

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

PROYECTO DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA”

TEMA

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO Y DESARROLLO DE LA
HEURÍSTICA DE SILVER MEAL PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE ABASTECIMIENTO
DE UNA LÍNEA CON VENTA ESTACIONAL**

AUTOR

PAULINA VILLACÍS BAQUERO

Guayaquil - Ecuador

AÑO

2016

DEDICATORIA

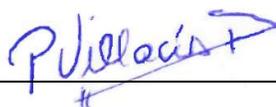
Dedico esta tesis a Dios por las bondades recibidas, a mis padres por todo el esfuerzo que en su vida me han entregado, a mi esposo por su comprensión y apoyo en esta etapa, y a mis hijos el motor de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi esposo por ser incondicional durante la etapa de mis estudios, por su apoyo infinito que siempre recibí y por todos los sacrificios realizados para que yo pudiera cumplir esta meta.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Paulina Beatriz Villacís Baquero

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



M. Sc. PEDRO RAMOS DE SANTIS
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



M. Sc. CARLOS ANÍBAL SUÁREZ
DIRECTOR DE PROYECTO



Ph. D. FERNANDO SANDOYA SÁNCHEZ
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTOR DE PROYECTO



Paulina Beatriz Villacís Baquero

CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	- 2 -
DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	- 2 -
1.1 GENERALIDADES.....	- 2 -
1.2 CARACTERÍSTICAS DEL CASO DE ESTUDIO	- 3 -
1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL	- 3 -
1.2.2 EDAD DEL INVENTARIO	- 4 -
1.2.3 PLANIFICACIÓN DE COMPRAS	- 6 -
1.2.4 AGRUPACIÓN DEL INVENTARIO.....	- 9 -
1.2.5 ANÁLISIS ABC DEL INVENTARIO.....	- 10 -
1.2.6 EXCESO DE INVENTARIO (SOBRESTOCK).....	- 12 -
1.2.7 ESTACIONALIDAD DE LA DEMANDA	- 13 -
1.2.8 CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO	- 14 -
1.2.9 ÍNDICE DE ROTACIÓN DE INVENTARIOS	- 19 -
1.2.10 PROVEEDORES DE LA COMPAÑÍA.....	- 20 -
CAPÍTULO II.....	- 22 -
MARCO TEÓRICO.....	- 22 -
2.1 CATEGORIZACIÓN DE COSTOS FINANCIEROS DEL INVENTARIO	- 22 -
2.1.1 COSTO DE ALMACENAMIENTO	- 22 -
2.1.2 COSTO DE LANZAMIENTO DE PEDIDO	- 23 -
2.1.3 COSTO POR PÉRDIDA DE VENTA.....	- 24 -
2.2 MODELOS PARA GESTIÓN DE INVENTARIO	- 24 -
2.3 MODELOS DE INVENTARIO PARA DEMANDA DETERMINÍSTICA Y VARIABLE EN EL TIEMPO	- 26 -
2.3.1 MÉTODO LOTE A LOTE.....	- 27 -
2.3.2 MÉTODO DE PERIODO CONSTANTE.....	- 27 -
2.3.3 MODELO EOQ (ECONOMIC ORDER QUANTITY)	- 28 -
2.3.4 CANTIDAD PERIÓDICA DEL PEDIDO (POQ).....	- 30 -
2.3.5. HEURÍSTICA DE SILVER MEAL.....	- 32 -
2.3.6 ALGORITMO DE WAGNER WHITIN	- 35 -
2.4 ELECCIÓN DEL MODELO Y JUSTIFICACIÓN	- 36 -
CAPÍTULO III.....	- 41 -
ANÁLISIS DE DATOS Y EXPLICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO DE LA POLÍTICA DE INVENTARIOS	- 41 -
3.1 RESUMEN DE LA PROBLEMÁTICA	- 41 -

3.2 REQUERIMIENTOS DE LA COMPAÑÍA	- 42 -
3.3 INFORMACIÓN DE VENTAS	- 43 -
3.4 VARIABLES Y PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA POLÍTICA DE INVENTARIOS	- 44 -
3.5 VARIABLES SECUNDARIAS QUE INTERVIENEN EN LA POLÍTICA DE INVENTARIOS....	- 52 -
CAPÍTULO IV	- 56 -
IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE INVENTARIOS Y HEURÍSTICA DE SILVER MEAL MEDIANTE UN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	- 56 -
4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE INVENTARIO	- 56 -
4.1.1 CREACIÓN DE GRUPOS (GRUPO DE ITEMS/GRUPO DE TIENDAS - ITEM GROUP/STORE GROUP)	- 56 -
4.1.2 CREACIÓN DE UNA ESTACIONALIDAD	- 57 -
4.1.3 SUAVIZACIÓN DE LA CURVA	- 59 -
4.1.4 PARÁMETROS PARA LA CREACIÓN DEL GRUPO DE PRONÓSTICO.....	- 60 -
4.1.4.1 CONFIGURACIÓN DE BY PASS	- 61 -
4.1.5 INCREMENTO O DISMINUCIÓN EN VENTAS.....	- 62 -
4.1.6 PRONÓSTICO Y APROVISIONAMIENTO (FORECAST AND REPLENISHMENT)	- 63 -
4.2 FLUJOGRAMA DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO.....	- 65 -
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA HEURÍSTICA DE SILVER MEAL	- 65 -
4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	- 66 -
CONCLUSIONES	- 73 -
RECOMENDACIONES	- 75 -
BIBLIOGRAFÍA	- 78 -
ANEXO I	- 79 -
FLUJOGRAMA DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO	- 79 -
ANEXO II	- 81 -
MAPA DEL PROCESO	- 81 -
ANEXO III	- 82 -
ALGORITMO DE LA HEURÍSTICA DE SILVER MEAL	- 82 -
ANEXO IV	- 83 -
GLOSARIO DE TÉRMINOS	- 83 -

CONTENIDO DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 Edad del inventario (unidades)</i>	- 5 -
<i>Figura 1.2 Edad del inventario (unidades)</i>	- 6 -
<i>Figura 1.3 Compras realizadas durante los años 2014 y 2015</i>	- 8 -
<i>Figura 1.4 Análisis ABC del inventario</i>	- 11 -
<i>Figura 1.5 Venta en unidades por mes</i>	- 14 -
<i>Figura 1.6 Ciclo de vida de un producto en el mercado</i>	- 16 -
<i>Figura 1.7 Ciclo de vida de los equipos tradicionales de climatización</i>	- 17 -
<i>Figura 1.8 Ciclo de vida de los equipos inverter de climatización</i>	- 18 -
<i>Figura 1.9 Obsolescencia del inventario</i>	- 19 -
<i>Figura 2.1 Modelo EOQ</i>	- 28 -
<i>Figura 4.1 Menú de opciones</i>	- 56 -
<i>Figura 4.2 Creación de un Grupo de Artículos</i>	- 57 -
<i>Figura 4.3 Creación de Estacionalidad</i>	- 58 -
<i>Figura 4.4 Gráfico de Estacionalidad</i>	- 58 -
<i>Figura 4.5 Suavización de la estacionalidad</i>	- 60 -
<i>Figura 4.6 Parámetros de grupo de pronóstico</i>	- 61 -
<i>Figura 4.7 Activación de by pass por inventario en cero</i>	- 62 -
<i>Figura 4.8 Activación de by pass por variación</i>	- 63 -
<i>Figura 4.9 Pronóstico y aprovisionamiento</i>	- 64 -
<i>Figura 4.10 Cálculo de los parámetros</i>	- 64 -
<i>Figura 4.11 Ejecución de la heurística de SM</i>	- 66 -
<i>Figura 4.12 Resultados del método de pronóstico</i>	- 72 -

CONTENIDO DE TABLAS

<i>Tabla 1.1 Edad del inventario</i>	- 4 -
<i>Tabla 1.2 Planificación de compras (Porcentaje en base a unidades adquiridas)</i>	- 8 -
<i>Tabla 1.3 Líneas de negocio</i>	- 10 -
<i>Tabla 1.4 Cobertura en meses por categoría al 31 de diciembre de 2014</i>	- 12 -
<i>Tabla 2.1 Modelos de Inventario</i>	- 39 -
<i>Tabla 3.1 Análisis y acciones previas</i>	- 42 -
<i>Tabla 4.1 Resultados obtenidos</i>	- 67 -
<i>Tabla 4.2 Resultados y costos de cada método</i>	- 69 -
<i>Tabla 4.3 Resultados y costos por inventario final</i>	- 71 -

OBJETIVOS GENERALES

- Proveer a la empresa de una herramienta que permita planificar adecuadamente el abastecimiento de productos de alta rotación, para evitar quiebres de inventario y asegurar niveles de mercadería que permitan satisfacer la demanda pronosticada.
- Definir los parámetros necesarios para implementar de forma correcta el modelo de abastecimiento.
- Comparar los resultados obtenidos mediante la Heurística de Silver Meal y el método del pronóstico y evaluar las ventajas y desventajas al utilizar cada uno.
- Elegir uno de los dos sistemas para implementar en la empresa y justificar la elección realizada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar los requerimientos de abastecimiento de la compañía y desarrollar con base en ellos una política de inventarios para los productos analizados en este estudio.
- Identificar el tipo de demanda, entrega de proveedores, así como todos los parámetros que deben ser utilizados en el desarrollo de la política de inventarios.
- Revisar los modelos de inventario aplicables a demanda variable (estacional) y seleccionar el que más se ajuste al problema propuesto, justificando la elección.
- Implementar computacionalmente el método utilizado por la heurística de Silver Meal y el método del pronóstico para resolver el problema expuesto.
- Evaluar los resultados obtenidos en ambos métodos y verificar si las cantidades de compra proporcionados por cada modelo satisfacen las necesidades de la compañía.
- Exponer los resultados referentes al costo incurrido al utilizar la heurística de Silver Meal y los generados al utilizar la política de inventario y explicar cómo se afecta la compañía en cada caso.
- Seleccionar uno de los métodos utilizados para implementarlo en la compañía y exponer las razones que conllevaron a la elección.

INTRODUCCIÓN

Por medio de este proyecto se busca resolver el problema de abastecimiento que afecta a una empresa de ventas por departamento cuando no se cuenta con un sistema que calcule las necesidades de consumo adecuadas para generar los pedidos de compra al proveedor.

Cuando no se dispone de forma oportuna de la mercadería requerida para cubrir la demanda se incurren en ventas perdidas e insatisfacción del cliente.

Este trabajo busca solucionar el problema de abastecimiento asegurando la disponibilidad de inventarios y manteniendo niveles de mercadería acorde al nivel de servicio fijado por la compañía para poder atender los requerimientos de todas las sucursales.

La planificación del abastecimiento estará dirigida al centro de distribución principal, mismo que almacena la mercadería y desde ahí se distribuye para todas las sucursales de acuerdo a los pedidos de cada una.

Los datos que se van a utilizar para este proyecto son ventas correspondientes a todas las tiendas a nivel nacional que comercializan estos productos.

En la actualidad el proceso para el abastecimiento inicia con el cálculo del plan de ventas anual, mismo que se genera manualmente a partir del histórico de las últimas cincuenta y dos semanas.

Una vez que el equipo comercial ha definido el presupuesto de ventas se realizan las negociaciones con los proveedores para planificar las compras y contar con el inventario de forma oportuna.

El sistema no genera de forma automática las órdenes, hay que realizarlas cada vez que se requiera el inventario, en caso de existir tránsitos pendientes hay que buscarlos y agregarlos de forma manual ya que el sistema no está ligando los pedidos por entregar.

Otro parámetro que tampoco se está considerando es el inventario actual, todos los datos hay que reunirlos de forma manual para realizar la orden de compra.

Los siguientes parámetros contienen información de importancia para el desarrollo de la política de inventario:

- Venta semanal de las tiendas
- Inventario en el almacén principal
- Estacionalidad del producto
- Nivel de servicio
- Stock de seguridad
- Tránsitos de mercadería
- Costos de almacenamiento
- Tipo de proveedor
- Lead Time (tiempo de entrega del proveedor)
- Land Time (tiempo de preparación de la mercadería en bodega antes del despacho a tiendas)
- Faltantes en las entregas del proveedor
- Entrega parcial de las órdenes de compra

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

1.1 GENERALIDADES

El objetivo principal y el ideal en la cadena de abastecimiento es disponer de la mercadería necesaria en el momento oportuno y con el menor costo posible, sin embargo este objetivo no es fácil de conseguir, especialmente cuando los procesos carecen de definición y no se cuenta con herramientas tecnológicas que ayuden en la toma de decisiones.

Toda interrupción en el flujo de la cadena de suministro, ya sea información o dinero se traduce en pérdidas para la empresa, la falta de inventario ocasiona pérdidas de ventas y merma la rentabilidad de la empresa.

Por otro lado el exceso de inventario genera un capital muerto que no se recupera y no genera las ganancias esperadas.

En el presente estudio se evidencian situaciones como las expuestas previamente, por ejemplo, es común la presencia de quiebres de inventario que ocasionan desabastecimientos en los puntos de venta, así como también se evidencia el efecto contrario, es decir se genera un exceso de mercadería en el almacén principal debido a compras excesivas que se realizan para asegurar disponibilidad del producto en los meses de mayor venta, lo que ocasiona aumento en los costos logísticos y disminución en los márgenes de ganancia de la empresa.

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL CASO DE ESTUDIO

1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL

La compañía donde se realiza el estudio se encuentra ubicada en Centro América, tiene en total ochenta y ocho sucursales en las principales ciudades de la nación.

La empresa ha ido incursionando con el paso de los años en nuevas líneas de negocio que le permiten ofrecer al cliente una gama amplia de productos que se adapten a sus necesidades, entre las líneas con las que cuenta la compañía tenemos, tecnología, equipos de hogar, muebles, servicios, entre otras.

Para la empresa, la tarea de administrar los inventarios ha significado un verdadero reto debido a las fuertes cantidades de dinero que se invierten para la compra, almacenamiento, y mantenimiento de los productos. Esta tarea se vuelve cada vez más compleja debido a ciertos factores que interactúan, como la implementación de niveles de servicio que permitan atender a todos los clientes, la globalización, que permite el intercambio de mercadería desde diversas partes del mundo, la necesidad de ofrecer al cliente un extenso abanico de opciones, los estándares exigidos en la distribución de la mercadería, entre otros.

Debido a todas estas circunstancias en la empresa cada vez son más frecuentes problemas por quiebres de inventario, lo que genera además de la pérdida de venta, un malestar en el cliente por no encontrar lo que desea, poniendo en peligro la fidelización del consumidor.

Para solucionar estas situaciones se han adoptado medidas que, aunque aseguran alcanzar un estándar alto de servicio al cliente y proteger a la empresa contra las fluctuaciones de la demanda, perjudican drásticamente los costos debido al incremento en los niveles de inventario.

Otro problema que se presenta cuando existe un exceso de mercadería con baja rotación, es el riesgo de obsolescencia o caducidad del inventario, lo que también genera pérdida de rentabilidad.

1.2.2 EDAD DEL INVENTARIO

Los indicadores mensuales de la compañía muestran que aproximadamente el 39% del costo total del inventario no ha generado venta durante un periodo mayor a tres meses, es decir el 39% del capital invertido se encuentra paralizado (almacenado) y no está generando la rentabilidad esperada, si hacemos referencia a las unidades en inventario, el 57% no ha tenido movimiento en un periodo mayor a tres meses (Ver tabla 1.1).

Edad	Descripción	% Unidades por nivel	% Costo por nivel
1	Sin movimiento en los últimos 90 días	43,40%	60,84%
2	Tres a seis meses sin movimiento	14,44%	16,33%
3	Seis meses a un año sin movimiento	23,07%	14,47%
4	Uno a dos años sin movimiento	8,86%	5,38%
5	Más de dos años sin movimiento	10,23%	2,98%
Total		100%	100%

Tabla 1.1 Edad del inventario

En la figura 1.1 se detalla el porcentaje de unidades en inventario de acuerdo a la edad que tiene, el 43% es inventario cuya edad o permanencia es menor a tres meses, este es el primer nivel de la escala y aunque resulta perjudicial tener un gran porcentaje en esta clasificación se pueden implementar ciertas acciones rápidas para acelerar la venta del mismo sin sacrificar la rentabilidad ya que el inventario no es tan antiguo.

Los dos últimos niveles (inventario cuya edad está entre uno y dos años e inventario cuya edad es mayor a dos años) son los más perjudiciales para la compañía, ya que generalmente esta mercadería se encuentra obsoleta, discontinuada, y en estado deteriorado.

Las acciones comerciales que se pueden tomar para la mercadería que se encuentra en estos dos niveles no apuntan a recuperar el margen de ganancia establecido para la compañía, sino más bien a eliminar el gasto en el que se está incurriendo por mantener almacenadas estas referencias.

En estos dos niveles se encuentra el 19% del inventario.

