 Colaboradores.
- 116.500.000 operaciones anuales.
- 36.600 millones facturación anualizada 2014 (Comercios Amigos).
- Cantidad de Plásticos Operativos a Mayo 2014 (sobre una base de 6.989.406).

Tarjeta Esperanza	3.603.769
Tarjeta Visa	2.829.494
Tarjeta Mastercard	522.050
Tarjeta Amex:	34.093

El principal producto de la empresa es la emisión de tarjetas de crédito tanto de Tarjeta Esperanza (producto principal que el cliente está obligado a tener para acceder al resto) como de sus socios estratégicos (Visa, MasterCard y American Express)

Además la empresa posee productos complementarios o incluidos al plástico TN:

- Plan Zeta.
- "Transfer Esperanza".
- Planes en bonos (cuando fue necesario).

- Formas de pago "a medida" para cada comercio.
- Planes de pago para cada necesidad.
- Límites de compra por tipo de producto para evitar que el cliente caiga en mora.
- Metodología de venta de plásticos persuasivamente agresiva.
- Simplicidad en los trámites de clientes y comercios.

1.4. Estructura organizacional

La estructura directiva de Tarjeta Esperanza se encuentra estructurada en cinco direcciones con sus respectivas gerencias, esquematizadas a través del siguiente organigrama:

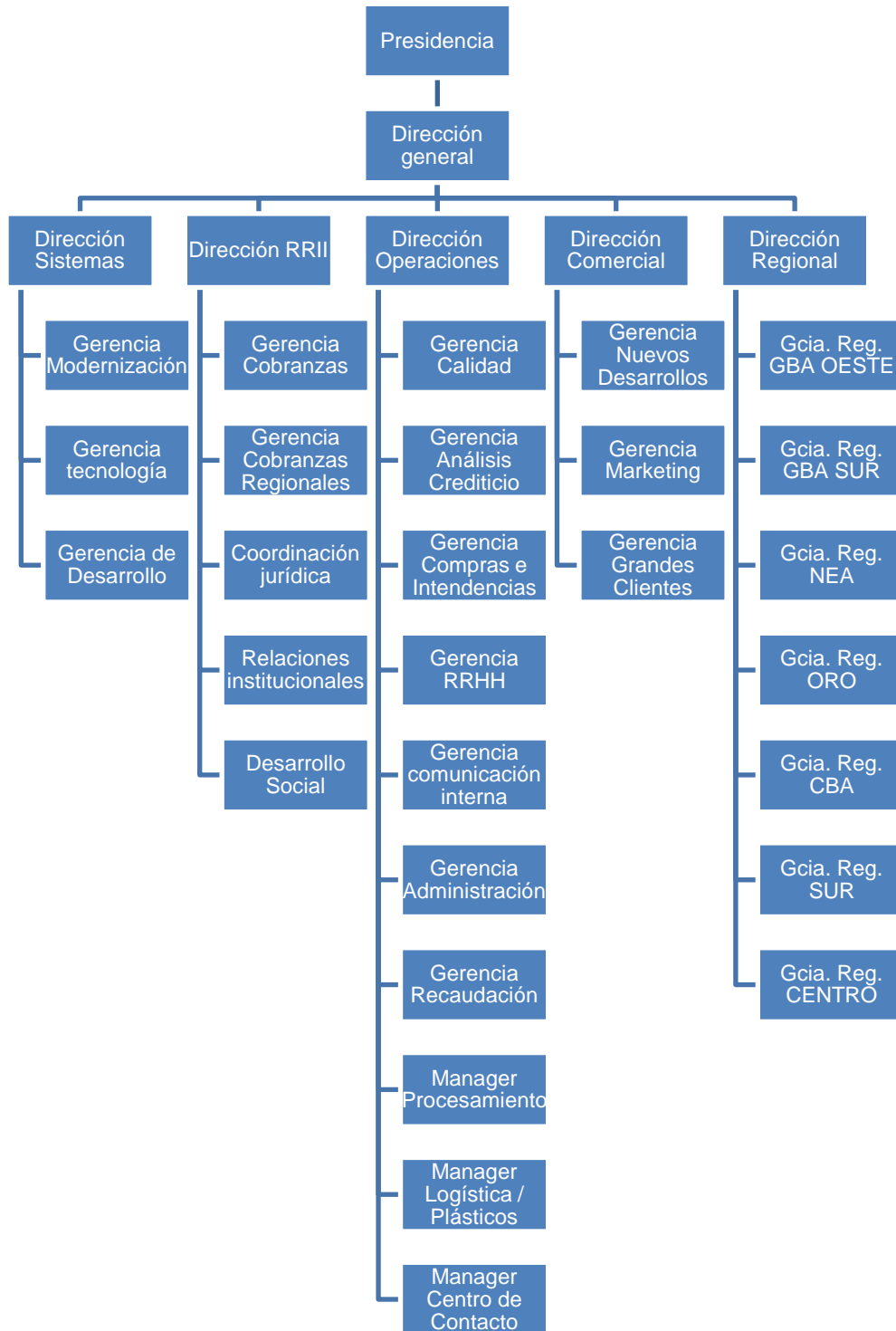


Figura 1.1 Organigrama de Tarjeta Esperanza S.A. Fuente: Elaboración propia.

Los aproximadamente 4.000 colaboradores que trabajan en la empresa se localizan en las direcciones de la siguiente manera:

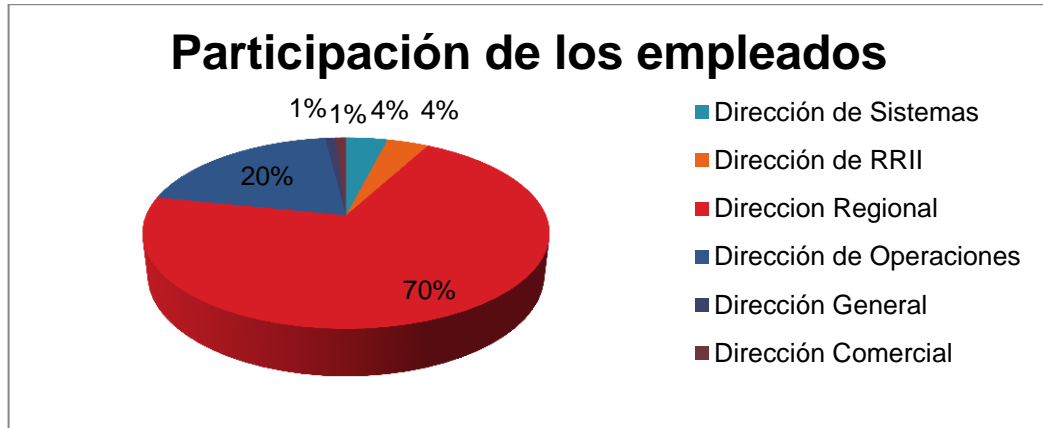


Figura 1.2 Distribución de empleados por Dirección. Fuente: Elaboración propia.

1.5. Problemas Identificados:

- En la actualidad, la empresa aplica una misma política de Gestión de Inventario para todos los insumos por igual.
- No se realiza un análisis exhaustivo con la finalidad de determinar los niveles óptimos por tipo o grupo de artículos.
- Altos niveles de stock. De los 10 insumos más representativos que serán estudiados, 5 de ellos poseen un stock para más de 8 meses de consumo, y de esos 5, 4 para aproximadamente un año.
- Recursos financieros inmovilizados por elevados niveles de stock.
- Gran cantidad de insumos de bajo costo con alta frecuencia de compra. Carencia de un sistema de gestión por revisión periódica, o agrupación por tipo de insumos con el fin de bajar los “costos de pedido” y tiempos de gestión.
- Se deben abastecer 215 sucursales ubicados a lo largo y ancho del país que requieren de insumos necesarios para su actividad, entre ellos insumos críticos que de darse una situación de stockouts de los mismos, afecta la operatoria de la sucursal.

2. Inventario: Definición y clasificación

2.1. Definición de Inventario

Sim Narasimhan (1996) define inventario como, las existencias de productos físicos que se conservan en un lugar y un momento determinado. Cada artículo distinto del inventario, que se encuentra en algún lugar, se denomina unidad de almacenamiento de existencias (SKU, por las siglas en inglés de *Stock Keeping unit*), y cada SKU tiene un número de unidades en existencia.

Según cita Vidal Holguín C.J (2009), Las causas fundamentales para la necesidad del mantenimiento de inventarios en cualquier empresa son las fluctuaciones aleatorias de la demanda y de los tiempos de reposición ('Lead Times'). Los inventarios también surgen del desfase que existe entre la demanda de los consumidores y la producción o suministro de dichos productos.

Las principales ventajas y desventajas de mantener inventario según Ballao (1999) son:

Ventajas:

- **Mejoramiento del servicio al cliente**, Se puede satisfacer los pedidos de los clientes directamente con el inventario disponible, evitando despachos pendientes u órdenes perdidas.
- **Reducción de costos de producción, de compra y/o de transporte**, a través de la producción o compra de lotes mas grandes y homogéneos, con lo cual se logran economía de escala en la cadena de suministros.
- **Reducción de costo de operación**, al reducir el impacto de la variabilidad de los tiempos de producción y transporte.
- **Implementación de mecanismos para responder a factores internos o externos inesperados**, tales como huelgas, demoras excesivas en el envío de materiales, desastres naturales, etc.

Desventajas:

- **Absorción excesiva de capital sin adicionar un valor significativo al producto.** Desde este punto de vista, algunos analistas consideran los inventarios como un desgaste innecesario.
- **Enmascaramiento de problemas de calidad.**
- **Dificultad para el diseño integrado de las cadenas de abastecimiento**

Otras desventajas que encontramos de tener grandes volúmenes de inventario son; se incrementa el costo de capital debido al dinero inmovilizado, mayores costos de almacenamiento (seguros, espacio físico, instalaciones), costo de obsolescencia, deterioro y pérdida, etc.

2.2. Clasificación ABC

Para Tarjeta Esperanza S.A como para cualquier otra empresa que trabaje con inventario, no todos los SKU tienen el mismo grado de importancia y se le debe dar la misma prioridad y atención. La Clasificación ABC de Inventario consiste en una metodología de segmentación de los SKU según el grado de importancia en base a los criterios definidos. Tal como cita Vidal Holguín C.J (2009) “existe una propiedad estadística ampliamente conocida universalmente como el Principio de Pareto, la cual para el caso que nos ocupa expresa que alrededor del 20% de los SKU corresponden aproximadamente al 80% de las ventas anuales de la empresa.”

Para definir cuáles ítems deben formar parte de cada clase (A, B o C), se escoge un porcentaje de mayor a menor, de acuerdo al orden secuencial dado por la mayor utilización de los ítems. De acuerdo con Silver et al. (1998), usualmente los ítems clase A constituyen del 5 al 10% de los primeros ítems dentro de la clasificación, contando por más del 50% del valor total de las ventas anuales; los ítems clase B constituyen más del 50% del total de ítems, contando por casi el 50% restante del valor anual; y los ítems clase C constituyen el resto, contando por una pequeña parte del total de la inversión en inventario. Algunos

autores difieren en la proporción de ítems clase B y C, como por ejemplo Wild (1997), quien recomienda una distribución alrededor de los siguientes valores:

- Ítems Clase A = 10% del total de ítems, con alrededor del 65% del total de ventas;
- Ítems Clase B = 20% del total de ítems, con alrededor del 25% del total de ventas;
- Ítems Clase C = 70% del total de ítems, con alrededor del 10% del total de ventas.

La decisión final sobre estos porcentajes depende de cada caso en particular y de las capacidades de computación que se tengan para el control de cada tipo de ítem.

Para la aplicación de este trabajo, tomaremos como criterio clasificarlos en base al costo que representan sobre el total del inventario en existencia.

2.3. Clasificación funcional de los inventarios

Es supremamente importante clasificar los inventarios desde el punto de vista funcional, para ayudar a corregir prácticas comunes erradas, como es la de utilizar el indicador de rotación del inventario de una manera uniforme a lo largo de todos los SKUs. Muchas veces éstos pueden ser incompatibles o de naturaleza diferente y no es recomendable su comparación directa a través del indicador mencionado (Vidal Holguín C.J, 2009).

Silver et al. (1998) define seis tipos funcionales de inventarios, a saber: inventario cíclico, inventario de congestión, inventario de seguridad, inventario de anticipación, inventario en tránsito e inventario de separación. Éstos se describen a continuación.

2.3.1. Inventario Cíclico

Los inventarios cíclicos resultan del hecho de producir u ordenar en lotes en vez de unidad por unidad. La cantidad de inventario disponible en cualquier momento como resultado de dichos lotes se denomina inventario cíclico. Las principales razones para utilizar producción u órdenes por lotes son las siguientes:

- Lograr economías de escala al evitar altos costos de alistamiento u ordenamiento;
- Lograr descuentos por cantidad en costos de compra y/ó transporte;
- Satisfacer restricciones tecnológicas de producción por lotes.

El inventario cíclico en cualquier instante depende de la frecuencia y cantidad con que se realicen los pedidos, esto puede determinarse estableciendo la prioridad entre el costo de ordenamiento y el costo de mantenimiento del inventario.

2.3.2. Inventario de Congestión

Cuando existen productos que compiten por capacidad limitada, se generan los denominados inventarios de congestión. Estos se forman cuando varios ítems comparten el mismo equipo de producción o cuando existen tiempos de alistamiento grandes, ya que los ítems deben esperar a que el equipo esté disponible.

2.3.3. Inventario de Seguridad

El inventario de seguridad es el inventario que se conserva disponible para responder a todas las fluctuaciones aleatorias que puedan existir en el sistema. Las más importantes son la variabilidad de la demanda y de los tiempos de reposición (“Lead Times”). El inventario de seguridad afecta directamente el nivel del servicio al cliente, el cual puede definirse como la frecuencia con que la demanda del cliente es satisfecha del inventario disponible.

2.3.4. Inventario de Anticipación

Este es el inventario acumulado con anterioridad para responder a picos de demanda. Se maneja en empresas para las cuales es más costoso satisfacer picos de demanda a partir de la contratación adicional de personal, a la programación de horas extras y/o a la compra a proveedores externos durante los períodos de alta demanda. Este tipo de inventario puede estar presente, finalmente, en situaciones donde se requiere construirlo con anticipación a la demanda, como es el caso de zonas climáticas extremas donde se dificulte la distribución en ciertas épocas del año, períodos de guerra, etc.

2.3.5. Inventario en Tránsito (o en proceso)

Este tipo de inventario incluye productos que se encuentran en tránsito entre diversas estaciones de producción (inventario en proceso), o en los sistemas de transporte entre una instalación y otra de la cadena de abastecimiento (inventario en tránsito o “pipeline inventory”). Este inventario es proporcional al nivel de utilización del producto y al tiempo de transporte entre las instalaciones del sistema y se constituye en un elemento importante para la selección de los modos de transporte en una cadena de abastecimiento, especialmente internacional.

2.3.6. Inventario de Separación

Se utiliza este término en sistemas de varios puntos de almacenamiento (sistemas de producción/distribución en etapas o cascadas – “multiechelon systems”). Su función es la de separar los procesos decisivos relacionados con inventarios en las diferentes etapas del sistema. Mediante estos inventarios, por ejemplo, una bodega secundaria menor puede tomar sus propias decisiones sin detrimento de lo que ocurra en la bodega central.

3. Costos, Lead Time y Tipo de Demanda

3.1. Estructuras de Costo de Inventario

Uno de los factores relevantes a tener en cuenta a la hora de tomar decisiones de inventario es la estructura del costo. Según desarrolla Vidal Holguín C.J, (2009), la estructura del costo de inventario incorporan los siguientes tipos de costo:

3.1.1. El Valor Unitario del Ítem, v

El valor unitario de cada ítem está expresado en \$/unidad. Para un comerciante (nó productor) este costo corresponde al precio del artículo pagado al proveedor incluyendo los fletes y costos relacionados. Puede depender del tamaño de pedido, de acuerdo con los descuentos por cantidad.

Para productores, este valor es más difícil de determinar. Sin embargo, rara vez se utiliza el valor en libros del ítem. Se prefiere, en cambio, medir el valor real del dinero invertido en el ítem (costo variable de producción) para hacerlo apto para su utilización, bien sea como producto terminado para el consumidor final, o como componente para otro proceso dentro de la planta. Este costo es muy importante, ya que el costo de llevar el inventario depende de él.