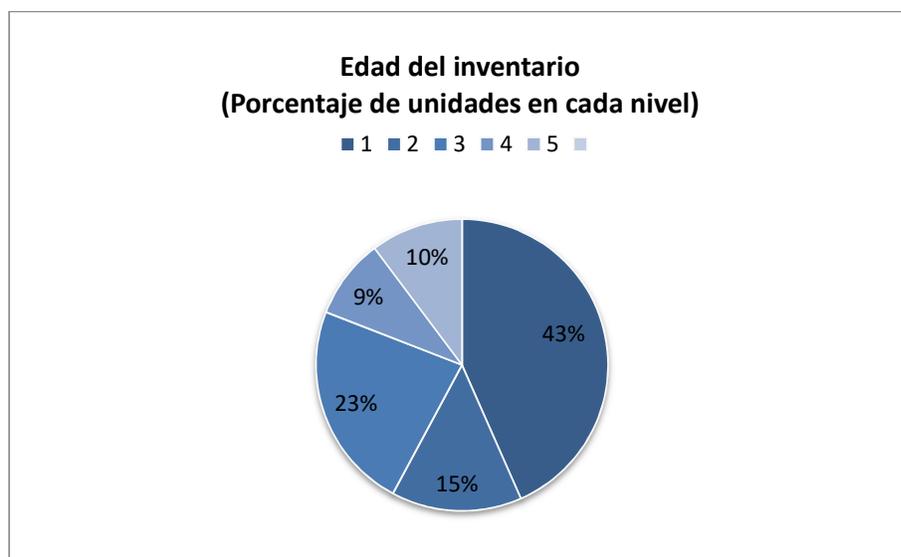


Figura 1.1 Edad del inventario (unidades)

La figura 1.2 muestra el porcentaje del costo del inventario por cada nivel de edad o permanencia, aproximadamente el 61% del costo del inventario se encuentra en el primer nivel, el 39% restante excede los tres meses de edad o permanencia, de este 39%, aproximadamente el 31% tiene un rango de tres meses a un año sin movimiento.

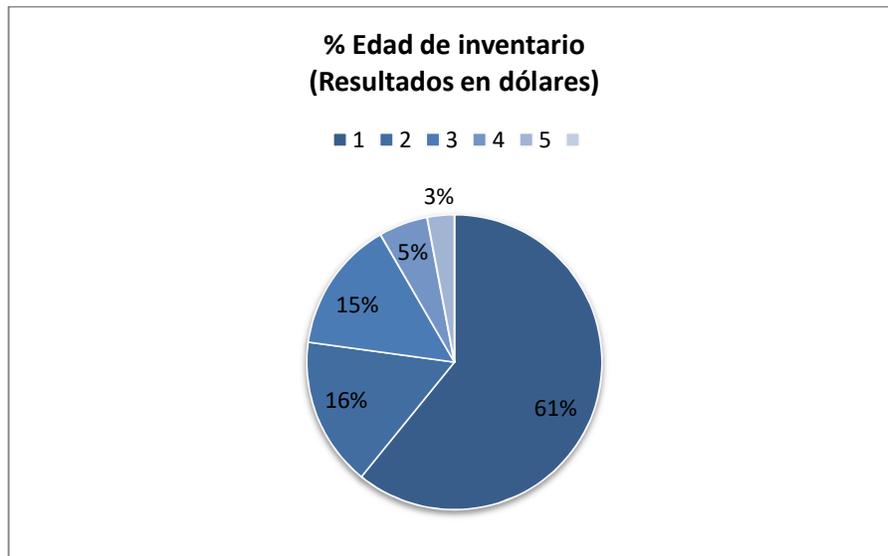


Figura 1.2 Edad del inventario (unidades)

1.2.3 PLANIFICACIÓN DE COMPRAS

En una política de inventarios la solución al problema debe contestar las siguientes preguntas:

- ¿Qué comprar?
- ¿Cuándo comprar?
- ¿Cuánto comprar?

Actualmente la planificación de compras presenta algunas falencias:

- **Cálculo manual de las necesidades**: el análisis de los requerimientos se lo realiza de forma manual, con base en el presupuesto de ventas que entrega la parte comercial al inicio del año.
- **Revisión ineficiente de los inventarios**: no hay parámetros establecidos para la revisión de los inventarios y la generación de las órdenes de compra.

- **No se evalúan de forma correcta los tiempos de entrega del proveedor:** se requiere que la política de inventarios considere los tiempos de entrega del proveedor, actualmente esta información no está actualizada en la base de datos de la empresa.
- **No se integra la tendencia actual de ventas:** el presupuesto de venta se entrega en la segunda semana del año, sin embargo el comportamiento de la demanda tiene mucha variación debido a factores propios del mercado, esto provoca que en algunos periodos la venta real esté lejana de la que se presupuestó al inicio del año.
Se requiere que la política de inventarios contemple la tendencia de la demanda y la desviación de la misma, para poder reaccionar ante este tipo de eventos y mantener en bodega el nivel de inventario que se necesite para evitar llegar a un desabastecimiento que impida alcanzar el nivel de venta esperado.
- **No se integra el tiempo de preparación de bodega:** cuando el proveedor entrega la mercadería en el centro de distribución empieza el proceso de preparación de mercadería para despachar los productos a las tiendas.
Este proceso consiste en verificación, recepción, ingreso del inventario al sistema, generación de pedidos para cada localidad, preparación de despachos, asignación de transporte según la frecuencia establecida a cada punto, este tiempo toma aproximadamente de cuatro a cinco días y debe considerarse en la política de inventarios.

La tabla 1.2 y la figura 1.3 muestran el porcentaje en unidades del presupuesto de compras que se adquirió en cada mes de los años dos mil catorce y dos mil quince, como se puede observar el comportamiento de colocación de órdenes guarda más relación en los meses de junio y julio en los que se compra aproximadamente del 35% al 47% de la mercadería que se adquiere en cada año, sin embargo en los demás meses no existe una relación en la adquisición de los materiales durante los dos años.

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

Maestría en Control de Operaciones y Gestión Logística

Al implementar la política de inventarios se busca que el patrón de compras sea lo más homogéneo posible y minimizar esos incrementos bruscos que provocan desbalance en el flujo de pagos de la compañía.

Una correcta planificación de compras permitirá a la compañía conocer el monto de dinero que requiere mensualmente y esto a su vez otorga un control sobre los egresos y el flujo de la empresa.

MES	2014	2015
ENE	25%	5%
FEB	0%	7%
MZO	3%	0%
ABR	0%	0%
MYO	6%	3%
JUN	24%	20%
JUL	22%	15%
AGO	0%	46%
SEP	0%	0%
OCT	0%	0%
NOV	0%	0%
DIC	20%	0%

Tabla 1.2 Planificación de compras (Porcentaje en base a unidades adquiridas)

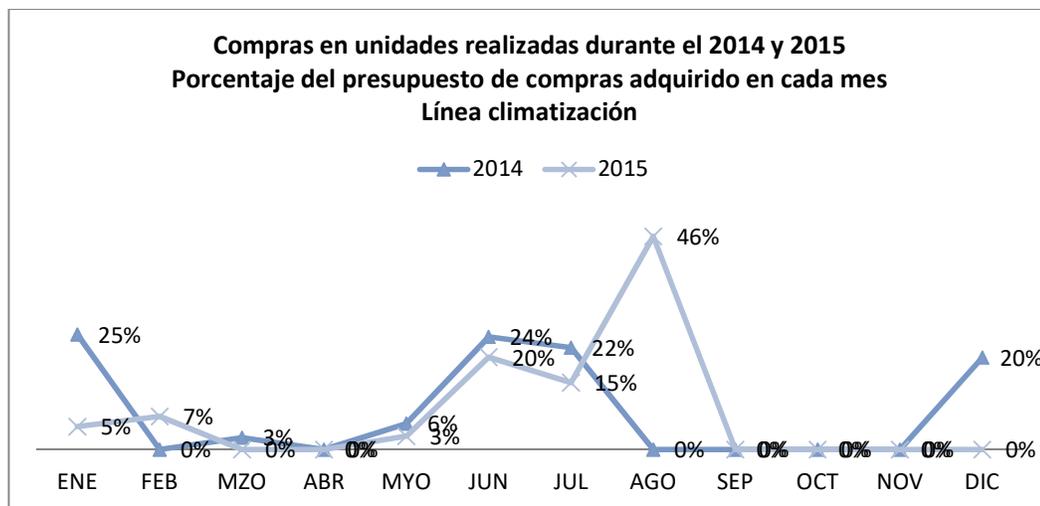


Figura 1.3 Compras realizadas durante los años 2014 y 2015

1.2.4 AGRUPACIÓN DEL INVENTARIO

El primer nivel de clasificación para los productos está relacionado a la línea de negocio a la que pertenecen, las líneas con mayor porcentaje de venta son:

- **Tecnología:** se incluyen todos los equipos como celulares, laptops, computadores de escritorio, tabletas, parlantes, televisores, minicomponentes, accesorios para auto, artículos de entretenimiento como consolas, videojuegos, entre otros.

La característica principal de estos artículos es que no requieren gran espacio para su exhibición, los mismos pueden ser ubicados en vitrinas, islas o galerías de pared, lo que implica que cada tienda puede abastecerse con la cantidad que requiera para cubrir la demanda de un periodo determinado sin preocuparse por espacio de almacenamiento.

Estos artículos por lo general no se guardan en la bodega, se direccionan hacia las tiendas en su totalidad.

- **Equipos de hogar:** en esta línea se incluyen todos los productos que se utilizan para equipar el hogar tales como refrigeradores, lavadoras, productos de climatización, etc.

A diferencia de la primera línea estos productos requieren de mayor espacio para su almacenamiento y las tiendas no disponen de bodega, por lo que es necesario contar con un nivel adecuado en el almacén principal que permita cubrir las necesidades comerciales.

- **Las líneas de decoración y moda** contienen productos que se compran según las colecciones disponibles del proveedor, por lo que las referencias o códigos cambian en cada adquisición, estos artículos tampoco se almacenan en bodega, se exhiben completamente en piso de venta.

En la tabla 1.3 se detallan las líneas de negocio y su participación de ventas en la compañía:

Línea	Participación
Tecnología	32%
Equipos de hogar	18%
Decoración	16%
Servicios	13%
Moda	7%
Total	85%

Tabla 1.3 Líneas de negocio

Las cinco líneas detalladas en la tabla 1.3 concentran el 85% de la venta total en unidades de la compañía, entre ellas las dos líneas más importantes son tecnología y equipos de hogar, la diferencia entre ellas es que la primera contiene artículos que son entregados a los clientes directamente en la tienda, mientras que los artículos pertenecientes a la segunda línea (equipos de hogar) se despachan al cliente desde el almacén principal.

1.2.5 ANÁLISIS ABC DEL INVENTARIO

El análisis ABC es de mucha ayuda para identificar cuáles son los pocos artículos en los se concentra la venta de la empresa (generalmente el 80%), de esta manera los esfuerzos se enfocan en los productos más importantes de la compañía, aquellos que le significan más ingreso en dólares o más ventas en unidades, o también se puede hacer una selección integrando estos dos enfoques.

Después de las líneas de negocio, el siguiente nivel de clasificación del inventario son los grupos o familias de artículos, en total se tienen setecientos veinte y ocho distintas familias o grupos.

Del análisis ABC de ventas en unidades, realizado al inventario de la compañía podemos resumir lo siguiente:

- Las primeras noventa y uno categorías (12,5% del total) concentran el 80% de la venta anual.

- Las siguientes ciento treinta y tres categorías (18,2% del total) hacen el 15% de la venta total anual.
- Los siguientes quinientos cuatro grupos de artículos (69,2% del total) hacen el 5% de la venta total anual.

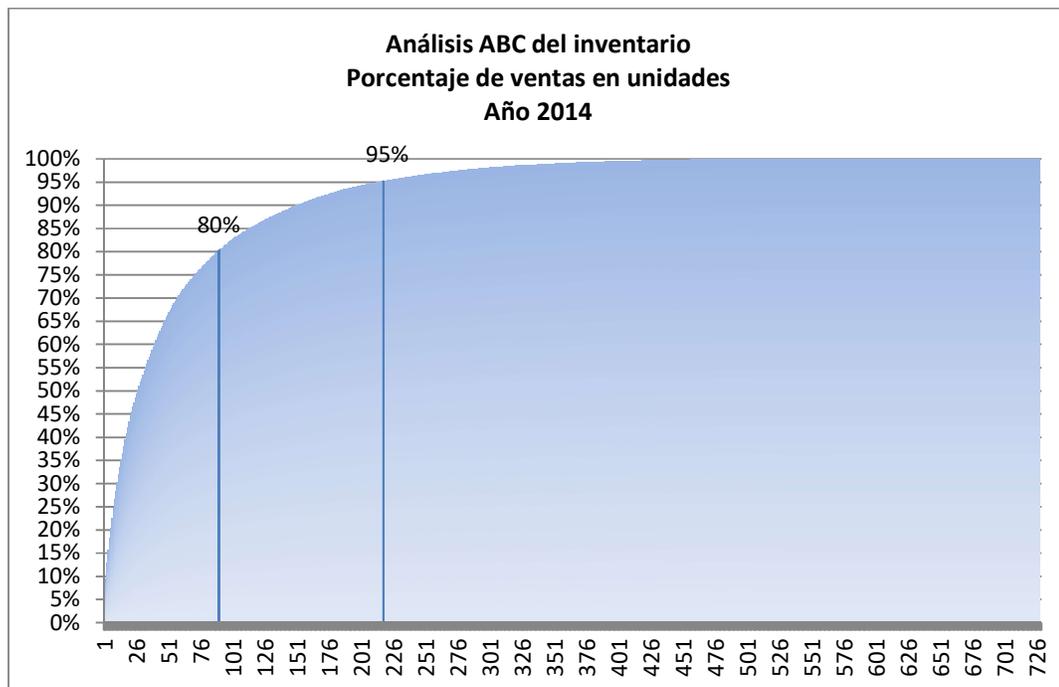


Figura 1.4 Análisis ABC del inventario

Es necesario que la compañía analice las noventa y uno categorías que acumulan el 80% de la venta a fin de implementar para cada una de ellas políticas de inventario que permitan a la empresa abastecerse de las referencias necesarias y evitar pérdidas de ventas por rupturas de stock.

Entre las categorías que entran en la clasificación de productos “A” se encuentran transporte, televisores, cómputo, telefonía móvil, línea blanca, climatización, artículos menores para el hogar, muebles, entre otros.

1.2.6 EXCESO DE INVENTARIO (SOBRESTOCK)

La rapidez con que las marcas desarrollan nuevos modelos ocasionan que los anteriores queden obsoletos, la nueva tecnología desplaza a la actual y el cliente tiende a elegir productos recién llegados.

La falta de controles en los niveles de inventario, las compras excesivas realizadas en algún momento del ciclo de vida del producto o una caída inesperada en la demanda pueden ocasionar el exceso de inventario [5].

El escenario de compra es muy dinámico por lo que el procedimiento actual de la empresa para aprovisionarse no está dando buenos resultados, al contrario se realizan fuertes inversiones en producto que a la larga queda descontinuado u obsoleto.

Tomando como referencia una categoría de productos, en un corte realizado en diciembre del 2014, el inventario con el que contaba la empresa en la línea de climatización, cubría por lo menos ocho meses de venta (ver tabla 1.4).

CATEGORÍA	STOCK UNIDS	UNIDS. POR INGRESAR ODC	INVENTARIO TOTAL UNIDS.	COBERTURA MESES
Aire inverter	467	3.405	3.872	8,6
Aire portátil	623	848	1.471	9,8
Aire tradicional	316	5.030	5.346	48,7

Tabla 1.4 Cobertura en meses por categoría al 31 de diciembre de 2014

Este exceso de inventario es un problema que se presencia en todas las categorías, la fuerte competencia con otras empresas que ofertan los mismos productos es otro factor que ocasiona grandes fluctuaciones en la demanda, las promociones que colocan las demás cadenas obligan a reaccionar de la misma manera, lo que puede ocasionar en un

quiebre de inventario o viceversa, las campañas planificadas no dan los resultados esperados y el inventario no se vende a la velocidad deseada.

La definición de sobre stock no es muy clara, depende más bien de la forma de trabajar de cada compañía, para el caso bajo análisis la empresa no tiene parámetros definidos para decretar exceso de inventario, sin embargo existen ciertos indicios que ayudan a medir que tan elevado se encuentra el nivel de mercadería:

- **Para artículos importados:** por lo general se tiene exceso de mercadería en este tipo de productos cuando los niveles de inventario cubren un periodo de venta mayor a seis meses.

Al tener un lead time prolongado (aproximadamente tres meses) lo mínimo que se tiene en inventario son tres a seis meses de venta. Esto depende mucho del puerto de origen y del proveedor ya que los tiempos de entregan cambian en cada caso.