3.1.2. El costo de llevar o mantener el inventario, r

El costo de llevar o mantener el inventario comprende los costos de almacenamiento y manejo, el costo del espacio utilizado, los costos de capital, los seguros e impuestos, y los costos de riesgo en los que se incurre por el hecho de tener almacenados los ítems, esperando a ser demandados por los clientes.

Ballou (1999) describe con detalle cada uno de estos costos. A continuación se presentan sus principales características.

Los **costos de almacenamiento y manejo** se refieren a los costos de operar la bodega, teniendo en cuenta la mano de obra utilizada, las actividades desarrolladas, tales como recepción, almacenamiento, inspección y despacho. Si la bodega es arrendada, estos costos formarán parte del costo global de espacio dado por el arrendatario y descrito a continuación.

El **costo de espacio** es el reflejo del uso del volumen dentro del edificio de la bodega. Si la bodega es arrendada, estos costos se expresan generalmente por unidad de peso por cada período de tiempo, por ejemplo en $\$/(\text{ton} \cdot \text{mes})$. Si el espacio es propio de la empresa, los costos de espacio se determinan de acuerdo con los costos de operación asociados con dicho espacio, tales como climatización e iluminación, y costos fijos, tales como los costos del edificio y del equipo, basados en el volumen que se maneja en la bodega. Los costos de espacio no se incluyen en el cálculo de inventarios en tránsito.

Los **costos de capital o costos de oportunidad** representan la mayor proporción de los costos de llevar el inventario. A pesar de esto, es el costo menos tangible de todos los componentes del costo de inventario. Su determinación no es fácil, ya que depende de muchos factores. Primero, los inventarios pueden tratarse de activos a corto plazo o de activos a largo plazo, dependiendo de su función. Segundo, el costo de capital puede determinarse de un rango amplio de valores que van desde las tasas de interés del mercado hasta el costo de oportunidad del capital, que puede estar representado en el promedio de las tasas mínimas de retorno de la empresa o en las inversiones más rentables a las que la empresa tiene acceso.

Los **seguros e impuestos** dependen del inventario disponible y por ello forman parte del costo de llevar el inventario. Los seguros se toman como prevención contra incendio, robo, daños, etc. Los impuestos se pagan dependiendo de los sistemas contables particulares de cada región y generalmente se cobran de acuerdo con los valores en libros de los inventarios.

Los **costos de riesgo** representan los costos de obsolescencia, deterioro y depreciación del inventario. El deterioro puede deberse a condiciones naturales de los ítems en inventario, especialmente si se trata de artículos perecederos. Estos costos pueden determinarse del costo de ítems perdidos, o del costo de actualización mediante trabajo adicional para recobrar el estado normal del producto, o de reponer el producto desde otra localización.

La Tabla 3.1 muestra un ejemplo que ilustra la magnitud de cada uno de los costos descritos anteriormente, los cuales sumados en total representan el costo de llevar el inventario. Nótese que los costos de oportunidad, obsolescencia y depreciación pueden representar hasta el 96% del costo total de llevar el inventario. Las unidades en las que se mide este costo son normalmente en un porcentaje por año [%/año], o, equivalentemente, en [\$/(\$·año)], lo que significa el dinero que hay que pagar por cada peso invertido en inventario cada año, o cada período de tiempo que se escoja para el análisis. Regularmente se utiliza el mismo costo de llevar el inventario para todos los ítems, excepto en los casos en que las diferencias entre diversos ítems sean significativas.

Componente del Costo	Porcentaje del Total
Interés y costos de oportunidad	82%
Obsolescencia y depreciación	14%
Almacenamiento y manejo	3,25%
Impuestos	0,50%
Seguros	0,25%
TOTAL	100%

Tabla 3.1 Componentes del costo de llevar inventario. Fuente original: Landeros y Lyth (1989), citados por Ballou (1999).

El costo de llevar el inventario (en \$) se calcula normalmente mediante la siguiente expresión:

$$\text{Costo de llevar el inventario por año} = \bar{I}vr$$

(3.1)

Donde:

\bar{I} = Inventario promedio anual en unidades

$\bar{I}v$ = Inventario promedio anual expresado en unidades monetarias

r = El costo de llevar el inventario expresado en %/año o en $\$/(\$ * \text{año})$

3.1.3. El costo de ordenamiento, A

Cada orden para reponer el inventario tiene varios costos asociados, los cuales en general son fijos y no dependen del tamaño de la orden. Estos costos corresponden al procesamiento, transmisión, manejo y compra de la orden. Específicamente, para un comerciante (nó-productor), el costo de ordenamiento puede comprender:

- Costo de preparación de los formatos de las órdenes
- Costos de correo (o de cualquier sistema que utilice para la transmisión de órdenes, incluyendo fax, EDI, etc.)
- Costos de llamadas telefónicas relacionadas con el pedido
- Costos de autorización del pedido
- Costos de recepción e inspección
- Costos de manejo de las facturas del proveedor
- Otros costos relacionados con el procesamiento de la orden

Para un productor este costo puede incluir los costos relacionados con el montaje de maquinaria fija, los costos de alistamiento para preparar las máquinas para procesar la orden, la transmisión y control de la orden en la planta. En este caso se prefiere utilizar el término costo de preparación.

Es muy importante definir cuáles costos se constituyen en costos adicionales para la preparación o procesamiento de una orden, ya sea en un sistema

productivo o comercial, ya que son los costos marginales los que deben incluirse en el costo de ordenamiento o preparación.

3.1.4. El costo de falta de Inventario, *B*

Este costo se produce cuando se recibe una orden y no hay suficiente inventario disponible para cubrirla. Generalmente se expresa como un porcentaje del costo del ítem. Pueden ocurrir entonces tres posibilidades: se genera una orden pendiente, se pierde la venta o se produce una combinación de ambas, por ejemplo cuando el cliente decide aceptar una orden pendiente parcial. Cualquiera de las tres posibilidades que ocurra, genera un costo, el cual es muy difícil de estimar debido a su naturaleza intangible.

Cuando se pierde la venta totalmente, puede usarse como una primera aproximación la utilidad perdida como el costo de falta de inventario. Cuando se genera una orden pendiente, una serie de acciones especiales deben ser emprendidas, como son órdenes adicionales, planeación urgente de producción, transporte especial, etc., lo que aumenta el costo del ítem comparado con el canal normal de distribución. Estos costos no son difíciles de medir, pero el hecho de no tener el inventario disponible puede generar mala imagen y descontento en los clientes, lo cual puede ocasionar pérdida de ventas futuras. Este factor es muy difícil o imposible de cuantificar en forma práctica. Se prefiere, por ello, utilizar valores conservativos, de tal forma que no se generen altos costos de faltantes y el control del inventario mantenga un nivel de servicio alto.

3.1.5. Tiempo de reposición (“Lead Time”), *L*

El tiempo de reposición o “Lead Time” (término normalmente usado en nuestro medio) es el tiempo que transcurre entre el momento de expedir una orden (de compra o de producción) y el instante en que se tienen los artículos listos para ser demandados por el cliente. Este factor es de fundamental importancia para el control de los inventarios, ya que es precisamente durante el lead time cuando puede ocurrir una falta de inventario, pues se supone que aquí

el nivel de inventario está relativamente bajo, ya que dio lugar a la expedición de una orden.

En un ambiente no productivo, por ejemplo, el lead time comprende generalmente las siguientes etapas:

- Tiempo administrativo que transcurre entre la decisión de emitir una orden y su correspondiente preparación;
- Tiempo de tránsito de la orden hasta el proveedor;
- Tiempo empleado por el proveedor para procesar la orden, el cual a su vez depende de su nivel de inventario y condiciones generales de almacenamiento y producción;
- Tiempo de tránsito entre el proveedor y el lugar donde es solicitada la orden;
- Tiempo de recepción, inspección y almacenamiento en el lugar donde es solicitada la orden.

3.2. Tipo y Patrón de Demanda, *D*

Un aspecto muy importante de la demanda es su caracterización como demanda independiente, o como demanda dependiente o derivada. La demanda independiente es generada por entes externos a la empresa, como por ejemplo los clientes que compran los productos terminados que ésta manufactura. La demanda dependiente, por el contrario, como su nombre lo indica, depende de otras demandas. El ejemplo más común es la demanda de materias primas y componentes generada por una demanda independiente de productos terminados.