- **Productos locales:** para artículos cuyos proveedores son locales se tiene exceso de inventario cuando las existencias cubren más de dos meses de venta, sin embargo depende también mucho de la disponibilidad del producto, muchas veces se hacen compras locales para tres o cuatro meses porque son lotes especiales o porque se conoce anticipadamente de algún quiebre en la producción.

1.2.7 ESTACIONALIDAD DE LA DEMANDA

Una demanda estacional se caracteriza porque los clientes muestran interés de compra en una época determinada del año, estas fluctuaciones pueden ocasionarse a cambios de temporada, cambios de clima, eventos o festividades, etc.

Para el caso de estudio se seleccionará una categoría de productos con demanda estacional, se supone que la demanda es independiente, es decir su variación se atribuye a comportamientos propios del mercado y no a ventas de otros productos.

El gráfico 1.5 muestra la estacionalidad de la demanda de un subgrupo de la categoría de climatización, los datos corresponden al periodo enero del 2012 a diciembre de 2014 y representan el total vendido por todas las tiendas de la compañía en un mes determinado.

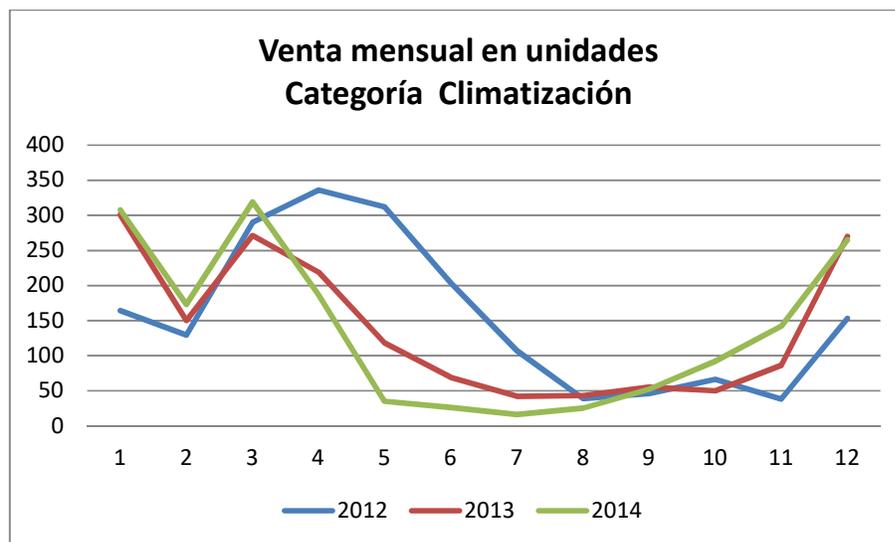


Figura 1.5 Venta en unidades por mes

En la figura 1.5 se observa el patrón que tiene la demanda de esta categoría, las ventas se incrementan debido a la estación climática en cinco meses del año. Los demás meses presentan un decaimiento en la demanda.

1.2.8 CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

Otra característica de mucha importancia que se debe considerar cuando se planifica el abastecimiento para un producto es revisar el ciclo de vida del mismo, es decir identificar en qué etapa se encuentra.

La política de inventarios debe considerar la evolución del producto a través de un pronóstico actualizado de las ventas, el abastecimiento y los niveles de inventario varían de acuerdo a la etapa del ciclo de vida en la que se encuentra el artículo bajo análisis [6].

Las etapas del ciclo de vida del producto son [6]:

- **Introducción**: en esta fase se recomienda tener un abastecimiento limitado y cauteloso, no es aconsejable adquirir grandes cantidades de inventario ya que el artículo es nuevo y se sugiere observar cómo evoluciona la venta del mismo.
- **Crecimiento**: en esta etapa el artículo ha conseguido aceptación del consumidor y sus niveles de demanda empiezan a incrementarse.

Es importante que el abastecimiento en esta fase contemple un nivel adecuado de inventario de seguridad para poder disminuir las pérdidas de ventas, muy común en esta parte del ciclo de vida.

Nuevamente tener un pronóstico actualizado permitirá a la compañía contar con una correcta planificación de compras que ayude a lograr los objetivos trazados de ventas.

- **Madurez**: en esta etapa el producto ha alcanzado su máximo nivel de ventas, es decir se cuenta con toda la información necesaria de la demanda para planificar un correcto abastecimiento.

En esta fase ya no existe la incertidumbre ya que las fluctuaciones de la demanda se reducen.

- **Declive**: en esta fase las ventas empiezan a decaer, es muy probable que el sustituto ya se encuentre en el mercado. Es necesario definir políticas para terminar de vender los saldos del producto saliente, acciones como, activar promociones, concentrar el inventario disponible en las tiendas top o líderes en venta, permitirán a la empresa terminar de evacuar los saldos de estos productos.

La figura 1.6 muestra la evolución de la demanda en cada uno de los ciclos de vida de un producto.

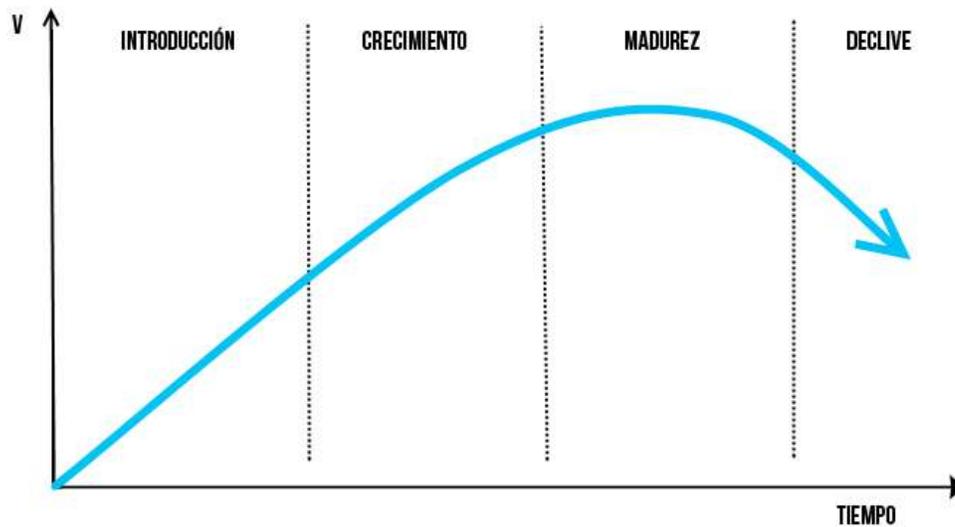


Figura 1.6 Ciclo de vida de un producto en el mercado

En la figura 1.7 se observa la evolución del ciclo de vida de una línea estacional del portafolio de la empresa, en este caso se tomó como referencia la división de equipos de climatización tradicionales, como se puede observar el ciclo de vida de estos productos está en la etapa de declive debido a que los sustitutos ya se encuentran en el mercado.

Es de mucha importancia considerar las recomendaciones para el abastecimiento en esta etapa a fin de evitar comprar grandes cantidades de inventario que luego queden obsoletas al no alcanzar los niveles de venta esperados.

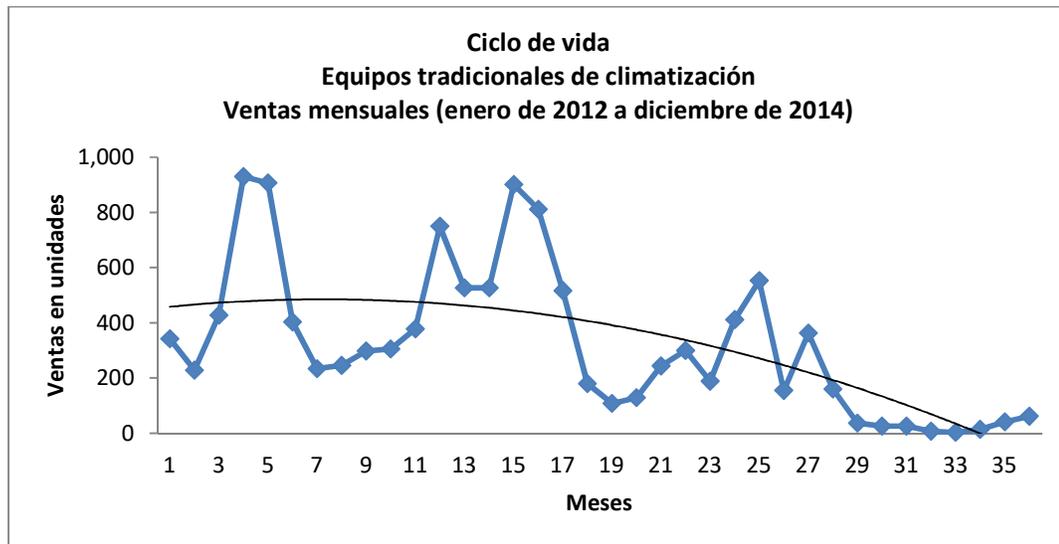


Figura 1.7 Ciclo de vida de los equipos tradicionales de climatización

Por el contrario al tomar como referencia otra división de productos, se puede observar en la figura 1.8 que esta categoría se encuentra en la fase de crecimiento, sus ventas se están incrementando y han empezado a reemplazar a los modelos antiguos (equipos de climatización tradicionales).

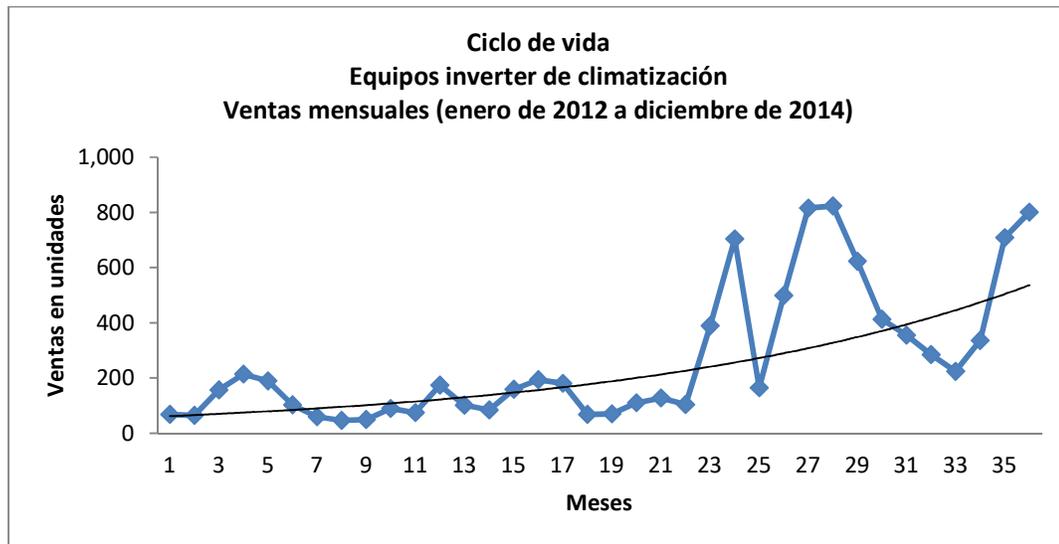


Figura 1.8 Ciclo de vida de los equipos inverter de climatización

Quando un producto se encuentra en la fase de declive, y esto no se considera en el aprovisionamiento, se corre el riesgo de que la mercadería se vuelva obsoleta, la figura 1.9 muestra que aproximadamente el 26% del inventario de la compañía se encuentra discontinuado.



Figura 1.9 Obsolescencia del inventario

Un producto en estas condiciones no se vende si no se aplica una acción comercial, como por ejemplo descuentos para castigar precio, promociones, activaciones en el punto de venta.

Todas estas acciones afectan al margen de ganancia y ocasionan gastos adicionales ya que el plan de evacuación requiere generalmente movilizar masivamente todas las unidades a nivel nacional, lo que implica costos adicionales de transporte.

Es importante recalcar que la negociación con los proveedores no incluye devolución de inventario por obsolescencia, y de ser así el producto debe estar en excelente estado lo que generalmente no ocurre, por lo que se convierte en pérdida para la empresa.

Este aspecto debe ser contemplado en la política de inventarios a fin de evitar mantener un nivel alto de mercadería obsoleta.

1.2.9 ÍNDICE DE ROTACIÓN DE INVENTARIOS

El índice de la rotación de inventarios se estima dividiendo el costo de ventas en un periodo determinado entre el costo del inventario promedio durante ese mismo tiempo,

se interpreta como el número de veces que el inventario se ha renovado durante ese periodo [7].

En la compañía el índice de rotación para el año 2014 se estimó en 11.4, es decir que el inventario fue renovado aproximadamente once veces en ese periodo.

Este indicador es una cifra global para la empresa, dependiendo del producto puede ser mayor o menor.

Si se divide la cantidad de días que contiene el periodo que se está analizando (365) entre el índice de rotación (11,4), el resultado (31,94) expresa cuantos días tarda la empresa en vender su inventario.

No existe un criterio fijo para decidir cuál es el valor adecuado para este indicador, por una parte muchas compañías apuntan a tener un índice alto de rotación ya que eso implica que están generando ventas con niveles bajos de inventario minimizando costos de almacenamiento, riesgos de obsolescencia, etc.

Mantener altos niveles de producto implica una fuerte inversión de capital además de los costos que se generan por mantenimiento, por otra parte tener niveles bajos de inventario podría llevar a un quiebre de existencias y ocasionar pérdidas de ventas al no tener disponibilidad de producto cuando un cliente lo requiere.

1.2.10 PROVEEDORES DE LA COMPAÑÍA

La compañía tiene proveedores locales e importados, los mismos que pasan por un proceso de certificación previo al inicio de las operaciones con la empresa. La compañía solicita información completa y extensa para su registro.

Entre los aspectos que se analizan de los proveedores tenemos:

- Lead time o tiempo de entrega

- Formas de pago
- Plazos de pago
- Precios
- Capacidad de respuesta
- Trayectoria
- Clientes a los que atiende
- Cumplimiento de leyes laborales, entre otros

Los pedidos son entregados en el almacén principal y se despachan desde ahí hacia las demás ciudades en base a las necesidades de cada punto.

Entre los acuerdos con los proveedores está el conocer a inicios del año el plan de compras aproximado para a su vez abastecerse del inventario necesario para atender los requerimientos.

Generalmente las órdenes de compra se entregan en su totalidad, sin embargo existen casos en que podría quedar un saldo pendiente de entrega para el siguiente ciclo, el ciclo de compra puede ser de 7, 14 o 28 días, según los acuerdos con el proveedor.

Es importante cuando se diseña una política de inventario, evaluar correctamente a los proveedores, la consistencia del tiempo de entrega, el cumplimiento de los pedidos, su efectividad, ya que en caso de que se presente un aumento en la demanda y el sistema incremente los volúmenes de compra, se podría dejar sin capacidad de respuesta a un proveedor y sin el inventario necesario a la empresa para cubrir las necesidades [5]

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CATEGORIZACIÓN DE COSTOS FINANCIEROS DEL INVENTARIO

La administración del inventario conlleva costos agregados, por esta razón es indispensable tener una buena gestión de estos activos para reducir los gastos innecesarios.

A continuación se detallan los costos de inventario relacionados a la gestión de este activo en la compañía.

2.1.1 COSTO DE ALMACENAMIENTO

Es el costo de todas las operaciones necesarias para mantener la mercadería almacenada en el centro de distribución, este costo incluye:

Costos de instalaciones: Se requieren edificaciones para almacenar la mercadería, en el caso de que sean propias este costo hace referencia a las inversiones realizadas en el inmueble donde se guarda el inventario, o al valor que se paga si son rentadas.

Adicionalmente en este costo se contabilizan los salarios del personal, costos por servicios básicos, mantenimiento del almacén, mantenimiento de vehículos como montacargas, equipamiento del centro de distribución, seguros, tecnología, entre otros.

El costo de almacenamiento en la empresa por cada unidad de inventario es de \$1.58 en cada periodo evaluado, este costo se supone constante, sin embargo presenta variación cuando se realizan cambios significativos que conllevan inversiones como adquisición o ampliación de centros de distribución o reducción de espacio de almacenamiento entre otros.

Los costos de mantenimiento en meses de temporada alta llegan a incrementarse hasta un 20%, ya que al no tener donde guardar toda la mercadería se alquilan bodegas pulmones para almacenar el inventario hasta que los niveles de mercadería disminuyan en el almacén principal.

2.1.2 COSTO DE LANZAMIENTO DE PEDIDO

Se refiere a todos los costos fijos en que se incurren cada vez que se lanza una orden de compra. Este costo es independiente al tamaño del pedido y está ligado a la frecuencia en que se colocan las órdenes de compra [4].

El costo de adquisición de mercadería puede ser representado por la función:

$$C(x) = k + cx$$

Dónde

- “c” es el costo unitario de cada unidad adquirida
- x es el tamaño de la orden
- k es el costo de colocar una orden y es independiente de la cantidad que se compra al proveedor [4].

$$C(x) = \begin{cases} 0; & x = 0 \\ K + cx; & x > 0 \end{cases}$$

Los factores que afectan a este costo fijo (k) son los siguientes:

- Sueldos del personal involucrado en el proceso de la compra (analistas de adquisiciones, jefes de área, personal para ingresos de mercadería, mantenimiento de códigos en el sistema, evaluación de proveedores).
- Uso de tecnología, procesos de calidad, procesos contables y de facturación.

2.1.3 COSTO POR PÉRDIDA DE VENTA

Adicional a los costos detallados anteriormente existe otro rubro que es más difícil de estimar, y que es muy importante para toda organización, este es el costo por ventas perdidas.

No existe una fórmula definida para obtener este valor, sin embargo se lo puede estimar considerando el margen que la empresa deja de ganar al no disponer de inventario.

Más allá del dinero que se deja de percibir, la falta de inventario deriva una falta de servicio al cliente y en consecuencia una venta para la competencia.

Adicional se crea una mala imagen que se transmite al consumidor final y genera una decepción por no disponer lo que se busca.

Para la empresa donde se realiza el análisis no se estima el costo de venta perdida, ya que el sistema actualmente no da la facilidad para guardar este registro, sin embargo si se podría estimar este costo, se lo haría contabilizando todos los intentos de compra que no se convirtieron en venta efectiva por no disponer de producto.

2.2 MODELOS PARA GESTIÓN DE INVENTARIO

Los modelos de gestión de inventario ayudan a controlar el activo más valioso de la compañía e indican las cantidades que se deben comprar y cuando hacerlo, de esta manera proporcionan a las organizaciones métodos para abastecerse de las referencias más demandadas sin incurrir en costos adicionales.

Para poder implementar una política de inventario y estimar correctamente la cantidad a pedir y el momento apropiado para ello, es necesario identificar los parámetros que intervienen en la cadena de abastecimiento de la empresa, así como los supuestos conocidos para elegir el modelo que más se asemeja a las necesidades.

Al momento de elegir un determinado método para la planificación del abastecimiento, es muy importante tener presente las políticas de la empresa, sus prácticas comerciales, sus prioridades, la situación económica, para que las decisiones sean sostenibles en el tiempo y adecuadas al medio.

Los parámetros o variables que se deben considerar en el desarrollo de una política de inventarios no son fijos, cambian de acuerdo al método con el que se trabaje, sin embargo podemos citar los siguientes [5]:

- **Características de la demanda**: es importante conocer el tipo de demanda con el que se está trabajando, si es constante, estacional, con o sin tendencia, etc.
- **Lead time del proveedor**: tiempo en días desde que se coloca una orden de compra hasta que el proveedor realiza la entrega.
- **Costos asociados**: se incluyen todos los costos fijos y variables ligados a la gestión del inventario.
- **Nivel de servicio de la empresa**: el nivel de servicio se define como la probabilidad de no tener falta de existencias en el inventario, también se lo puede expresar como la probabilidad de poder satisfacer toda la demanda de los clientes [7].

El nivel de servicio está asociado a los costos de mantener inventario, por lo tanto a un mayor nivel de servicio incrementan estos rubros.

- **Horizonte de planeación**: indica el número de periodos futuros que se consideran para la implementación de la política de inventarios.

Es primordial además conocer y considerar las particularidades de cada empresa, todas tienen diferentes prioridades, por eso lo más importante es conocer los procesos, los objetivos, y todas las necesidades de la compañía para poder encontrar soluciones que sean beneficiosas.

2.3 MODELOS DE INVENTARIO PARA DEMANDA DETERMINÍSTICA Y VARIABLE EN EL TIEMPO

Un producto tiene comportamiento estacional cuando la variabilidad de la demanda está asociada a un momento particular del año, por ejemplo productos de temporada playera, productos de temporada escolar, productos de temporada navideña, etc.

Por el contrario un producto tiene demanda constante cuando los valores de venta no varían durante el horizonte de planeación o la variación es mínima que se podría suponer constante.

Para resolver problemáticas de demandas conocidas y constantes se utiliza el modelo EOQ (Economic Order Quantity – Cantidad Económica de la Orden) que se fundamenta en el supuesto de que la demanda es conocida pero constante, sin embargo el modelo de inventario con demanda determinística que más se ajusta a la realidad es aquel en que se elimina el supuesto de venta o demanda constante, ya que aunque siga siendo conocida nos da la flexibilidad de trabajar con fluctuaciones en las ventas, muy propias de los productos de temporada cuya demanda es estacional [7].

Cuando la demanda presenta una variación significativa a lo largo del horizonte de planeación no es conveniente trabajar con un modelo EOQ, ya que este no proveerá de una buena solución, para estos casos es necesario buscar otros métodos que permitan encontrar una buena solución para la planificación del abastecimiento.

Entre los sistemas más utilizados para resolver problemas de inventario con demanda determinística y variable se pueden citar los métodos de loteo, entre los cuales citamos los siguientes [7]:

- Lote a Lote (L4L)
- Método de Periodo Constante

- Cantidad Económica de Pedido (EOQ)
- Cantidad Periódica de Pedido (EPQ)
- Método de Silver - Meal
- Algoritmo de Wagner – Whitin

2.3.1 MÉTODO LOTE A LOTE

Es una de las técnicas más sencillas y consiste en pedir para cada periodo la cantidad exacta que indica la demanda sin trasladar inventario a periodos futuros minimizando así los costos de mantenimiento. No contempla restricciones por capacidad de almacenamiento o por costos de ordenar [7].

La desventaja que presenta este método es que se elevan los costos fijos de ordenar debido a que genera una orden para cada periodo [7].

2.3.2 MÉTODO DE PERIODO CONSTANTE

Consiste en fijar un intervalo entre cada pedido, el criterio para seleccionar este intervalo se puede basar en la experiencia, intuición, políticas de la organización, acuerdos comerciales, es decir no existe un único criterio para hacerlo.

Las cantidades solicitadas en cada pedido son iguales a la suma de las necesidades del periodo comprendido [7].

2.3.3 MODELO EOQ (ECONOMIC ORDER QUANTITY)

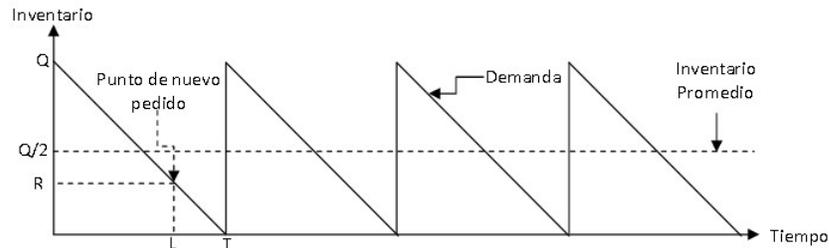


Figura 2.1 Modelo EOQ

Este modelo matemático es utilizado para solucionar problemas de abastecimiento para artículos cuya demanda es determinística y constante, se considera que se cumplen los siguientes supuestos [4]:

- La demanda (D) es conocida y constante (no varía con el tiempo).
- El tiempo de entrega de un pedido es constante y conocido.
- No se permiten faltantes.
- La reposición del inventario es instantánea.
- El tamaño del pedido Q es fijo y se solicita cada vez que el inventario llega a un nivel R.
- Existe un costo fijo K, cada vez que se coloca una orden.
- Se incurre en un costo de inventario h, por cada unidad que se mantiene en bodega por unidad de tiempo.
- El inventario inicial es cero.
- El horizonte de planeación es infinito.

Definición de parámetros utilizados[4]

- D = demanda anual.
- K = costo fijo de ordenar.
- c = costo unitario.

- i = interés aplicable al dinero invertido en el inventario.

Variables

- Q = tamaño óptimo del lote [4]

Este modelo encuentra un mínimo para la función del costo, misma que está definida de la siguiente manera [4]:

Costo Total = Costo de Compra + Costo de Ordenar + Costo de Mantener inventario

Dónde:

Costo de Compra: Costo unitario de compra de los productos multiplicado por la demanda D . Denotado por cD [4].

Costo de ordenar: Costo fijo en el que se incurre cada vez que se pone una orden, el costo fijo es K y se presenta D/Q veces al año.

La fórmula queda expresada por $K (D/Q)$ [4].

Costo de Mantener Inventario: Teniendo un costo h por almacenar inventario y siendo el inventario promedio $Q/2$, la fórmula queda expresada por $h (Q/2)$ [4].

$$CT = cD + K \frac{D}{Q} + h \frac{Q}{2}$$

- CT es el costo total del inventario en dólares.
- Q^* Cantidad óptima de pedido en unidades
- C costo en dólares de cada unidad del producto
- K Costo fijo por colocar una orden de compra
- D demanda anual en unidades
- h Costo unitario anual de mantener el inventario

Tiempo de ciclo de pedido: Los supuestos con los que trabaja el modelo permiten establecer el tiempo de ciclo de pedido (T) que comprende el tiempo desde que se coloca una orden de compra por la cantidad Q^* hasta que el inventario se agota y se requiere un nuevo aprovisionamiento con la misma cantidad [4].

$$T = \frac{Q^*}{D}$$

T representa el tiempo de ciclo de pedido en fracción de año.

La relación inversa nos proporciona la frecuencia de pedidos al año, número de pedidos al año [5].

$$F = \frac{D}{Q^*}$$

Cantidad Óptima de Pedido: El tamaño del lote óptimo (cantidad a pedir) es [4]:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Este modelo no brinda una buena solución cuando los problemas en la gestión de inventarios presentan una mayor complejidad ya que los supuestos con los que trabaja sugieren un escenario ideal donde la entrega del proveedor es constante, la demanda es conocida sin variación en el tiempo, no se permiten faltantes y no hay quiebres de stock. En la realidad estas variables no se cumplen con facilidad por eso es difícil de aplicar el modelo EOQ a situaciones reales de inventario.

2.3.4 CANTIDAD PERIÓDICA DEL PEDIDO (POQ)

Este método parte del EOQ para determinar un periodo de pedido fijo y ajusta la cantidad que se solicita en cada pedido.

Es decir primero se calcula la cantidad óptima de pedido con las fórmulas expuestas en el modelo EOQ y luego se calcula la frecuencia de pedido y el periodo óptimo de pedido (T) [7].

El valor de T detalla el periodo de tiempo que existe entre un pedido y otro, y la cantidad solicitada se reajusta sumando las demandas de los periodos que contempla T [7].

Para este método se consideran las siguientes variables [7]:

- N: Número de periodos considerados
- D_n : Suma de la demanda (necesidades brutas) de los N periodos.
- Q^* : Cantidad económica del pedido (EOQ)
- f^* : Frecuencia de pedido
- T^* : Periodo óptimo de pedido.

El cálculo de f^* y T^* se lo realiza mediante las siguientes fórmulas [7]:

$$f^* = \frac{D}{Q^*}$$

$$T^* = \frac{N}{f}$$

La cantidad óptima de pedido se recalcula con base en T^* , es decir sea $T^*=5$, el valor de Q^* será la suma de las demandas de los N periodos siguientes, esto se repite hasta que se abarquen todos los periodos del horizonte de planeación.

N^* es un valor fijo y Q^* cambia de acuerdo a la demanda de los N periodos.

2.3.5. HEURÍSTICA DE SILVER MEAL

La heurística de Silver Meal fue desarrollada en el año 1973 por Halan Meal y Edward Silver. La base de este método es minimizar los costos promedios de ordenar y de almacenamiento por unidad de tiempo[7].

Este procedimiento trabaja asumiendo que en el primer periodo se puede colocar una orden cuya cantidad solicitada equivale a la suma de las demandas de m periodos, para cada unidad de tiempo se calculan los costos de almacenamiento que se generan por haber solicitado en el primer periodo el total del inventario requerido para m periodos[1] [7].

La función de Costo para el periodo T está definida de la siguiente manera[3][7]:

$$CT(i) \text{ Para } i=1,\dots, T$$

Cuando $T=1$ [7]

$$CT(1) = S$$

S es el costo de ordenar, para la demanda del periodo uno no se genera costo de almacenamiento ya que esas cantidades deben consumirse en totalidad.

Cuando $T=2$ [7]

$$CT(2) = CT(1) + (D_2 \cdot H \cdot 1)$$

El costo de almacenamiento para las cantidades de la demanda del periodo dos, se calcula multiplicando la cantidad demandada (D_2) por el costo de almacenar (H) y por T-1, ya que estarán almacenados por un periodo.

Cuando $T=3$ [7]

$$CT(3) = CT(2) + (D_3 \cdot H \cdot 2)$$

El costo de almacenamiento para la demanda del periodo tres, se calcula multiplicando la cantidad demandada para T=3 (D_3) por el costo de almacenar (H) y por T-1, ya que estarán almacenados por dos periodos.

De esta manera la Heurística de SM calcula los costos de mantenimiento de inventario de cada periodo.

Cuando T=4 [7]

$$CT(4) = CT(3) + (D_4 \cdot H \cdot 3)$$

Cuando T= m [7]

$$CT(m) = CT(m - 1) + (D_m \cdot H \cdot (m - 1))$$

Adicional para cada periodo la heurística calcula el valor promedio, mismo que se obtiene de la siguiente manera [3] [7]:

$$CTUT_i = \frac{CT(i)}{i}$$

Dónde:

$$CTUT_1 = \frac{CT(1)}{1} = S \quad \text{Para } i = 1$$

$$CTUT_2 = \frac{CT(2)}{2} = \frac{1}{2} \cdot (S + (D_2 \cdot H \cdot 1)) \quad \text{Para } i = 2$$

$$CTUT_3 = \frac{CT(3)}{3} = \frac{1}{3} \cdot (S + (D_2 \cdot H \cdot 1) + (D_3 \cdot H \cdot 2)) \quad \text{Para } i = 3$$

Cuando $i = m$

$$CT_m = \frac{CT(m)}{m} = \frac{1}{m} \cdot (S + (D_2 \cdot H \cdot 1) + (D_3 \cdot H \cdot 2) + \dots + (D_m \cdot H \cdot (m-1)))$$

Los parámetros son los siguientes[3]:

- S = Costo de Ordenar
- D_i = Demanda del periodo i
- i = Periodo i
- H = Costo de mantener el inventario durante una unidad de tiempo.

El proceso se detiene cuando el valor de CTUT (i) sufre un incremento de un periodo a otro.

La cantidad solicitada en el periodo uno será la suma de la demanda de todos los periodos para los cuales no se incrementó CTUT (i), es decir si el incremento se presentó en el periodo cinco se sumarán las demandas desde el periodo uno hasta el cuatro y esa es la cantidad que se solicitará en el primer periodo.

El periodo cinco será fijado como el inicio, es decir será el periodo uno y comenzará todo el procedimiento hasta terminar con todo el horizonte de planeación.

Este método garantiza un mínimo local para el pedido en curso [7].

Los supuestos presentes en este tipo de modelos son los siguientes[3][7]:

- La demanda varía de un período a otro, pero se supone conocida.
- $D(i)$ demanda del período i ($i = 1, \dots, N$); N es la longitud del horizonte de planeación.
- Producción instantánea
- Entrega inmediata

- Costos fijos conocidos
- Un solo producto o productos separables
- No se permiten desabastecimientos
- Las órdenes se entregan completas
- Los costos de almacenamiento se aplican a productos que se mantienen desde un período i a un período $i + 1$.

2.3.6 ALGORITMO DE WAGNER WHITIN

Desarrollado en 1958 por Wagner y Whitin, este algoritmo se basa en la programación dinámica y busca minimizar la suma de los costos de preparación y de mantenimiento del inventario.

Este modelo es de mucha ayuda para resolver también problemas de gestión de inventario con una función de costo decreciente lo cual se presenta cuando se trabajan con descuentos por cantidad[7].

Este algoritmo trabaja con un supuesto adicional, el mismo *“expresa que el patrón de demanda debe terminar al final del horizonte o que, equivalentemente, el inventario final al terminar el horizonte de planeación debe ser pre especificado (normalmente igual a cero)”*[5].

Para simplificar los cálculos existen dos propiedades que se cumplen[5]:

- El pedido debe ordenarse solamente cuando el inventario disponible es igual a cero.
- Teniendo un periodo j , existe un límite superior acerca de cuánto tiempo antes de ese periodo se puede incluir las cantidades de la demanda (D_j) en un pedido que se coloca antes de este periodo, ya que llega un momento en que los costos de mantenimiento superan a los costos de ordenar.

Este procedimiento trabaja con los siguientes parámetros y variables [2] [5]:

Z: Cantidad ordenada

D_i : Demanda para el periodo i

X: Inventario inicial

C_p : Costo de preparación

C_a : Costo por unidad de almacenamiento

La función de costo para un periodo de terminado es[2]:

$$C_i(Z_i) = \begin{cases} 0, & Z(i) = 0 \\ C_2 + C_i(Z_i), & Z(i) > 0 \end{cases}$$

El algoritmo minimiza los costos de producción y de mantenimiento del inventario para todos los periodos comprendidos en el horizonte de planeación.