Otro aspecto importante para el diseño de un sistema de administración de inventarios es el patrón que sigue la demanda:

- Demanda Perpetua o estacionaria: se mantiene por largos períodos de tiempo y su fluctuación se mantiene dentro de rangos “pequeños”.
- Demanda periódica o estacional: Cuando se generan picos en determinadas épocas del año.

- Demanda errática: presenta grandes variaciones a lo largo del tiempo, pasando de períodos de cero demanda a grandes picos. La diferencia de entre este patrón y el periódico es que en el errático los picos no son predecibles.

4. Control de Inventarios

Más allá del Sistema de Control que implementemos debemos responder tres preguntas claves:

- ¿Con que frecuencia debe revisarse el nivel de inventario?
- ¿Cuándo debe ordenarse?
- ¿Qué cantidad debe ordenarse en cada pedido?

4.1. Control de Inventario con demanda Determinística

4.1.1. El modelo básico del Lote Económico de Pedido (EOQ)

Según lo expuesto por Vidal Holguín (2009), el modelo de Tamaño Económico de Pedido (*Economic Order Quantity*) se basa en las siguientes suposiciones:

- El patrón de demanda es constante y conocido con certeza.
- No se consideran descuentos en los precios de compra y/o transporte.
- La cantidad de pedidos no necesita ser un número entero o un múltiplo de algún número entero.
- Todos los parámetros de costo son estacionarios o sea que no varían significativamente con el tiempo (se consideran bajas tasas de inflación).
- El ítem se trata de forma independiente de otros ítems.
- La tasa de reposición es infinita o, equivalentemente, los lead times son cero, y toda la orden completa es recibida cada vez que se ordene.
- No se consideran órdenes pendientes.

El concepto del Costo Total Relevante (TRC)

Se utiliza el concepto del Costo Total Relevante (TRC) para diseñar la estructura de la función objetivo. De acuerdo con Silver et al. (1998), este costo puede incluir los siguientes componentes:

- Costos de compra o producción y de ordenamiento o preparación;
- Costos de mantenimiento del inventario;
- Costos de faltantes de inventario (ventas perdidas u órdenes pendientes);
- Costos de control del sistema;
- Costos de planeación de producción mediante el cambio de la fuerza laboral y las ratas de producción.

La situación de inventarios típica descrita en esta sección se muestra en la Figura 4.1.

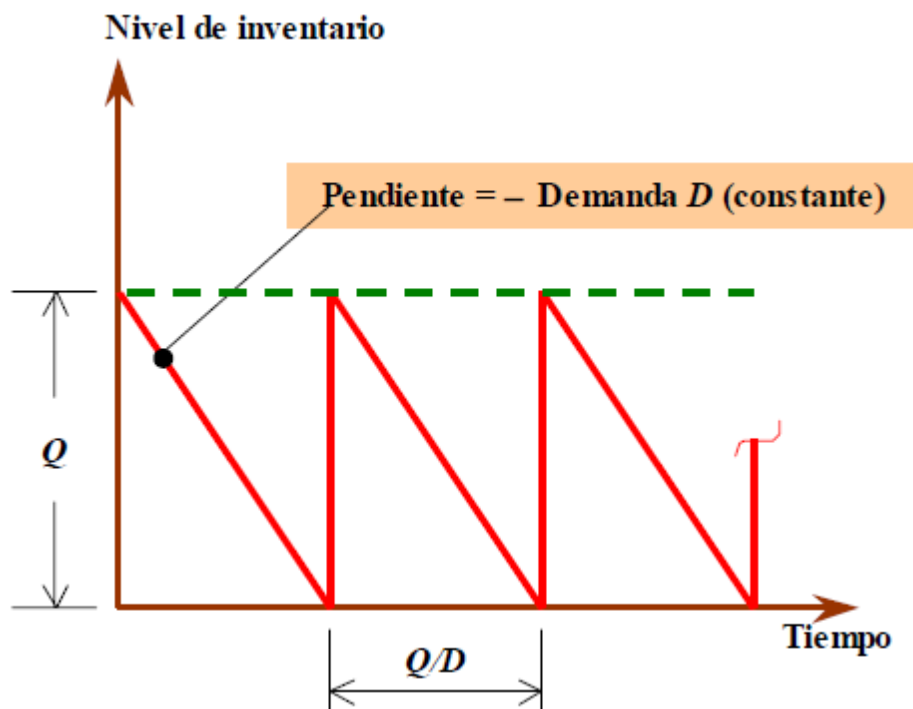


Figura 4.1 Nivel de Inventario para determinar el tamaño óptimo de pedido.

Parámetros

A = El costo de ordenamiento [\$/orden]

D = La demanda del ítem [unidades/unidad de tiempo]

r = El costo de mantener el inventario [%/unidad de tiempo]

v = El valor unitario del ítem [\$/unidad]

Variable de decisión

Q = Tamaño del pedido [unidades]

Función objetivo

TRC(Q) = El costo total relevante en función de Q [\$/unidad de tiempo]

De la Figura 4.1 anterior es claro que el tiempo que transcurre entre órdenes es igual a Q/D. Normalmente, se utiliza como tiempo de referencia un año. Por lo tanto, el número de pedidos que se realiza en un año es igual a D/Q. Siguiendo una notación similar a la de Silver et al. (1998), el costo anual incurrido por las reposiciones C_r es por lo tanto:

$$C_r = (A + Qv) \frac{D}{Q}$$

$$C_r = \frac{AD}{Q} + Dv \quad (4.1)$$

El término Dv es constante en este caso, pues no se consideran descuentos, y por lo tanto no es necesario considerarlo en la función objetivo. En este caso se utiliza el término C_c para designar este costo, o sea:

$$C_c = \bar{I}vr \quad (4.2)$$

En este caso, se deduce fácilmente que el inventario promedio es $Q/2$. Por lo tanto, el costo anual de llevar el inventario es:

$$C_c = \frac{Q}{2} vr \quad (4.3)$$

El costo total relevante considerado aquí es por lo tanto:

$$TRC(Q) = \frac{AD}{Q} + \frac{Qvr}{2} \quad (4.4)$$

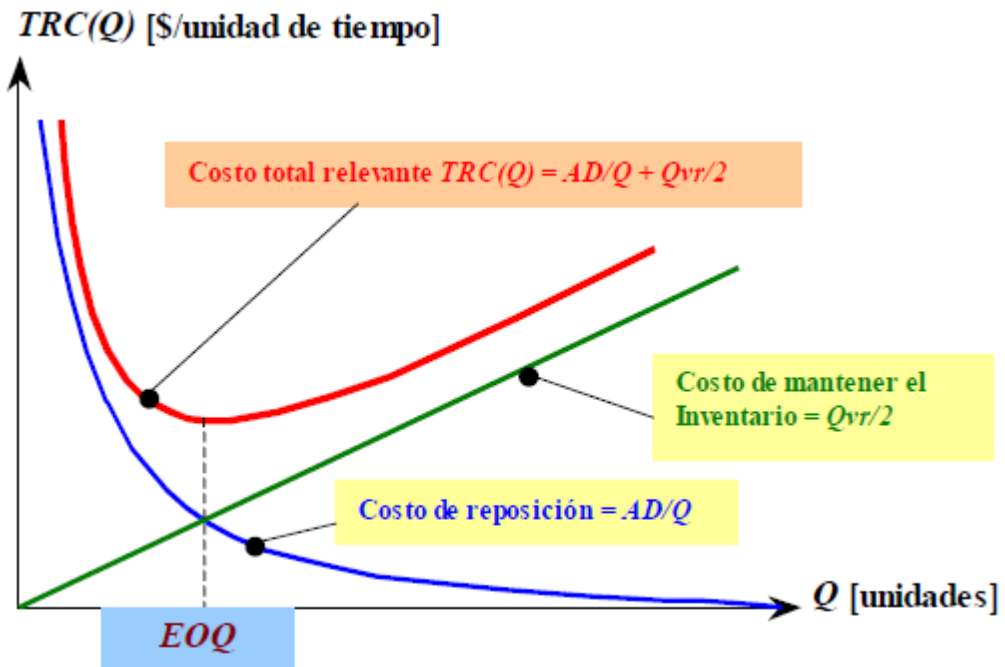


Figura 4.2 Costo Total Relevante en función del tamaño del pedido.