Basada en la función recursiva del modelo de programación dinámica la función de costo es [2][5]:

$$F_1(X_2) = \min\{C_1(Z_1) + h_1X_2\}$$

$$F_1(X_2) = \min\{C_1(Z_1) + h_1X_{i+1} + F_{i-1}(X_{i-1} + D_i - C_i)\}, i = 1,2,3, \dots, n$$

2.4 ELECCIÓN DEL MODELO Y JUSTIFICACIÓN

Para poder seleccionar el modelo con el que se va a trabajar, es necesario primero tener conocimiento de las políticas de la compañía, sus decisiones comerciales y todas las particularidades que no podemos modificar.

Entre los requerimientos de la empresa tenemos:

- **Inventario de seguridad**: la empresa requiere mantener un nivel de inventario para poder reaccionar ante situaciones no contempladas que afectan la demanda, esperar a que el inventario esté en cero para realizar una compra no es una situación permitida para la compañía.

Con base en esta política no podemos trabajar con métodos que eliminan el inventario de seguridad como lo son el método lote a lote o el método del periodo constante, ambos se caracterizan por pedir la cantidad exacta para cada periodo sin trasladar inventario para periodos futuros.

- Otra decisión comercial es que el sistema detecte las necesidades de la compañía y genere los pedidos cuando se requiera el producto, no se desea trabajar con punto de re orden.

El método de periodo constante tampoco ofrece una solución que se adapta a las necesidades de la empresa ya que obliga a fijar un intervalo de tiempo para colocar las órdenes de compra, adicional no trabaja con inventarios de seguridad.

Cuando se trabaja con demanda estacional y variable se puede acudir al modelo de Lote Económico (EOQ) utilizado para demandas constantes tomando como demanda para cada periodo el promedio de todas las demandas históricas, sin embargo para poder elegir este método se sugiere estimar el coeficiente de variabilidad, el cual viene dado por [5]:

$$VC = \frac{\text{Varianza de la demanda por periodo}}{\text{Cuadrado de la demanda promedio por periodo}}$$

El cual puede escribirse como [5]:

$$VC = \frac{N \sum_{j=1}^N D_j^2}{\left[\sum_{j=1}^N D_j\right]^2} - 1$$

- Si $VC < 0.2$, entonces puede utilizarse el método del EOQ con la demanda promedio sobre el horizonte de planeación, ya que la variación existente entre cada periodo no es significativa y los resultados obtenidos con este método serán satisfactorios para resolver el problema de estudio[5].
- Si $VC \geq 0.2$, entonces se sugiere utilizar el heurístico de Silver-Meal ya que la variación de la demanda entre los periodos es muy significativa y no se obtendrán buenos resultados con el modelo EOQ[5].

A fin de justificar el uso de la heurística de Silver Meal se ha estimado el coeficiente de variabilidad tomando los datos de ventas de las cincuenta y dos semanas del año 2014, reemplazando en la fórmula se obtiene como resultado un coeficiente de variabilidad de 0,478:

$$VC = 0,478$$

Como el valor obtenido es mayor a 0,20 podemos aplicar en el caso de estudio la heurística de Silver Meal y descartar el modelo EOQ.

El algoritmo de Wagner Whitin se utiliza especialmente para casos con funciones decrecientes como descuentos por cantidades, el modelo de estudio no incluye estas características.

En la tabla 2.1 se detalla un resumen de las ventajas y/o desventajas que presentan cada uno de los métodos revisados.

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

Maestría en Control de Operaciones y Gestión Logística

MÉTODO	PRINCIPAL CARACTERÍSTICA	APLICACIÓN
Lote a lote	Ordenar en cada periodo la cantidad necesaria para satisfacer la demanda total sin trasladar inventario a periodos futuros	No se aplica porque la compañía requiere inventario de seguridad para soportar cualquier tipo de fluctuación en la demanda.
Método de Periodo Constante	Fijar un intervalo entre cada periodo y solicitar la cantidad que se requiere para satisfacer toda la demanda	No se aplica porque el intervalo se establece de forma manual y se requiere automatizar las decisiones.
Modelo EOQ	Para demandas contantes. Determina la cantidad óptima de pedido para minimizar costos de mantenimiento.	Se puede aplicar siempre y cuando el coeficiente de variabilidad sea menor a 0,20 lo que no se cumple en este caso.
Modelo POQ	Parte del EOQ, su principal aplicación se da en sistemas de producción.	No se aplica ya que está diseñado principalmente para otro tipo de productos.
Heurística de Silver Meal	Su objetivo principal es minimizar los costos de ordenar y de mantener inventario. Utilizados para problemas de inventario con demanda conocida y variable en el tiempo.	Viable para aplicar en el caso de estudio.
Algoritmo de Wagner Whitin	Utilizado especialmente para problemas con funciones de costos decrecientes como descuentos en compra por volumen.	El caso de estudio no contempla descuentos por volumen.

Tabla 2.1 Modelos de Inventario

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

***Maestría en Control de Operaciones y
Gestión Logística***

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE DATOS Y EXPLICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO DE LA POLÍTICA DE INVENTARIOS

3.1 RESUMEN DE LA PROBLEMÁTICA

La política de inventarios que se implemente debe resolver los problemas que tiene actualmente la empresa en la administración de sus activos, para cada problema evidenciado, los directivos deben tomar acciones y difundirlas ya que a nivel general no existe una política que indique la forma en que debe administrarse el inventario de la compañía, esto ocasiona que los procesos sean muy informales y cada jefe de compras realice los análisis de formas distintas.

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

Maestría en Control de Operaciones y Gestión Logística

<u>PROBLEMÁTICA</u>	<u>ANÁLISIS Y ACCIONES PREVIAS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE INVENTARIOS</u>
Ningún artículo se administra mediante una política de inventarios, se tienen 728 categorías distintas.	El análisis ABC de productos clasifica de tipo A al 12% del total de los grupos de artículos, estos concentran el 80% de la venta y en ellos se deben centrar los esfuerzos para gestionarlos mediante una política de inventarios.
No hay definiciones de sobrestock, los niveles de inventario han llegado a cubrir cerca de ocho meses de venta.	Definir los conceptos de sobrestock de acuerdo a las características de los productos y promoverlos a todas las personas que forman parte de la cadena de suministro.
No existe una planificación en el tiempo que de información sobre el flujo necesario de la compañía.	Establecer ciclos de compra para cada proveedor.
El presupuesto de ventas inicial presenta mucha variación a lo largo del año.	El plan de ventas debe ser actualizado con base en las últimas semanas para conocer la tendencia real y comprar las cantidades adecuadas, no es conveniente trabajar con un plan de ventas rígido que no se refresca.
Altos porcentajes de inventario almacenado sin rotación (aproximadamente el 40%).	La empresa debe identificar las causales que desencadenaron en la adquisición de este inventario así como el tipo de producto y el comportamiento de su demanda. Productos como vestuario, moda o textil, se discontinúan rápidamente, por lo que no es conveniente adquirir grandes cantidades.
No existe información real de los tiempos de entrega de cada proveedor, los registros guardados en el sistema no se cumplen y terminan falseando la información.	La empresa debe depurar en su base de datos los tiempos de entrega de cada proveedor, y mantener actualizados estos registros. La unidad de medición deber ser la misma para todos (días, horas, etc.)
No se integran los tiempos de preparación de bodega en la colocación de los pedidos, las entregas a tiendas presentan por lo general un desfase, especialmente cuando se requiera con urgencia la mercadería.	Las compras deben integrar además del lead time, el tiempo de preparación de mercadería que requiere la bodega para una correcta planificación en el tiempo. Esto evitará pedidos entregados fuera de tiempo.
No se considera el ciclo de vida del producto.	Debe tomarse en cuenta la etapa en que se encuentra el producto y las recomendaciones para el abastecimiento en cada caso, especialmente los productos de tecnología como celulares, que después de seis meses de haber sido adquiridos se discontinúan porque ingresan los reemplazos.
No se descartan los probables datos aberrantes de ventas.	Las ventas que no son típicas del periodo deben ser revisadas y evaluadas para verificar si son un evento fortuito o si esos cambios son parte de la tendencia, en caso de no hacerlo se estará adquiriendo inventario de forma riesgosa ya que se desconoce las causales del cambio en la demanda.

Tabla 3.1 Análisis y acciones previas

3.2 REQUERIMIENTOS DE LA COMPAÑÍA

Adicional a los problemas identificados existen requerimientos que debe cubrir la política de inventarios, entre ellos tenemos:

- **Inventario de seguridad**: la empresa no desea que el nivel del inventario llegue a cero, se deben mantener inventarios de seguridad, tampoco desea trabajar con

punto de reorden, ya que no ha dado buenos resultados en la gestión de inventarios.

- **Lead time:** los proveedores no tienen entrega inmediata, existe un tiempo de entrega comprendido desde que se coloca la orden de compra hasta que se la recibe en el almacén principal.
- **Nivel de servicio:** Existe un nivel de servicio definido por la empresa.
- Las órdenes del proveedor pueden tener **entregas parciales** y las cantidades que no sean despachadas serán consideradas como un tránsito pendiente por recibir de parte del proveedor.
- El **periodo** de evaluación será fijado semanalmente.
- El **horizonte de planeación** contendrá 52 periodos.
- La **demanda** es estacional.
- **Red de Distribución:** Las órdenes de compra son direccionadas al centro nacional de distribución.
- De acuerdo al proveedor se establece un **ciclo de orden de compra**.
- Existen un **costo de mantenimiento** por unidad almacenada en cada periodo.
- Existe un **costo fijo de ordenar** cada vez que se coloca un pedido y es independiente al costo del producto.

3.3 INFORMACIÓN DE VENTAS

De los grupos de artículos que forman parte de los productos A, se ha seleccionado una categoría con demanda estacional.

Los datos de venta son semanales y corresponden al periodo comprendido entre enero del dos mil catorce a diciembre de dos mil quince. Las ventas corresponden a consumo minorista, es decir no existen compras mayoristas en estos productos.

Las marcas que forman parte de este portafolio son:

- LG
- SAMSUNG
- PANASONIC
- FRIGIDAIRE, entre otras.

Además del tipo de producto y la marca existe una clasificación basada en la capacidad de enfriamiento de acuerdo a los BTU de cada equipo.

La información de las ventas es por sku, cada sku representa un artículo único con características como tipo de producto, marca y capacidad.

La demanda de estos equipos tiene un comportamiento estacional, su mayor registro de ventas se presenta en los meses de estación seca cuando la temperatura se eleva a sus máximos niveles. Otras épocas del año donde se incrementan las ventas de estos artículos son las tradicionales campañas comerciales como día de las madres y navidad.

Las ventas en cada periodo corresponden a la suma de la venta en unidades de todos los almacenes que comercializan estos productos, sin embargo también se puede obtener un total por cada tienda.

3.4 VARIABLES Y PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA POLÍTICA DE INVENTARIOS

Con base en las necesidades levantadas de la compañía y sus políticas de trabajo se detallan las variables y los parámetros que se consideran en el desarrollo de la política de inventarios.

Variables

$D(i)$ Demanda en el periodo i (Pronóstico o plan de ventas para el periodo i)

$X(i)$ Inventario inicial en el periodo i

$Q(i)$ Cantidad solicitada en el periodo i

$IE(i)$ Índice de estacionalidad en el periodo i

$T(i)$ Cantidades en tránsito en el periodo i

$MSV(i)$ Media semanal de venta para el periodo i

$i = 1, 2, 3, \dots, N$

N Número de periodos que contiene el horizonte de planeación

Parámetros

C_o Costo de ordenar

C_m Costo de almacenamiento

N_s Nivel de servicio

F Frecuencia del pedido

LT Lead time o tiempo de entrega del proveedor

Supuestos del Modelo

- Demanda conocida y variable en el tiempo.
- El inventario al final de cada periodo no necesariamente es igual a cero.
- El tiempo de entrega es constante y conocido (lead time del proveedor).
- Las órdenes pueden ser entregadas de forma parcial.

- Las cantidades de un pedido de compra que el proveedor no entregue de forma completa se consideran como tránsitos pendientes de ingreso.
- Los costos de ordenar (C_o) son conocidos.
- Se incurre en un gasto fijo (C_o) cada vez que se coloca una orden de compra.
- Los costos de mantenimiento se aplican al inventario que se almacena de un periodo i a un periodo $i + 1$.

A continuación se explican los parámetros y las variables que intervienen en la política de inventarios que se está desarrollando:

- **IE(i) Índice de estacionalidad en el periodo i:** indica las fluctuaciones que la demanda sufre a lo largo del horizonte de planeación. El índice de estacionalidad está basado en el comportamiento histórico de la demanda que es particular para cada periodo.

Se lo estima por medio de la siguiente expresión

$$\text{Índice de estacionalidad}(i) = \frac{\text{Demanda}(i)}{\sum_{i=1}^N \text{Demanda}(i)} * N$$

Dónde:

N Representa el total de periodos que tiene el horizonte de planeación, para este caso el valor de N es cincuenta y dos.

i Es el periodo, que toma valores de 1 a N

Al sumar las ventas de cada periodo se obtiene la demanda total, la venta de cada uno de los periodos se divide entre el total obtenido y se multiplica por N , que en este caso toma el valor de 52 (total de periodos que contiene el horizonte de planeación).

Cada periodo tendrá asignado un índice de estacionalidad el cual representa la fluctuación de la venta en ese lapso de tiempo y expresa la cantidad de semanas de venta que se tendrán en un periodo determinado.

Por ejemplo si para la semana tres el índice de estacionalidad es 2,5 se interpreta que las ventas en ese periodo equivalen a 2,5 semanas promedio de venta del año (horizonte de planeación).

- **Pronóstico o plan de ventas $D(i)$** : para estimar el plan de ventas en cada periodo, se descompone al pronóstico en dos partes, una función cíclica y una parte no estacional [8].

La parte cíclica está dada por el índice de estacionalidad $IE(i)$, que guarda el comportamiento de las ventas en un determinado periodo.

La parte no estacional está compuesta por una media semanal, la estimación de esta se la revisará en líneas posteriores.

El pronóstico para un determinado periodo se lo estima mediante la siguiente expresión [8]:

$$D(i) = MSV(i) * IE(i)$$

- **$MSV(i)$ Media semanal de venta para el periodo i** : es una de las variables más importantes ya que en base a esta se estima el pronóstico de ventas, y se generan las órdenes de compra, niveles de stock de seguridad, etc., por lo que es necesario revisar las variaciones en cada periodo a fin de tener resultados coherentes.

El método que se está implementando trabaja estimando el índice de estacionalidad y la media semanal de forma separada y los integra para la estimación del pronóstico.

La media semanal de ventas es afectada por la tendencia de ventas, su estimación se la realiza mediante la siguiente expresión:

$$MSV(i) = MSh * (1 - x) + MSa * (x)$$

Dónde:

MSh Es el promedio de venta de las últimas n semanas, algunos programas de pronóstico utilizan este método para estimar la demanda [8].

MSa Es la media semanal de venta del periodo ($i - 1$)

$$MSa = \frac{Venta\ Real\ (i-1)}{IE(i-1)}$$

i Es el periodo actual

n Es un número entero parametrizado por la empresa e indica la cantidad de periodos hacia atrás que se consideran para estimar la media semanal de venta, para el caso de estudio n toma el valor de 8.

x Es un índice que se utiliza para dar peso a las medias que se obtienen en cada periodo y se lo calcula mediante la siguiente expresión:

$$x = \frac{100/n}{100}$$

Al estimar MSa es aconsejable que se dejen por fuera valores que se consideren erróneos o atípicos, por ejemplo si existe un periodo con una venta semanal de cero, este no debería incluirse, ya que esta situación pudo provocarse por factores ajenos a la demanda (cambio de portafolio, quiebre en la producción del proveedor, entre otros).

El promedio de la última semana guarda información reciente del comportamiento de la venta, por eso se lo considera en la estimación de la media semanal de venta, porque es una medición de cómo está evolucionando la demanda.

- **$X(i)$ Inventario inicial en el periodo i :** Para la semana actual este valor es el correspondiente al inventario real, para las siguientes cincuenta y uno semanas se toma el valor del inventario final pronosticado, es decir se aproxima el valor del inventario al cierre de la semana i y se toma esa cantidad como inventario inicial para la semana $i + 1$.
- **$Q(i)$ Cantidad solicitada en el periodo i :** indica las recepciones requeridas para las próximas m semanas.

$Q(i)$ = recepciones necesarias (m)

Donde m está dado por el Lead Time del proveedor.

La variable “recepciones necesarias” expresa las necesidades de inventario en un momento determinado, al evaluarla en m indica la cantidad que debe solicitarse al proveedor para que sea entregado en las próximas m semanas.

Excepción de la fórmula: cuando se calcula este valor para la semana actual se debe sumar las necesidades de las semanas anteriores.

- **T(i) Cantidades en tránsito en el periodo i:** cantidades pendientes de entrega por el proveedor en el periodo i .
- **Co Costo de ordenar:** Este costo es independiente al tamaño del pedido y está ligado a la frecuencia en que se colocan las órdenes de compra, para el caso de estudio toma un valor de \$30.
- **Costos de operación:** esta variable afecta directamente a la cadena de suministros de toda empresa, las decisiones que se tomen acerca de donde se almacena la mercadería, si se alquilan o se compran bodegas, la inversión en tecnología, la mano de obra, la inversión en los equipos, vehículos, etc., si no se toman de forma acertada afectan negativamente y disparan el costo final del inventario.

Cuando se implementa una política de inventarios es necesario conocer en detalle todos estos costos ligados a la operación para evitar tomar decisiones que aunque parezcan beneficiosas, desde otro aspecto resulten perjudiciales e incrementen los costos de la compañía mermando la rentabilidad.

El costo de almacenamiento de la compañía es de \$1,58 por unidad almacenada en cada periodo de tiempo, este costo se supone constante mientras no se alteren las variables que lo afectan directamente como decisiones sobre la fuerza laboral, adquisiciones de bodegas adicionales (muy características en campañas fuertes), ya que aunque se dispone de suficiente capacidad de almacenamiento es muy común que colapse en meses de temporada alta.

- **Ns Nivel de servicio:** es una variable clave en el diseño de la política de inventarios ya que de esta depende los niveles de stock de seguridad que la

empresa tendrá almacenado y por supuesto afecta directamente a la parte financiera de la compañía.

El nivel de servicio dependerá del grupo de artículos que se esté planificando no necesariamente es el mismo para todos los del portafolio.

Según el análisis ABC, el 80% de las ventas se concentran en noventa y uno grupos de artículos, actualmente la empresa no trabaja con un nivel de servicio definido ni estandarizado.

Además del análisis ABC deben revisarse ciertas características de los artículos para definir los valores que debe tener esta variable.

Productos de clasificación A con entrega directa al cliente en el punto de venta como por ejemplo, celulares, laptops, accesorios de carro, etc. (artículos de la línea tecnológica), para estos ítems el nivel de servicio debe ser alto, ya que en estos productos el cliente no espera la entrega a domicilio, se lo lleva en el momento de la compra, por lo que se requiere tener el producto disponible siempre en tiendas y esto conlleva un tiempo adicional de despacho desde la bodega al punto de venta.

Productos de clasificación A que se entregan al cliente desde bodega: la mercadería no se encuentra dispersa en todas las tiendas sino que en su mayoría está concentrada en el almacén principal, de esta manera el inventario consolidado está disponible para la facturación de la tienda que lo requiera y el piso de venta tendrá solo exhibición como catálogo.

Para esta categoría puede definirse un nivel de servicio menor que para los artículos de la línea tecnológica.

- **F Frecuencia del pedido:** Periodo de tiempo comprendido entre dos órdenes de compra consecutivas, este parámetro se puede fijar cada 7, 14, 21 o 28 días de acuerdo a las negociaciones con el proveedor.
- **Periodo:** Indica el lapso de tiempo en el que se van a evaluar los resultados. Para el caso de estudio se han establecido periodos semanales, el horizonte de planeación contiene cincuenta y dos semanas, si en algún momento se desea

modificar el periodo, este valor se puede ajustar de acuerdo a los requerimientos de la compañía.

Otro factor a tener en cuenta es la **Red de distribución** que se va a emplear, la empresa dispone de un centro de distribución nacional donde se receipta la mercadería y se despacha a todas las tiendas a nivel nacional.

Tiene también almacenes o bodegas secundarias en las otras provincias, pero el 90% de los proveedores locales entregan el producto en la bodega principal.

Existen ciertos proveedores que pueden realizar las entregas directamente en las tiendas para acelerar la siembra del producto en los puntos de venta, sin embargo esto solo aplica si el tamaño del artículo lo permite ya que los almacenes no tienen capacidad de almacenamiento.

La red de distribución debe ser analizada cuidadosamente en la política de inventarios ya que influye también en los costos finales, mientras mayor es la cantidad de órdenes de compra generadas mayor es el costo fijo de ordenar, si se colocan órdenes directas a cada tienda podrían generarse cerca de setenta a ochenta pedidos de compra en cada ciclo, lo que disparará este costo, aunque se disminuye el tiempo de entrega en puntos de venta.

Para el caso de estudio se ha definido la bodega principal como punto de entrega de las órdenes.

Existen variables que no son relevantes para el diseño de la política de inventarios en esta compañía, y especialmente para este tipo de artículos, es decir que aunque formen parte de ella no afecta en las decisiones que se toman, entre ellas se puede citar el **costo de adquisición de materiales**, que aunque forma parte de los costos finales, no es una variable que influye para decidir comprar o no determinado artículo.

Adicional la empresa compra los materiales directo al proveedor o distribuidores autorizados, por lo que los precios y descuentos ya están pactados para la cadena, es importante señalar también que no se tienen dos proveedores para un mismo producto, es decir a cada artículo le corresponde un proveedor y lo que busca la empresa no es comprar los artículos de menor precio dentro de cada categoría, sino contar con una gama amplia de productos para todos sus clientes.

Las marcas o modelos del artículo son aspectos que tampoco influyen en el desarrollo de la política de inventarios, la empresa debe disponer de toda la variedad vigente en el portafolio, es decir no se puede reemplazar una marca con otra por reducir costos, sin embargo si existe un evento que impida el abastecimiento de un determinado modelo deberá ser revisado para direccionar la venta y el aprovisionamiento hacia los reemplazos disponibles.

3.5 VARIABLES SECUNDARIAS QUE INTERVIENEN EN LA POLÍTICA DE INVENTARIOS

A continuación se explican las variables secundarias que intervienen en la política de inventarios, se las ha denominado así porque su estimación o cálculo se basa en las variables principales que fueron explicadas en la sección 3.2.

- **Desviación media del pronóstico:** La importancia de esta variable radica en que expresa que tan cerca está el plan de ventas estimado de la demanda real, al dividirla entre el pronóstico indica el porcentaje de variación [5].

$$MAD(n) = Abs \frac{venta(n) - pronóstico(n)}{pronóstico(n)}$$

MAD = desviación media absoluta

Los valores que puede tomar esta variable fluctúan entre cero y uno, dependiendo de las políticas o intereses de cada compañía se establecen los niveles que son aceptables para este indicador.

- Por lo general una desviación que no excede de 0.05 se considera precisa.
- Para valores entre 0.05 y 0.10, la precisión del pronóstico se considera buena.
- Una desviación entre 0.10 y 0.15 se considera que tiene una precisión aceptable.
- Valores entre 0.15 y 0.20 indican que la precisión es regular.
- Valores mayores a 0.20 indican que la estimación es poco precisa.
- Cuando la desviación tome valores mayores a 0.15 debe revisarse que eventos han influido para que las ventas aumenten o decaigan distorsionando la precisión del pronóstico, se debe verificar si estos eventos son puntuales y aislados al comportamiento del mercado, como por ejemplo una compra mayorista, un problema con la producción del proveedor, fluctuaciones de precios, etc.

- **Desviación del pronóstico:** Esta variable expresa la desviación en cada periodo que ha tenido el plan de ventas a lo largo del horizonte de planeación.

Este valor se lo estima en cada periodo con base en la desviación media del pronóstico de la semana i y $(i-1)$.

Se lo obtiene mediante la siguiente expresión:

$$SF(i) = MAD(i) * 0.80 + MAD(i - 1) * 0.20$$

Donde i es el periodo actual.

Se le otorga mayor peso al periodo actual porque lo que se busca es que este valor exprese en mayor proporción como afectan al pronóstico los acontecimientos recientes.

- **Stock de seguridad (SS):** El stock de seguridad es una reserva de inventario que se utiliza para afrontar las variaciones de la demanda y disminuir la incertidumbre.

Contar con un nivel extra del inventario proporciona una ventaja ante los competidores pues asegura la atención oportuna a los clientes minimizando los pedidos no atendidos por quiebres de stock.

El stock de seguridad para este modelo se estima mediante la siguiente expresión:

$$SS(i) = MAD * N_s * \text{promedio (pronóstico (L semanas))}$$

$$L = (\text{lead time} + \text{Frecuencia del pedido})$$

- **Inventario final (EOW INVENTORY)**: Indica el nivel de inventario al cierre de cada semana, el cálculo se lo realiza con la siguiente fórmula:

$$IF(i) = \text{recepciones últimas } m \text{ semanas} + SS(i) - D(i)$$

- **Órdenes colocadas (CURRENT OO)**: Todas las órdenes de compra vigentes en la semana i .

$$\text{Denotado por } T(i)$$

- **Tendencia de cierre de inventario (CURRENT EOW INVENTORY TREND)**: Estima el nivel del inventario al cierre de la semana basándose en el inventario actual, el tránsito generado por órdenes pendientes de ingresar y el pronóstico de ventas, se lo obtiene mediante la expresión:

$$TCI(i) = X(i) + T(i) - D(i)$$

En caso de obtener un resultado negativo este valor es cero.

- **Recepciones necesarias (NEEDED RECEIPTS)**

Solo si:

$$TCI(i) < IF(i)$$

$$RN(i) = IF(i) - TCI(i)$$

Caso contrario es cero.

- **Inventario final pronosticado (FINAL INVENTORY FORECAST)**

$$IFP(i) = TCI(i) + RN(i)$$

- **Recepciones finales pronosticadas (FINAL RECEIPT FORECAST)**:

$$RFP(i) = T(i) + RN(i)$$

- **Inventario final pronosticado F (ENDING INVENTORY FORECAST)**

$$IFF(i) = X(i) + RFP(i) - D(i).$$

Excepción de la Fórmula: Si el resultado es negativo se asigna cero.

- **Cálculo final de recepciones pronosticadas (ENDING RECEIPT FORECAST)**

Asumiendo que el lead time del proveedor toma el valor de m semanas, se evalúa el ciclo de colocación de orden (m), es decir m semanas atrás.

Este parámetro nos ayuda a conocer las recepciones pronosticadas para un periodo dado, se evalúa el parámetro en m para determinar los ingresos de mercadería para la semana que se está evaluando.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE INVENTARIOS Y HEURÍSTICA DE SILVER MEAL MEDIANTE UN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE INVENTARIO

Se desarrolló una aplicación en lenguaje Visual Studio 2013 C#, el programa posee un menú de inicio de fácil interpretación.

Al ingresar al programa se muestra el menú de trabajo que se detalla en la figura 4.1:



Figura 4.1 Menú de opciones

A continuación se explica el uso para cada una de las opciones del menú:

4.1.1 CREACIÓN DE GRUPOS (GRUPO DE ITEMS/GRUPO DE TIENDAS - ITEM GROUP/STORE GROUP)

La compañía tiene tiendas asociadas a su centro de distribución y cada una de estas tiendas genera ventas de los productos seleccionados para este estudio.

El sistema guarda la venta de un sku en una determinada tienda para un periodo dado. Si no se desea la venta al detalle por tienda sino agrupadas bajo un solo total de la compañía por sku, también se lo puede obtener.

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

Maestría en Control de Operaciones y Gestión Logística

Con esta opción (Item Group) se pueden crear grupos de productos y de tiendas de acuerdo a la necesidad del usuario. Estos grupos quedan grabados y pueden ser tomados cada vez que se requiera analizarlos.

Un ítem puede estar contenido en un grupo o más al mismo tiempo, de la misma manera una tienda puede estar en más de un grupo a la vez.

Un grupo puede crearse tomando objetos de distintas clases, por ejemplo se pueden crear grupos de acuerdo a la ubicación geográfica de las tiendas, por su tamaño, etc. Así mismo se pueden crear grupos de acuerdo a la capacidad del producto, por su marca, tipo, etc.

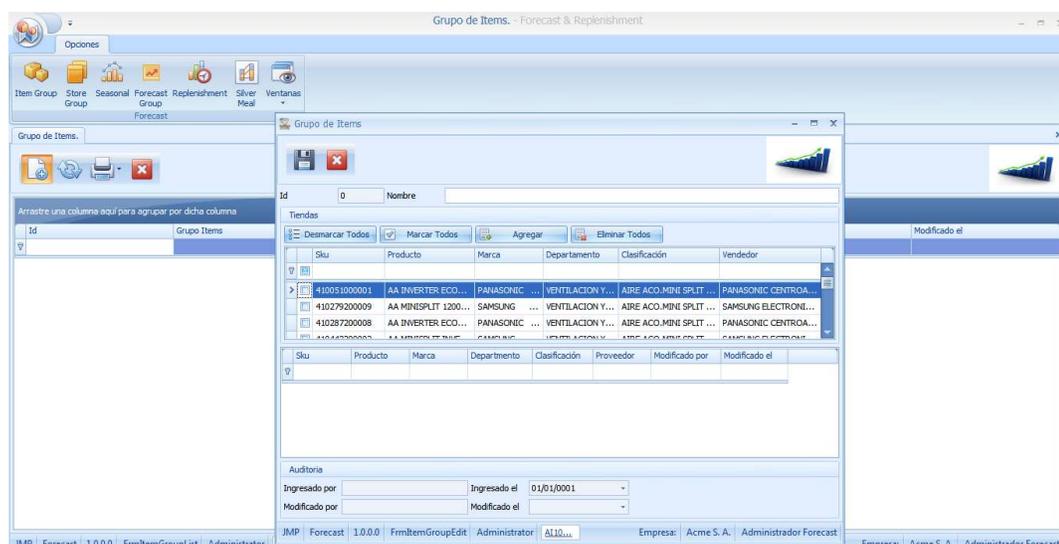


Figura 4.2 Creación de un Grupo de Artículos

4.1.2 CREACIÓN DE UNA ESTACIONALIDAD

A partir de la creación de grupos se puede analizar la estacionalidad que se presenta en cada tienda o grupos de tienda y artículos seleccionados.

Una característica que representa una ventaja del sistema es que permite modificar la estacionalidad para los casos en que los datos históricos no representan las ventas

esperadas en un determinado periodo por motivos ajenos a la demanda, por ejemplo quiebres de inventarios, políticas de estado, cambio de portafolio, etc., en estos casos se puede realizar de forma manual la modificación de la estacionalidad para que con base en esto se genere el pronóstico.

La figura 4.3 presenta la creación de una estacionalidad para un producto dado:

Primero se creó un grupo que abarca todas las tiendas y a su vez se eligió un artículo, al seleccionar el ícono de estacionalidad se obtiene el siguiente gráfico:

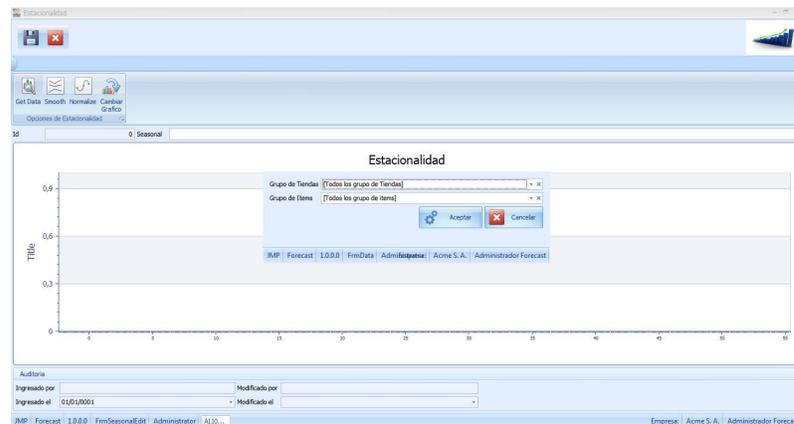


Figura 4.3 Creación de Estacionalidad

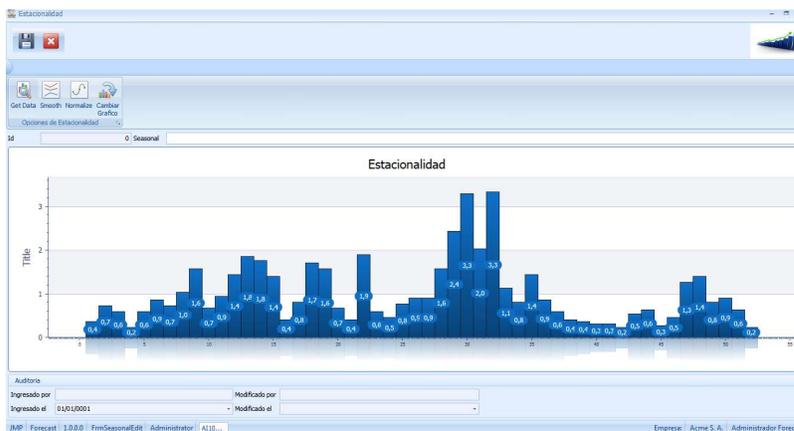


Figura 4.4 Gráfico de Estacionalidad

La figura 4.4 muestra de forma gráfica la estacionalidad de la demanda del artículo seleccionado, las ventas tomadas corresponden a las últimas cincuenta y dos semanas, sin embargo si el director o responsable comercial es conocedor de sucesos o eventos que no permitieron que en cierto periodo las ventas lleguen al punto planificado, puede corregir la estacionalidad en los periodos necesarios y guardarla para crear un pronóstico en base a esta modificación.