La Figura 4.2 muestra el comportamiento de esta función de costo. Fácilmente se puede encontrar el tamaño económico de pedido EOQ derivando la función de costo con respecto de Q e igualando a cero. Así, se obtiene:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr}} \quad (4.5)$$

4.2. Control de Inventario de ítems individuales con Demanda Probabilística

Según explica Vidal Holguín (2009), en los sistemas de control probabilístico es muy importante definir claramente los niveles de inventario. El más importante no es tanto el inventario físico visible en las estanterías de la bodega, al cual llamaremos inventario a la mano, sino el inventario efectivo, el cual se define como:

Inventario efectivo = (Inventario a la mano) + (Pedidos pendientes por llegar) – (Requisiciones pendientes o comprometidas con clientes)

El inventario efectivo se le denomina también la posición del inventario (“Inventory Position”). Denominaremos inventario neto a la diferencia entre el inventario a la mano y las requisiciones pendientes con los consumidores.

Por otra parte, el inventario de seguridad es el inventario neto promedio justo antes de que llegue un pedido. Un valor positivo del inventario de seguridad permite tener unidades en inventario para responder a demandas mayores que la demanda promedio durante el tiempo efectivo que tarda en llegar un pedido, al cual denominaremos tiempo de reposición o Lead Time. El inventario de seguridad depende de las fluctuaciones de la demanda durante el tiempo de reposición, o equivalentemente, de la desviación estándar de los errores del pronóstico de la demanda total sobre el tiempo de reposición.

4.3. Formas de revisión del nivel de inventario

En base a la frecuencia de revisión podemos señalar dos modelos básicos:

Sistemas de revisión continua: Cada vez que se produce una baja del stock, la cantidad remanente es analizada para determinar si una nueva orden debe o no ser emitida.

Sistemas de revisión periódica: El stock de un ítem es revisada con una frecuencia fija y se emite una orden por el monto determinado como necesario.

REVISIÓN CONTINUA	REVISIÓN PERIÓDICA
Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultánea.	Permite coordinar varios ítems en simultánea, lográndose así economías de escala.
La carga laboral es poco predecible, ya que no se sabe el instante en que debe ordenarse.	Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido.
La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento.	La revisión es menos costosa que en la revisión continua, ya que es menos frecuente.
Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor.	Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto, pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños.
Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica.	Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua.

Tabla 4.1 Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica. Fuente: Vidal Holguín (2009).

En la *revisión continua*, como su nombre lo indica, teóricamente se revisa el nivel de inventario en todo momento. Sin embargo, obviamente, esto no es posible en la práctica. Lo que se hace, entonces, es revisar el inventario cada vez que ocurre una transacción (despacho, recepción, demanda, etc.) y por ello también se le conoce como “sistema de reporte de transacciones.”

En los sistemas de *revisión periódica*, el nivel del inventario se consulta cada R unidades de tiempo. Obviamente, si $R \rightarrow 0$, este sistema se convierte en un sistema de revisión continua. La Tabla 4.1 compara los dos métodos en forma general.

4.4. Tipos de Sistemas de Control

Tal como expone Vidal Holguín (2009), existen diversos tipos de sistemas de control de inventarios probabilísticos. Los cuatro más comunes se describen a continuación. La notación básica que se utiliza aquí es la siguiente:

s = Punto de reorden, o sea el nivel de inventario efectivo para el cual debe emitirse una nueva orden;

Q = Cantidad a ordenar en cada orden; y

S = Nivel máximo de inventario hasta el cual debe ordenarse.

4.4.1. Sistema (s, Q)

En este sistema de control continuo, cada vez que el inventario efectivo cae al punto de reorden s o por debajo de él, se ordena una cantidad fija Q . Este sistema se denomina también el “sistema de los dos cajones” (“*two-bin systems*”). La demanda se satisface normalmente del primer cajón, hasta que se agota. Tan pronto sea necesario abrir el segundo cajón, el cual contiene tantas unidades como el punto de reorden s lo indique, se emite una orden por la cantidad fija Q establecida. Cuando llega la orden, el segundo cajón se llena de nuevo con las unidades equivalentes al punto de reorden, y el resto se deposita en el primer cajón, iniciándose otro ciclo. Nótese que este sistema funciona adecuadamente siempre y cuando no exista más de un pedido de reposición pendiente en cualquier instante de tiempo. Obviamente, el sistema puede utilizarse ajustando la

cantidad a pedir, Q , hasta que ésta sea considerablemente mayor que la demanda promedio durante el tiempo de reposición.

4.4.2. Sistema (s, S)

En este sistema de control continuo, cada vez que el inventario efectivo cae al punto de reorden s o por debajo de él, se ordena una cantidad tal que se incremente el inventario efectivo hasta el nivel máximo S . La cantidad a ordenar depende del inventario efectivo y del nivel máximo, y, por lo tanto, puede variar entre un período y otro. Si las transacciones de demanda son siempre unitarias, entonces este método de control es exactamente igual al anterior, ya que apenas el nivel de inventario efectivo caiga a s , entonces se ordena una cantidad constante $Q = S - s$. Sin embargo, en la práctica la demanda no ocurre necesariamente a niveles unitarios, y, por lo tanto, las cantidades a ordenar pueden ser variables. Este sistema se denomina usualmente un sistema “min-max”, ya que normalmente el nivel de inventario efectivo permanece entre un valor máximo S y un valor mínimo s , excepto por una caída de inventario temporal bajo el punto de reorden s cuando la demanda no ocurre en forma unitaria.

4.4.3. Sistema (R, S)

En este sistema de control periódico se conoce también como el sistema del ciclo de reposición y se encuentra a menudo en organizaciones que no utilizan control sistematizado de los inventarios. En este sistema, cada R unidades de tiempo se revisa el inventario efectivo, y se ordena una cantidad tal que este inventario suba al valor máximo S .

4.4.4. Sistema (R, s, S)

Este sistema es una combinación de los sistemas (s, S) y (R, S) . Consiste en que cada R unidades de tiempo, se revisa el inventario efectivo. Si éste es menor o igual que el punto de reorden s , entonces se emite un pedido por una cantidad

tal que el inventario efectivo se recupere hasta un nivel máximo S . Si el nivel de inventario efectivo es mayor que s , no se ordena cantidad alguna hasta la próxima revisión que tendrá lugar en R unidades de tiempo.

4.5. Tipos de Políticas de Control de Inventario

Según comenta Van Ryzin (2001), hay categorías básicas de políticas para el control de inventarios: Políticas de orden de cantidad fija y políticas de período de tiempo fijo. La primera, como el nombre lo indica, la cantidad de la orden es siempre la misma, pero el tiempo entre órdenes variará dependiendo de la demanda y los niveles de inventario actuales. El nivel de inventario se controla continuamente y una orden se coloca cada vez que el nivel de inventario cae por debajo del punto de pedido predeterminado. Por esta razón, este tipo de política también se llama Política de Revisión Continua.

En la política de Período fijo, el tiempo entre pedidos es constante, pero la cantidad solicitada varía con la demanda y el nivel actual de inventario. Dado que el pedido sigue un ciclo fijo, estas políticas también se conocen como Política de Revisión Periódica.

En la figura 4.6 muestra el inventario de un producto suministrado por un transporte que tiene un tiempo de espera constante. $Q(0,t)$ denota la cantidad acumulada ordenada hasta el tiempo t , y $D(0,t)$ demuestra la demanda acumulada de inventario hasta el momento t .

El flujo acumulado de provisión al inventario, $S(0,t)$, se simboliza por,

$$S(0,t) = Q(0,t - l)$$

Siendo $I(t)$ el inventario en mano en el momento t

$$I(t) = Q(0,t - l) - D(0,t) \tag{4.6}$$

La demanda acumulada, $D(0, t)$, se supone que es aleatoria y normalmente distribuido con,

$$E[D(0, t)] = \lambda t$$

$$Var[D(0, t)] = \sigma^2 t \quad (4.7)$$

Este modelo es por lo general una aproximación razonable en la práctica, ya que a menudo podemos ver la demanda acumulada como la suma de las demandas de un gran número de pequeños períodos de tiempo. Entonces, independientemente de la distribución de las demandas más pequeñas, la suma es aproximadamente normal.