Cada vez que se modifica la estacionalidad en el gráfico el sistema estima nuevamente el índice de estacionalidad para cada periodo.

4.1.3 SUAVIZACIÓN DE LA CURVA

La suavización permite capturar las tendencias más significativas de la demanda.

El programa permite suavizar la curva obtenida en el gráfico de estacionalidad, para ello estima una nueva media entre los valores de las semanas $(n - 1)$, n , $(n + 1)$, este valor reemplaza al de la semana “ n ”.

Al seleccionar esta opción se genera el siguiente gráfico en el que se puede apreciar la suavización realizada sobre los datos de partida.

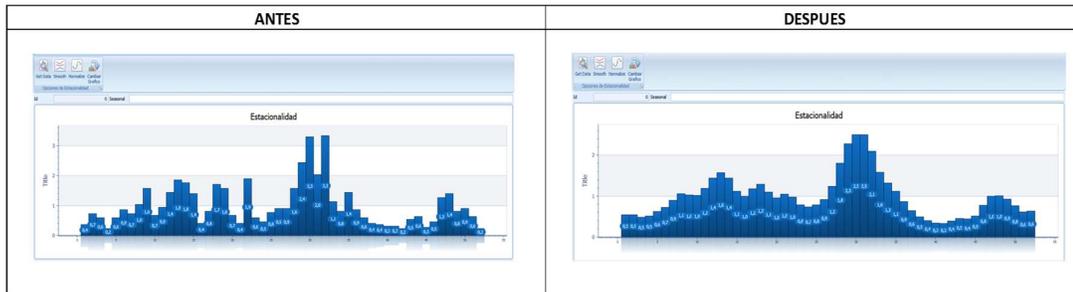


Figura 4.5 Suavización de la estacionalidad

4.1.4 PARÁMETROS PARA LA CREACIÓN DEL GRUPO DE PRONÓSTICO

El grupo de pronóstico permite realizar la previsión para los artículos y tiendas seleccionados.

Para la creación del grupo de pronóstico se elige el artículo, tiendas y estacionalidad con la que se desea trabajar.

Permite además presentar los resultados por cada sku y por cada tienda o agruparlos para obtener para cada sku un solo valor que representa las necesidades para toda la compañía.

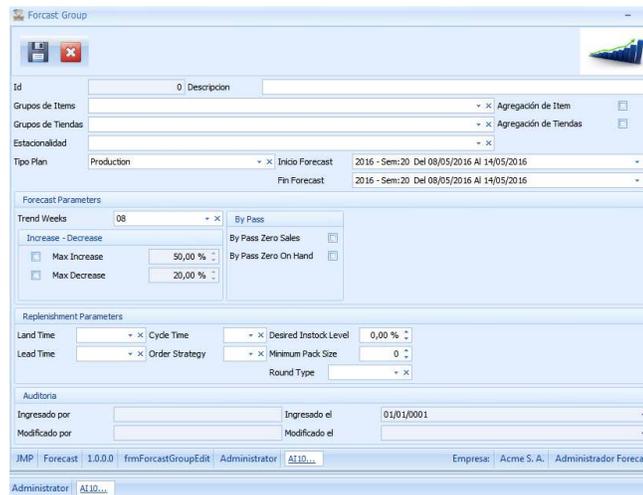


Figura 4.6 Parámetros de grupo de pronóstico

4.1.4.1 CONFIGURACIÓN DE BY PASS

El sistema tiene dos by pass que se pueden activar en caso de que se presenten situaciones que puedan afectar el valor del pronóstico de ventas y se explican a continuación:

BY PASS ZERO ON HAND

Este by pass se activará cuando el nivel de Inventario en el almacén principal sea cero, de esta manera aunque se hayan registrado ventas el sistema no calculará una nueva media semanal y seguirá trabajando con la última media semanal guardada para evitar castigar el plan de ventas por este tipo de situaciones, ya que al caer el nivel de inventario se reduce la disponibilidad del producto y se pueden afectar los valores reales de la demanda.

BY PASS ZERO SALES

Si es que este by pass está activado, el sistema no generará un nuevo promedio semanal si detecta que no se registraron ventas en el último período y tomará el último promedio semanal guardado.

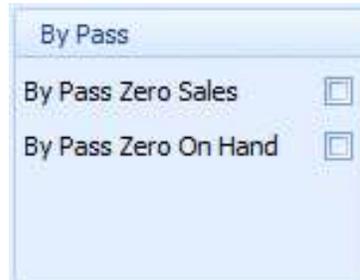


Figura 4.7 Activación de by pass por inventario en cero

4.1.5 INCREMENTO O DISMINUCIÓN EN VENTAS

Cuando la nueva media semanal calculada por el sistema supera en un 50% o más al último promedio guardado, el sistema rechaza el nuevo valor y mantiene el anterior. De la misma manera cuando la nueva media disminuye en un 20% o más el sistema no le dará validez al nuevo valor calculado y se mantendrá con el último promedio guardado.

El objetivo de esta configuración es evitar inflar el promedio semanal por temas puntuales que no se atribuyen a la demanda real, por ejemplo compras mayoristas, caídas no planificadas en la demanda debido a quiebres de inventario, transición de producto, etc.

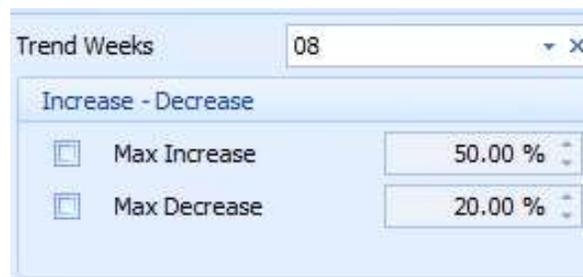


Figura 4.8 Activación de by pass por variación

4.1.6 PRONÓSTICO Y APROVISIONAMIENTO (FORECAST AND REPLENISHMENT)

Para generar el aprovisionamiento se selecciona el grupo de pronóstico con el que se desea trabajar, para cada semana el sistema realiza los cálculos detallados en el capítulo tres.

Los datos se presentan gráficamente y también en una plantilla que puede ser exportada a Excel.

De esta manera se puede planificar y conocer cuándo llegarán las órdenes de compra, cuándo se debe colocar un pedido de compra y en qué cantidad.

Podemos observar los niveles a los que llegará el inventario y proveer los recursos necesarios para la gestión del inventario.

La ventaja de este sistema implementado es que es flexible y se adapta a los requerimientos de la compañía, por ejemplo si de pronto un proveedor cambia sus tiempos de entrega de 7 a 10 días, esto se configura en el sistema y automáticamente podemos generar una planificación actualizada de las necesidades de inventario.

En las figuras 4.9 y 4.10 se presentan las dos formas en las que el sistema muestra los resultados de la planificación (gráfico y datos).

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

Maestría en Control de Operaciones y Gestión Logística

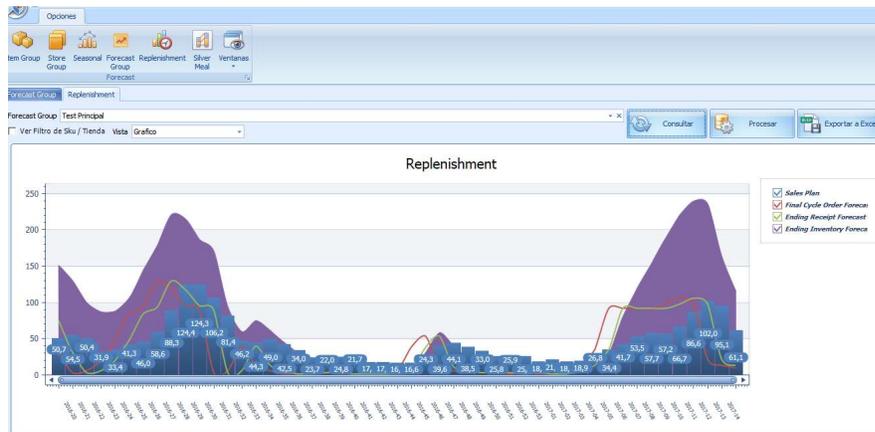


Figura 4.9 Pronóstico y aprovisionamiento

	2016-20	2016-21	2016-22	2016-23	2016-24	2016-25	2016-26	2016-27	2016-28	2016-29	2016-30	2016-31
Datos de Inventario												
Sales Plan	50,7	54,5	50,4	31,9	33,4	41,3	46,0	58,6	88,3	124,4	124,3	124,3
Receipt	54,5	50,4	31,9	33,4	41,3	46,0	58,6	88,3	124,4	124,3	124,3	124,3
Safety Stock	42,1	41,8	32,9	26,1	29,9	34,8	41,8	58,8	85,1	95,5	92,2	92,2
EDW Inventory	96,6	92,3	64,8	59,6	71,2	80,9	100,4	147,1	209,4	223,8	198,4	198,4
Current BOW Inv	157,5	154,8	145,1	115,2	107,2	114,2	119,6	133,7	171,6	225,1	233,8	233,8
Current CO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Current EDW Inv Trend	106,8	100,3	94,7	83,3	73,8	72,9	73,6	75,1	83,3	100,7	109,4	109,4
Needed Receipts	48,0	44,8	20,5	23,9	40,4	46,7	60,1	96,5	141,8	133,0	95,6	95,6
Final Inventory Forecast	154,8	145,1	115,2	107,2	114,2	119,6	133,7	171,6	225,1	233,8	233,8	233,8
Final Receipt Forecast	48,0	44,8	20,5	23,9	40,4	46,7	60,1	96,5	141,8	133,0	95,6	95,6
Final Order Forecast	41,8	20,5	23,9	40,4	46,7	60,1	96,5	141,8	133,0	95,6	95,6	63,0
Rounded Order Forecast	32,0	4,0	6,0	20,0	48,0	84,0	94,0	130,0	118,0	96,0	90,0	90,0
Final Cycle Order Forecast	32,0	4,0	6,0	20,0	48,0	84,0	94,0	130,0	118,0	96,0	90,0	90,0
Ending Receipt Forecast	76,0	32,0	4,0	6,0	20,0	48,0	84,0	94,0	130,0	118,0	96,0	96,0
Ending Inventory Forecast	151,7	129,8	99,9	87,2	88,3	106,3	144,3	179,7	221,4	215,0	186,7	186,7
Stock To Sales	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7

Figura 4.10 Cálculo de los parámetros

Esta información puede exportarse a Excel.

4.2 FLUJOGRAMA DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO

El cálculo del pronóstico de las próximas cincuenta y dos semanas se realiza por cada miembro del pronóstico, donde “Miembro” es la combinación de elementos de grupo de ítems y del grupo de tiendas dependiendo su nivel de agregación, ver Anexo I.

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA HEURÍSTICA DE SILVER MEAL

Para la implementación de Silver Meal se anexó en el menú principal de opciones un botón que nos permite seleccionar este método, al elegir el mismo, el sistema permite seleccionar el artículo con el que se desea trabajar y automáticamente el sistema toma el pronóstico calculado en la política de inventarios, de esta manera parte la ejecución de la heurística.

La heurística de Silver Meal indicará que cantidades comprar y cuando comprar a fin de minimizar los costos de ordenar y de almacenamiento, lo cual permitirá una optimización de los recursos para la compañía.

Al final se podrá analizar ante una misma demanda y cantidad de periodos como planifica el aprovisionamiento cada uno de los métodos.

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

Maestría en Control de Operaciones y Gestión Logística

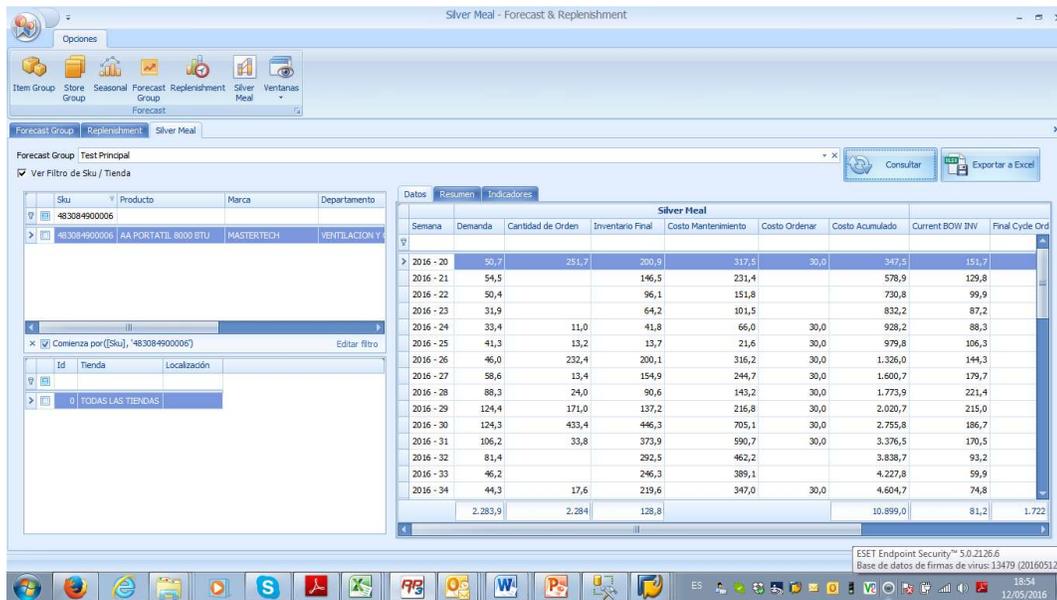


Figura 4.11 Ejecución de la heurística de SM

4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para la prueba y comparación de los resultados se han seleccionado los siguientes parámetros:

Costo De Ordenar: \$30.00

Costo de Almacenamiento: \$1.58

Periodos Planificados: 52

Artículo Seleccionado: 483084900006

El artículo pertenece a la línea de climatización cuya demanda es estacional.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados obtenidos con cada método y sus costos asociados.