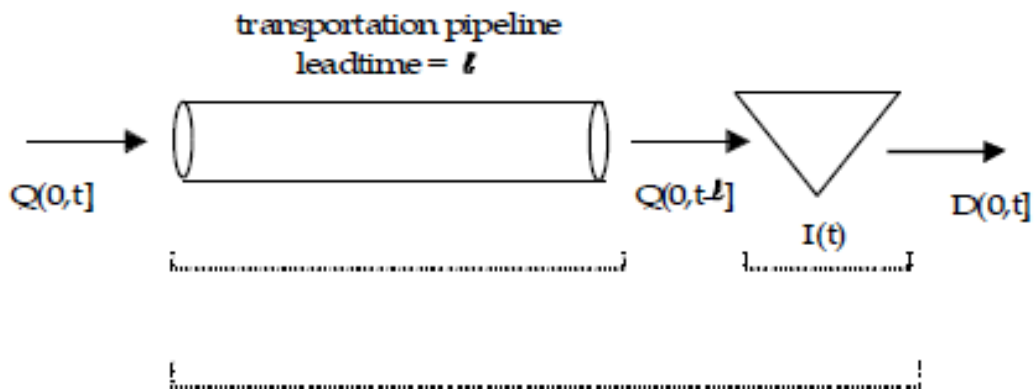


Figura 4.3 Diagrama del modelo Básico de inventario.

La posición del inventario, $P(t)$, se define por,

$$P(t) = I(t) + Q(t - l, t) \quad (4.8)$$

Donde,

$$Q(t - l, t) = Q(0, t) - Q(0, t - l) \quad (4.9)$$

Esta es la cantidad total de inventario ordenada en las últimas l unidades de tiempo, lo que es la cantidad de material que se encuentra en tránsito, y que arribará en $t+l$. Por lo tanto, la posición de inventario es el total de stock “en mano” más el total en tránsito.

Para definir un nivel deseado de stock S , usaremos la siguiente fórmula,

$$S = (p + l)\lambda + z\sigma\sqrt{p + l}$$

El stock de seguridad se mide en términos del número de desvíos estándar de la demanda, z . El stock de seguridad se define,

$$z\sigma\sqrt{p + l}$$

Mientras mayor sea el incentivo para evitar faltantes de stock, elegiremos un valor de z más alto. En nuestro caso, el valor de z puede ser calculado como,

$$z = \frac{S - (p + l)\lambda}{\sigma\sqrt{p + l}}$$

La medida de servicio en la mayoría de los sistemas de inventario, es el nivel de cumplimiento, f , definido como la fracción de unidades ordenadas que pueden ser suministradas directamente desde el stock. El nivel de cumplimiento puede ser determinado mediante el análisis de los costos de mantenimiento de inventario adicional, en contraposición con el costo de faltante, en caso de que sea conocido o se pueda estimar.

El nivel de cumplimiento está determinado por la siguiente fórmula:

$$f = 1 - \frac{\sigma\sqrt{p + l}L(z)}{\lambda p}$$

La función $L(z)$ es llamada función estándar de pérdida, y se usa en el proceso de determinación del número promedio de unidades pendiente de entrega durante un ciclo.

Definimos a $L(z)$ como,

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

Dado un valor determinado de nivel de cumplimiento f , podemos usar esta fórmula para calcular el valor de $L(z)$ y después, calcular el valor de z , usando la tabla de la función estándar de pérdida (ver anexo).

Una vez que determinamos el valor de z , podemos evaluar el nivel de inventario en diferentes formas. El nivel promedio de inventario “en mano” está dado por,

$$\frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p+l}$$

Los dos términos en la parte derecha tienen especial importancia. El primero es el promedio del ciclo de stock:

$$\text{Ciclo de Stock} = \frac{\lambda p}{2}$$

El segundo término en la parte derecha, es el stock de seguridad,

$$\text{Stock de Seguridad} = z\sigma\sqrt{p+l}$$

El inventario Pipeline está dada por,

$$\text{Pipeline stock} = \lambda l$$

Algunos componentes del costo son impulsados por la frecuencia y el tamaño de los pedidos.

$$\mathbf{Frecuencia\ de\ Pedido = \frac{1}{p}}$$

$$\mathbf{Tamaño\ promedio\ de\ Orden = \lambda p}$$

Todos estos costos se verán impulsadas por nuestra decisión sobre la duración del periodo de revisión p , mientras mayor impacto tenga la economía de escala y mayores sean los costos de pedido, lo más probable es que se opte por largos períodos de revisión y grandes tamaños de orden.

5. Desarrollo del nuevo modelo de gestión de inventario

5.1. Situación actual

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este trabajo es definir una política de inventario para los insumos más significativos de la empresa, utilizando modelos de optimización que nos permita reducir el stock inmovilizado y los costos asociados al inventario.

Actualmente la compañía aplica una misma política de inventario para todos los insumos de stock, basado en un sistema de revisión continua en el cual cuando el inventario efectivo cae al punto de reorden s o por debajo de él, se ordena una cantidad tal que se incremente el inventario efectivo hasta el nivel máximo S. La política actual define un stock Máximo equivalente a 5 meses de consumo, un Mínimo de un mes, y un Punto de Pedido o Reorden de dos meses de consumo en base al consumo promedio mensual del insumo.

Entre las falencias que podemos observar a este sistema se encuentran:

- Se aplica la misma política para todos los insumos por igual sin distinción de aquellos críticos para la compañía.
- No nos permite estimar los niveles de stock óptimos en base a los costos y los niveles de servicios deseados.
- Se definen stock de seguridad para insumos críticos basados en la experiencia sin un fundamento o aplicación de un modelo teórico.
- El punto de Reorden no considera los plazos de entrega por parte de los proveedores. Se define un punto de pedido de dos meses de consumo.
- Exceso de pedidos de volúmenes pequeños. Esto sucede debido a que se compra cuando el nivel de stock alcanza el punto de pedido o por debajo de él, imposibilitando agrupar mayor cantidad de insumos en un mismo pedido eficientizando la gestión y logrando economías de escala.

5.2. Supuestos

Para comenzar a analizar los diversos insumos que posee la compañía almacenados en depósito, se realizó en primer lugar, un pareto identificando los insumos clase "A" dada la criticidad que representan para la empresa, ya sea por sus costos o por su utilidad e importancia, seleccionando los 10 ítems más relevantes. Los mismos representan el 54% (\$4.102.882) del costo total de insumos en stock (\$7.595.438).

Los 10 insumos a analizar son los siguientes:

- Hoja Local.
- Rollo térmico para terminales de auto consulta.
- Toner X463X11G o E460X11L p/ Lexmark Multifunción X466.
- Hoja Básica.
- Folleto Institucional "Ventas Unificadas".
- Sobre Liquidación.
- Sobre Renovaciones.
- Toner CC364X p/ HP 4015-4515.
- Hoja Básica con puntillado.
- Sobre Blanco c/logo.

En la siguiente tabla podemos observar el stock físico, meses de stock disponible según el consumo, precio unitario y total de stock valorizado de cada uno de los insumos:

Descripción	Stock Físico	Disp p/meses	Precio unitario	Total
Hoja Local	14.167	6,48	\$ 95,35	\$ 1.350.823,45
Rollo térmico	9.866	7,06	\$ 69,00	\$ 680.754,00
Toner X463X11G o E460X11L	615	9,18	\$ 1.093,35	\$ 672.410,25
Hoja Básica	2.942	7,23	\$ 107,70	\$ 316.853,40
Folleto Institucional Ventas Unificadas	13.234	8,47	\$ 20,00	\$ 264.680,00
Sobre Liquidación	259.849	8,12	\$ 0,81	\$ 210.477,69
Sobre Renovaciones	479.500	2,97	\$ 0,41	\$ 195.875,75
Toner CC364X p/ HP 4015-4515	96	9,60	\$ 1.610,09	\$ 154.568,72
Hoja Básica con puntillado	1.340	8,48	\$ 100,80	\$ 135.072,00
Sobre Blanco c/logo	2.069	13,09	\$ 58,66	\$ 121.367,54

Tabla 5.1 Los 10 insumos más relevantes de Tarjeta Esperanza S.A. Fuente: Elaboración propia (2014).

Como podemos observar, la mayoría de los insumos posee un stock suficiente para cubrir más de 7 meses de consumo, siendo una de las principales causas la falta de actualización de los parámetros al momento de gestionar un pedido.

A continuación se detallan los supuestos generales de los insumos analizados:

1. Si bien la empresa cuenta con espacio suficiente para almacenar mayor volumen de stock, no es conveniente tener elevados niveles de stock debido a que pueden variar los diseños o modelos de los insumos quedando obsoletos.
2. Los insumos analizados poseen un consumo variable, pero al tratarse de consumo interno (demandado por todas las sucursales de la compañía), es posible controlar la cantidad enviada a cada una de ellas.
3. Es posible acceder a la información del stock de los mismos de manera on line a través del sistema utilizado, a la vez se realizan controles físicos de los insumos críticos todos los meses (se controla un grupo críticos por mes variando de mes a mes los insumos a controlar) con la finalidad de garantizar la información.
4. Realizar la gestión de una Orden de Compra no tiene un costo significativo. Actualmente se estima un costo de \$635,00.
5. Los tiempos de abastecimiento de los insumos analizados es variable, en la siguiente sección se detallará los plazos de entrega de cada uno de ellos.
6. Las condiciones de pago a proveedores estipulado es de 21 días hábiles luego de realizar la entrega conforme.

5.3. Desarrollo de la nueva política de Inventario

Luego de desarrollar el marco teórico y analizar las diferentes políticas de Gestión de Inventario posibles de aplicar, se opta por estudiar la factibilidad de

emplear un modelo de inventario de Revisión Periódica. El modelo a implementar es el modelo propuesto por Van Ryzin (2001), revisando el nivel de inventario cada p unidades de tiempo. En estos puntos de revisión, se deberá emitir una orden de compra con una cantidad suficientemente grande para llevar el inventario a un nivel fijo que se denominará S , nivel que le permita cubrir $(p+l)\lambda$, es decir, cubrir la demanda promedio que ocurre durante el período de revisión más el tiempo de arribo de la orden de compra.

Se considera conveniente optar por este modelo de gestión debido a que nos permitirá estimar los niveles óptimos para cada uno de los insumos según su naturaleza, variables y nivel de servicio deseado, determinar el stock de seguridad y a la vez lograr economía de escalas al coordinar en un pedido varios insumos a la vez.

5.3.1. Implementación del Modelo

En primer lugar, se reemplazán los valores en la función estandar de pérdida para determinar $L(z)$,

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

Buscando el valor de $L(z)$ en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, podemos encontrar el valor de z .

Reemplazamos el valor en la fórmula del nivel de stock base deseado S ,

$$S = (p+l)\lambda + z\sigma\sqrt{p+l}$$

De acuerdo a la política propuesta, con un periodo de revisión de 3 meses, se deberá emitir una orden de compra que lleve el stock a un nivel de S .

De igual forma, se podrá calcular el inventario promedio en mano de la siguiente manera.

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p+l}$$

Para la estimación de los parámetros de los insumos analizados se tomaron en cuenta la cantidad de pedidos realizados por las sucursales de Tarjeta Esperanza S.A en el último año, considerando una unidad de tiempo de un mes.

Implementación Hoja Local

- Demanda promedio Mensual (λ): 2.186 unidades mensuales.
- Desviación estándar mensual (σ): 15,59 mensual.
- Lead Time (L): 1,5 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

$$L(z) = 1,9829$$

Buscando el valor de L(z) en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = -2$.

$$S = (p+l)\lambda + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$S = 9.771$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p+l}$$

Inventario Promedio en Mano = 3.212

Implementación Rollo térmico para terminales de autoconsulta

- Demanda promedio Mensual (λ): 1.397 unidades mensuales.
- Desviación estándar mensual (σ): 9,71 mensual.
- Lead Time (L): 1,5 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

$$L(z) = 2,0346$$

Buscando el valor de $L(z)$ en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = -2$.

$$S = (p+l)\lambda + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$S = 6.245$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = 2.054$$

Implementación Toner X463X11G o E460X11L para Lexmark multifunción X466

- Demanda promedio Mensual (λ): 67 unidades mensuales.

- Desviación estándar mensual (σ): 0,51 mensual.
- Lead Time (L): 2 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

$$L(z) = 1,7625$$

Buscando el valor de $L(z)$ en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = -1,7$.

$$S = (p+l)\lambda + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$S = 333$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = 99$$

Implementación Hoja Básica

- Demanda promedio Mensual (λ): 407 unidades mensuales.
- Desviación estándar mensual (σ): 7,74 mensual.
- Lead Time (L): 1,5 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

$$L(z) = 0,7436$$

Buscando el valor de $L(z)$ en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = -0,6$.

$$S = (p + l)\lambda + z\sigma\sqrt{p + l}$$

$$S = 1.821$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p + l}$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = 601$$

Implementación Folleto Institucional Ventas Unificadas

- Demanda promedio Mensual (λ): 1.563 unidades mensuales.
- Desviación estándar mensual (σ): 31 mensual.
- Lead Time (L): 1,5 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1 - f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p + l}}$$

$$L(z) = 0,7130$$

Buscando el valor de $L(z)$ en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = -0,6$.

$$S = (p + l)\lambda + z\sigma\sqrt{p + l}$$

$$S = 6.994$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p + l}$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = 2.305$$

Implementación Sobre Liquidación

- Demanda promedio Mensual (λ): 32.000 unidades mensuales.
- Desviación estándar mensual (σ): 10.368 mensual.
- Lead Time (L): 1,5 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1 - f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p + l}}$$

$$L(z) = 0,0436$$

Buscando el valor de $L(z)$ en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = 0,9554$.

$$S = (p + l)\lambda + z\sigma\sqrt{p + l}$$

$$S = 165.012$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p + l}$$

Inventario Promedio en Mano = 69.013

Implementación Sobre Renovaciones

- Demanda promedio Mensual (λ): 161.708 unidades mensuales.
- Desviación estándar mensual (σ): 66.735 mensual.
- Lead Time (L): 1,5 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

$$L(z) = 0,0342$$

Buscando el valor de L(z) en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = 0,9192$.

$$S = (p+l)\lambda + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$S = 857.813$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = 372.690$$

Implementación Toner CC364X p/ HP 4015-4515

- Demanda promedio Mensual (λ): 10 unidades mensuales.
- Desviación estándar mensual (σ): 0,91 mensual.

- Lead Time (L): 2 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

$$L(z) = 0,1474$$

Buscando el valor de L(z) en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = 0,7580$.

$$S = (p+l)\lambda + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$S = 51$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = 17$$

Parámetros Hoja Básica con puntillado

- Demanda promedio Mensual (λ): 158 unidades mensuales.
- Desviación estándar mensual (σ): 21,88 mensual.
- Lead Time (L): 1,5 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

$$L(z) = 0,1021$$

Buscando el valor de $L(z)$ en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = 0,8159$.

$$S = (p+l)\lambda + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$S = 748$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p+l}$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = 275$$

Parámetros Sobre Blanco c/logo

- Demanda promedio Mensual (λ): 158 unidades mensuales.
- Desviación estándar mensual (σ): 70,82 mensual.
- Lead Time (L): 1,5 meses.
- Periodo de Revisión (P): 3 meses.
- Nivel de Servicio (f): 99%

$$L(z) = \frac{(1-f)\lambda p}{\sigma\sqrt{p+l}}$$

$$L(z) = 0,0315$$

Buscando el valor de L(z) en la tabla de la función estandar de pérdida en el Anexo, encontramos un valor aproximado de $z = 0,9192$.

$$S = (p + l)\lambda + z\sigma\sqrt{p + l}$$

$$S = 849$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = \frac{\lambda p}{2} + z\sigma\sqrt{p + l}$$

$$\text{Inventario Promedio en Mano} = 375$$

5.3.2. Análisis de resultados

Considerando los resultados obtenidos con la aplicación del modelo propuesto, podemos concluir que la empresa puede reducir considerablemente el nivel de stock de los insumos analizados, sin descuidar el nivel de servicio que garantice evitar stockout's.

La siguiente tabla nos muestra una comparación entre el nivel de stock de la política actual y la propuesta.

Insumo	Inventario promedio (en unidades)			Inventario promedio (AR\$)		
	Política Actual	Política Alternativa	Diferencia	Política Actual	Política Alternativa	Diferencia
Hoja Local	14.167	9.701	4.466	\$ 1.350.823,45	\$ 924.990,35	\$ 425.833,10
Rollo térmico	9.866	6.245	3.621	\$ 680.754,00	\$ 430.905,00	\$ 249.849,00
Toner X463X11G o E460X11L	615	333	282	\$ 672.410,25	\$ 364.085,55	\$ 308.324,70
Hoja Básica	2.942	1.821	1.121	\$ 316.853,40	\$ 196.121,70	\$ 120.731,70
Folleto Institucional Ventas Unificadas	13.234	6.994	6.240	\$ 264.680,00	\$ 139.880,00	\$ 124.800,00
Sobre Liquidación	259.849	165.012	94.837	\$ 210.477,69	\$ 133.659,72	\$ 76.817,97
Sobre Renovaciones	479.500	857.813	-378.313	\$ 195.875,75	\$ 350.416,61	-\$ 154.540,86
Toner CC364X p/ HP 4015-4515	96	51	45	\$ 154.568,72	\$ 82.114,63	\$ 72.454,09
Hoja Básica con puntillado	1.340	748	592	\$ 135.072,00	\$ 75.398,40	\$ 59.673,60
Sobre Blanco c/logo	2.069	849	1.220	\$ 121.367,54	\$ 49.802,34	\$ 71.565,20
						\$ 1.355.508,50

Tabla 5.2 Análisis de resultado de la aplicación de la política propuesta. Fuente: Elaboración propia (2014).

De un total de \$4.102.882,80 de insumos en stock, se reduce a \$2.747.374,30, equivalente a un 33% menos, arrojando una diferencia significativa de \$1.355.508,50.

C. CIERRE DEL PROYECTO

Conclusiones Finales

Tarjeta Esperanza S.A ha presentado un crecimiento importante en estos últimos años, crecimiento que se ve reflejado en la cantidad de aperturas de nuevas sucursales a lo largo del país, con la estrategia de hacerse más fuerte en Capital Federal y seguir su expansión en países de la región. Este crecimiento implica un mayor consumo y niveles de stock de los insumos necesarios para el funcionamiento de la empresa.

Durante el desarrollo del trabajo se pudo observar que la empresa bajo análisis poseía una política de inventario que no se ajustaba a las particularidades de cada uno de los insumos que se encuentran en el depósito, por lo contrario, se establecía el mismo criterio para todo el universo de artículos, sin diferenciar insumos críticos, nivel de servicio ofrecido para los mismos, plazos de entrega del proveedor, entre otros.

Como consecuencia de esta política adoptada se generan excesivos niveles de stock pero que no garantizan evitar quiebres, stock inmovilizados, destinar el mismo esfuerzo a un insumo crítico y a uno no crítico, y la dificultad de eficientizar los pedidos aplicando economía de escalas.

Este trabajo tenía como objetivo el análisis de políticas de inventario que puedan ser aplicadas a los insumos más significativos de la compañía, y el impacto de la misma. Luego del análisis se propuso la aplicación de una política de gestión de inventario de Revisión Periódica.

Con la introducción de esta política alternativa de inventario encontramos que la compañía puede reducir los niveles de stock de los insumos analizados en un 33%, equivalente a \$1.355.508,50 de pesos, manteniendo el nivel de cumplimiento en un 99%.

Si bien observamos resultados positivos respecto a la reducción de los niveles de inventarios de los insumos analizados, otro punto favorable de esta política sugerida es la factibilidad para aplicarla al resto de los insumos de la compañía,

agrupandolos según sus características pudiendo así organizar los pedidos y lograr economías de escala.

Por otro lado, al estar atravesando el país épocas de altos niveles de inflación, sabemos la conveniencia de incrementar los niveles de stock con la finalidad de resguardar el capital. A través del sistema utilizado podemos obtener información de los insumos más demandados, ordenarlos según criticidad y según el impacto en términos monetarios. Con esta información suministrada por el sistema y la nueva política podemos incrementar los periodos de revisión p con el objetivo de aumentar los niveles de stock objetivo de aquellos artículos con alta rotación y no de aquellos que presentan poco movimiento.

Para concluir, puedo afirmar que se cumplieron los objetivos planteados para la realización del trabajo final de la Maestría en Dirección de Negocios y que los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios. La implementación de la política desarrollada permitirá a la compañía eficientizar la gestión de inventario reduciendo los niveles de stock garantizando los niveles de servicio.

Bibliografía

Vidal Holguín C.J. (2005). Fundamentos de Gestión de Inventarios. Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería.

Silver, Eduard A., David F. Pyke y Rein Peterson (1998). Forecasting. 3ª Edición, John Wiley & Sons. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. New York, 1998.

Norman Gaither y Greg Frazier (1999). 8ª Edición. Administración de producción y operaciones. Thomson.

Schroeder, Roger G. (1992). 3ª Edición. Administración de Operaciones. Mc Graw Hill.

Van Ryzin, Garret J. (2001). “Analyzing inventory cost and service in supply chains”.

ANEXOS

z	$F(z)$	$L(z)$	z	$F(z)$	$L(z)$
-4.0	0.0000	4.0000	0.0	0.5000	0.3989
-3.9	0.0000	3.9000	0.1	0.5398	0.3509
-3.8	0.0001	3.8000	0.2	0.5793	0.3069
-3.7	0.0001	3.7000	0.3	0.6179	0.2668
-3.6	0.0002	3.6000	0.4	0.6554	0.2304
-3.5	0.0002	3.5001	0.5	0.6915	0.1978
-3.4	0.0003	3.4001	0.6	0.7257	0.1687
-3.3	0.0005	3.3001	0.7	0.7580	0.1429
-3.2	0.0007	3.2002	0.8	0.7881	0.1202
-3.1	0.0010	3.1003	0.9	0.8159	0.1004
-3.0	0.0013	3.0004	1.0	0.8413	0.0833
-2.9	0.0019	2.9005	1.1	0.8643	0.0686
-2.8	0.0026	2.8008	1.2	0.8849	0.0561
-2.7	0.0035	2.7011	1.3	0.9032	0.0455
-2.6	0.0047	2.6015	1.4	0.9192	0.0367
-2.5	0.0062	2.5020	1.5	0.9332	0.0293
-2.4	0.0082	2.4027	1.6	0.9452	0.0232
-2.3	0.0107	2.3037	1.7	0.9554	0.0183
-2.2	0.0139	2.2049	1.8	0.9641	0.0143
-2.1	0.0179	2.1065	1.9	0.9713	0.0111
-2.0	0.0228	2.0085	2.0	0.9772	0.0085
-1.9	0.0287	1.9111	2.1	0.9821	0.0065
-1.8	0.0359	1.8143	2.2	0.9861	0.0049
-1.7	0.0446	1.7183	2.3	0.9893	0.0037
-1.6	0.0548	1.6232	2.4	0.9918	0.0027
-1.5	0.0668	1.5293	2.5	0.9938	0.0020
-1.4	0.0808	1.4367	2.6	0.9953	0.0015
-1.3	0.0968	1.3455	2.7	0.9965	0.0011
-1.2	0.1151	1.2561	2.8	0.9974	0.0008
-1.1	0.1357	1.1686	2.9	0.9981	0.0005
-1.0	0.1587	1.0833	3.0	0.9987	0.0004
-0.9	0.1841	1.0004	3.1	0.9990	0.0003
-0.8	0.2119	0.9202	3.2	0.9993	0.0002
-0.7	0.2420	0.8429	3.3	0.9995	0.0001
-0.6	0.2743	0.7687	3.4	0.9997	0.0001
-0.5	0.3085	0.6978	3.5	0.9998	0.0001
-0.4	0.3446	0.6304	3.6	0.9998	0.0000
-0.3	0.3821	0.5668	3.7	0.9999	0.0000
-0.2	0.4207	0.5069	3.8	0.9999	0.0000
-0.1	0.4602	0.4509	3.9	1.0000	0.0000
0.0	0.5000	0.3989	4.0	1.0000	0.0000