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

Maestría en Control de Operaciones y Gestión Logística

Semana	Demanda	Cantidad de Ord.	Inventario Final	Costo Mant.	Costo Orden.	Costo Acum.	Inventario Final	Final Cycle Order Forecast	Costo Mant.	Costo Acum.
2016 - 17	3,3	11,6	8,2	13,0	30,0	43,0	0,0	6	0,0	30,0
2016 - 18	2,8		5,4	8,6		51,6	3,2	2	5,0	65,0
2016 - 19	2,8		2,7	4,2		55,8	2,4	2	3,8	98,9
2016 - 20	2,7		0,0	0,0		55,8	1,8	2	2,8	131,6
2016 - 21	2,9	8,9	6,1	9,6	30,0	95,4	0,9	2	1,4	163,1
2016 - 22	2,6		3,4	5,4		100,8	0,2	2	0,4	193,4
2016 - 23	1,7		1,8	2,8		103,6	0,6	2	0,9	224,4
2016 - 24	1,8		0,0	0,0		103,6	0,8	2	1,3	255,6
2016 - 25	2,2	7,7	5,5	8,7	30,0	142,3	0,6	4	1,0	286,7
2016 - 26	2,4		3,1	4,9		147,2	2,2	6	3,5	320,2
2016 - 27	3,1		0,0	0,0		147,2	5,2	8	8,1	358,3
2016 - 28	4,6	11,2	6,5	10,3	30,0	187,5	8,5	8	13,5	401,8
2016 - 29	6,5		0,0	0,0		187,5	10,0	6	15,8	447,6
2016 - 30	6,5	21,1	14,6	23,1	30,0	240,6	9,5	4	14,9	492,5
2016 - 31	5,6		9,0	14,3		254,8	7,9	2	12,4	535,0
2016 - 32	4,3		4,8	7,5		262,3	5,6	2	8,9	573,8
2016 - 33	2,4		2,3	3,7		266,0	5,2	2	8,2	612,0
2016 - 34	2,3		0,0	0,0		266,0	4,9	2	7,7	649,7
2016 - 35	2,6	10,3	7,7	12,2	30,0	308,2	4,3	2	6,8	686,4
2016 - 36	2,2		5,5	8,7		316,9	4,0	0	6,4	692,8
2016 - 37	1,8		3,7	5,9		322,7	2,3	0	3,6	696,4
2016 - 38	1,2		2,5	3,9		326,6	1,0	2	1,6	728,0
2016 - 39	1,2		1,3	2,1		328,7	1,9	2	2,9	761,0
2016 - 40	1,3		0,0	0,0		328,7	2,6	0	4,1	765,0
2016 - 41	1,1	4,7	3,5	5,6	30,0	364,3	1,4	0	2,3	767,3
2016 - 42	0,9		2,6	4,2		368,4	0,5	0	0,8	768,1
2016 - 43	0,9		1,7	2,7		371,2	0,0	0	0,0	768,1
2016 - 44	0,9		0,9	1,4		372,5	0,0	2	0,0	798,1
2016 - 45	0,9		0,0	0,0		372,5	1,1	2	1,8	829,9
2016 - 46	1,3	10,8	9,5	15,0	30,0	417,5	1,9	2	2,9	862,8
2016 - 47	2,1		7,4	11,7		429,3	1,8	2	2,8	895,6
2016 - 48	2,3		5,1	8,1		437,3	1,5	2	2,3	927,9
2016 - 49	2,0		3,1	4,9		442,2	1,4	2	2,3	960,2
2016 - 50	1,7		1,4	2,1		444,3	1,7	2	2,7	992,9
2016 - 51	1,4		0,0	0,0		444,3	2,4	2	3,7	1.026,6
2016 - 52	1,4	6,8	5,4	8,6	30,0	482,9	3,0	0	4,7	1.031,3
2016 - 53	1,4		4,0	6,4		489,3	1,6	2	2,6	1.063,9
2017 - 1	1,0		3,1	4,9		494,2	2,7	0	4,2	1.068,1
2017 - 2	1,1		2,0	3,1		497,3	1,5	0	2,4	1.070,5
2017 - 3	1,0		1,0	1,6		498,8	0,6	2	0,9	1.101,4
2017 - 4	1,0		0,0	0,0		498,8	1,6	2	2,5	1.133,9
2017 - 5	1,4	5,4	4,0	6,3	30,0	535,1	2,2	2	3,4	1.167,3
2017 - 6	1,8		2,2	3,5		538,6	2,4	4	3,7	1.201,1
2017 - 7	2,2		0,0	0,0		538,6	4,2	4	6,6	1.237,7
2017 - 8	2,8	8,8	6,0	9,5	30,0	578,1	5,4	4	8,5	1.276,2
2017 - 9	3,0		3,0	4,7		582,9	6,3	4	10,0	1.316,2
2017 - 10	3,0		0,0	0,0		582,9	7,3	6	11,6	1.357,7
2017 - 11	3,5	13,4	9,9	15,7	30,0	628,5	9,8	6	15,5	1.403,3
2017 - 12	4,6		5,4	8,5		637,0	11,3	6	17,8	1.451,1
2017 - 13	5,4		0,0	0,0		637,0	11,9	2	18,8	1.499,9
2017 - 14	5,0	8,2	3,2	5,1	30,0	672,1	8,9	2	14,1	1.544,1
2017 - 15	3,2		0,0	0,0		672,1	7,7	2	12,2	1.586,3
TOTALES	128,9	129		282,1		672,1		134	296,3	1.586,3

Tabla 4.1 Resultados obtenidos

Como se puede observar en las cincuenta y dos semanas planificadas la demanda total es de 128.9 unidades.

La heurística de Silver Meal genera trece pedidos durante el horizonte de planeación por un total de ciento veintinueve unidades mientras el método del pronóstico genera cuarenta y tres órdenes de compra con un total de ciento treinta y cuatro unidades, ambos métodos satisfacen la demanda en cada periodo.

Analizando el costo fijo asociado a cada orden de compra, la heurística Silver Meal brinda mejores resultados comparada con el método de pronóstico ya que los costos de ordenar con SM suman un valor de \$390 mientras que con el método del pronóstico suman \$1.290. La Heurística proporciona un mayor ahorro para la compañía al optimizar el número de órdenes de compra que se colocan durante las cincuenta y dos semanas.

Tomando como referencia el costo de mantenimiento la heurística de Silver Meal genera un total de \$282.1 a lo largo de todo el horizonte de planeación mientras que el método pronóstico genera un costo total de \$296.3. La diferencia entre los dos no es relevante para elegir o descartar uno de los dos métodos.

Los costos totales asociados a Silver Meal suman \$672.1 mientras que los costos generados por el método pronóstico suman \$1586.3.

La heurística termina el Inventario con cero unidades mientras que el método pronóstico cierra con 7.7. La heurística no traslada costos por almacenaje al siguiente horizonte de planeación, el método de pronóstico sí.

En la tabla 4.2 se muestran los resultados obtenidos por cada método a lo largo de todo el horizonte de planeación:

RESULTADOS	Heurística Silver Meal	Método Pronóstico
Órdenes de compra colocadas	13	43
Costo de ordenar	\$ 390,00	\$ 1.290,00
Inventario comprado (unidades)	129	134
Costo de mantenimiento de inventario	\$ 282,10	\$ 296,30
Costo Total	\$ 672,10	\$ 1.586,30

Tabla 4.2 Resultados y costos de cada método

Para tomar la decisión de cuál será el método con el que trabajará la empresa es necesario resaltar los principios o políticas que la compañía considera importantes y son parte clave en la planificación de las compras.

- Si bien es cierto la heurística de SM proporciona un ahorro del 57,6% sobre el método pronóstico durante todo el horizonte de planeación, podría suceder que la heurística solicite mercadería para más de cuatro periodos (para más de un mes), aunque esto significaría tener un inventario de seguridad, no existe la actualización de las ventas de forma semanal como lo hace el otro método, es decir en caso de que se presente una situación que ocasione un incremento en la demanda, éste no será detectado por el método SM ya que la demanda está dada inicialmente.

Ante una situación de este tipo la empresa se quedaría sin inventario para reaccionar, es decir no se tendrían las cantidades solicitadas para todos los periodos y la empresa tendría que reabastecerse de forma manual.

Al colocar pedidos de forma manual se rompe la optimización de la heurística ya que se generan gastos adicionales.

- De forma similar, si la venta no resulta como se lo esperaba, quedará un excedente en el inventario teniendo que ajustar las cantidades solicitadas en los próximos pedidos, nuevamente se distorsiona el objetivo principal del método SM que es la de reducir costos.
- El método del pronóstico permite actualizar la demanda para los periodos futuros con base en el comportamiento de las ventas de las últimas semanas, esto representa una ventaja ya que las cantidades necesarias para el plan de ventas se pueden ajustar en cada periodo.
- Aunque el método del pronóstico no supera a la heurística SM en ahorro, se puede ver en la tabla 4.1 que sí ofrece excelentes resultados para administrar el inventario, ya que durante el horizonte de planeación sugiere una compra de 134 unidades para satisfacer una demanda de 129 unidades aproximadamente, es decir el excedente no cubre más allá de un periodo de venta.

Tomando en cuenta que la cobertura de estos artículos llegaba a nueve meses aproximadamente en un corte a diciembre del 2014 es un gran ahorro que la empresa tendrá en el costo de mantenimiento al elegir el método del pronóstico.

- Otra ventaja del método del pronóstico es que si existen cambios en el portafolio de los proveedores, los reemplazos pueden ser incorporados rápidamente en el mercado debido a que las órdenes de compra se colocan de acuerdo a la frecuencia del proveedor, sin embargo al elegir la heurística SM podríamos tener inventario almacenado para algunos periodos lo que haría más lenta la siembra de nuevos modelos en los puntos de venta.

En la corrida se observa que el método SM sugiere realizar compras para cubrir incluso seis periodos (seis semanas de venta), de esta manera no podríamos sembrar en los almacenes los nuevos modelos hasta que se agote el inventario adquirido, es decir con el método de pronóstico se tiene inventario actualizado, referencias actuales y los niveles de inventario permiten una rápida incursión en los puntos de venta de los nuevos productos, mientras que con la heurística SM no.

- Otra variable de decisión para elegir el método de pronóstico es el ahorro obtenido en costos de mantenimiento comparándolo con la situación real de la empresa.

En un corte al mes de diciembre del año 2014, el inventario físico (sin tomar en cuenta el tránsito pendiente) llegaba a las 623 unidades, mientras el método del pronóstico sólo traslada ocho unidades aproximadamente al siguiente horizonte de planeación, ver tabla 4.3.

Resultados	SM	PR	Real
Inventario Final	0	8	623
Costo de mantenimiento por unidad	\$ 1,58	\$ 1,58	\$ 1,58
Costo de mantenimiento para el siguiente periodo	\$ 0,00	\$ 12,64	\$ 984,34

Tabla 4.3 Resultados y costos por inventario final

- La demanda del caso de estudio tiene un comportamiento muy dinámico y no se debe sólo a su estacionalidad sino a factores comerciales que no se pueden predecir tales como promociones de la competencia, reemplazos, promociones institucionales para acelerar la venta de determinado producto (generalmente son descuentos que la compañía decide dar a sus clientes), por esto es importante una herramienta que permita planificar el abastecimiento de acuerdo a todas estas fluctuaciones del mercado que afectan el comportamiento de la demanda, por lo que se elige el método del pronóstico para implementar en la compañía.
- En la figura 4.12 se muestran los resultados obtenidos con el método de pronóstico en un horizonte de planeación. Se observan los niveles del inventario de seguridad, pronóstico, órdenes de compra, el método satisface las necesidades de la compañía.

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

Maestría en Control de Operaciones y Gestión Logística

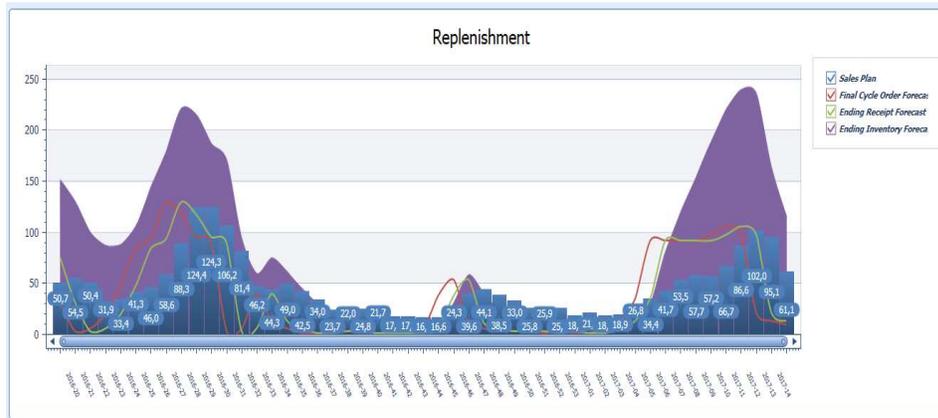


Figura 4.12 Resultados del método de pronóstico

CONCLUSIONES

- Las organizaciones deben identificar sus políticas comerciales y todas las características ligadas a su producto como tipo demanda, nivel de servicio ofrecido al cliente, mercado, acuerdos de servicios, acuerdos con proveedores, etc., para poder seleccionar el mejor método para el aprovisionamiento de los artículos.
- La heurística de Silver Meal ofrece una solución muy buena cuando los objetivos de una empresa se centran en la minimización de los costos ya que se reducen significativamente los costos fijos de ordenar. Para el ejemplo tomado para realizar la comparación los costos de ordenar mediante el método SM representaron el 30% del costo de ordenar mediante el método del pronóstico.
- El método de Silver Meal no es conveniente cuando existen limitaciones por capacidad de almacenamiento o por presupuesto de compras ya que en un pedido puede generar una cantidad equivalente a todos los periodos del horizonte de planeación, es decir no tiene un tope que limite la cantidad a comprar.
- Debido a que se pueden planificar las adquisiciones de acuerdo al ciclo de compra del proveedor, la capacidad de almacenamiento no será una limitante con el método del pronóstico.
- La heurística de Silver Meal ofrece buenas soluciones cuando no se requiere que las entregas de los productos se cumplan con una frecuencia establecida.
- Una de las ventajas que presenta el método del pronóstico es su flexibilidad para adaptarse a las necesidades de la compañía ya que permite configurar parámetros como Lead Time, periodicidad de órdenes de compra, además considera los tránsitos pendientes, lo que no es considerado por SM.
- El método del pronóstico permite reaccionar oportunamente ante los cambios que pueden ocurrir en la demanda en el transcurso del horizonte de

planeación, ya que si hay un incremento en las ventas el valor del pronóstico se ajusta y las órdenes de compra consideran este cambio en la demanda para requerir más producto.

Así mismo si la venta decae, el método actualiza el pronóstico y no realizará solicitudes de mercadería si no se lo requiere, es decir el método del pronóstico considera la tendencia real del inventario, mientras que la heurística de Silver Meal deja por fuera esos eventos.

- Otra ventaja del método del pronóstico sobre la heurística de Silver Meal es que no se requieren fuertes cantidades de dinero para realizar las compras de mercadería ya que los pedidos se colocan con base en una frecuencia.
- Se elige como mejor solución al método del pronóstico por la flexibilidad que brinda para ajustarse a las necesidades reales de la empresa y por la actualización del pronóstico que se basa en la tendencia real de ventas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa clasificar los grupos de artículos más importantes de su portafolio, una combinación de aquellos que generan la mayor rentabilidad a la empresa y aquellos que lideran la venta para revisar la forma en que se está realizando el abastecimiento de los mismos.
- La empresa debe establecer las políticas para la planificación del aprovisionamiento, definir si la prioridad es el máximo ahorro en todos los procesos involucrados en la cadena de suministro sin importar el volumen de compras o prefiere el abastecimiento continuo de los productos, dependiendo de esto se deben inclinar por uno de los dos métodos expuestos.
- La política de inventarios automatiza los procesos, pero para que los resultados sean coherentes debe ser actualizada en base a cualquier cambio que pueda alterar su efectividad, por ejemplo, lead time, costos, modificaciones en la red de distribución, etc., caso contrario los resultados serán erróneos, como sucede en la actualidad.
- Se sugiere depurar la base de los proveedores, actualmente no existe información actualizada de los mismos, se recomienda armar fichas por cada uno donde se indique su origen (local o importado), lead time, grupos de artículos que ofrece, y toda la información que la empresa considere relevante, los tiempos de entrega que se encuentran en el sistema deben ser reales.
- Es necesario evaluar cuidadosamente a los proveedores cuando se está implementando una política de inventarios, conocer su eficiencia, su cumplimiento y su capacidad de respuesta ante incrementos en la demanda.
- Se sugiere estimar la demanda perdida, este indicador es importante para conocer lo que la empresa está dejando de vender por no disponer del producto en el momento oportuno.

- Es importante conocer el ciclo de vida de cada producto y seguir las recomendaciones para su abastecimiento en cada caso.
- Cuando se desea desarrollar en una política de inventarios es necesario revisar los datos históricos y depurar las estadísticas dejando por fuera los datos aberrantes o que no aportan, esto evitará una distorsión del pronóstico y de la planificación de compras.
- Durante el tiempo que se realizó el levantamiento de la información se observó que cuando se debía planificar la compra del siguiente año, los directivos comerciales buscaban la cantidad comprada el año anterior y estas cifras eran ajustadas de forma manual, se recomienda siempre tomar como punto de partida las ventas ya que esta es la especialización de la empresa, por eso es importante conocer todos los factores que influyen en los resultados.
- Se sugiere automatizar los procesos de aprovisionamiento y abastecimiento a tiendas ya que la compañía no dispone de estas herramientas y este problema está evidenciado en el inventario, en los altos rubros de mercadería que no está rotando. Actualmente el costo de la mercadería con exceso de inventario representa el 40% del total invertido en este activo, la mayoría de estos sku están entrando a la etapa de obsolescencia ya que son modelos antiguos.
- Se debe implementar una herramienta para el correcto abastecimiento y gestión de inventarios en tiendas que ayude a mantener los niveles de mercadería obsoleta por debajo del 10%.
- Se deben estandarizar los indicadores para la gestión de inventarios a fin de poder implementar controles. Definiciones de, sobre stock o exceso de inventario, quiebre de inventario, obsolescencia, entre otras, deben ser evaluadas y comunicadas a fin de revisar periódicamente estos valores y poner en marcha un plan de acción.
- Se deben armar estrategias para aquellos productos con altos niveles de inventario o con antigüedad, actualmente no existen políticas que indiquen como proceder con esos productos, acciones como promociones, descuentos,

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.

Maestría en Control de Operaciones y Gestión Logística

enganche para otras compras, donación, o devolución al proveedor, deben ser evaluadas para diseñar el plan de evacuación de esta mercadería.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Companys Pascual, R. (1999). *Nuevas Técnicas de Gestión de Stocks: MPR y JIT*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- [2] Gutiérrez, V., & Vidal, C. J. (2007). *Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de la Literatura*. Medellín: Revista Facultad de Ingeniería - Universidad de Antioquia.
- [3] Restrepo, J. H., & Bañol Arias, N. (2010). Application of three methods for solution to problem of batch sizing and MRP. *SCIENTIA ET TECHNICA*.
- [4] Sipper, D., & Bulfin, R. (1999). *Planeación y Control de la Producción*. México D.F.: McGRAW-HILL.
- [5] Vidal Holguín, C. J. (2005). *Fundamentos de Gestión de Inventarios*. Santiago de Cali: Artes Gráficas de la Facultad de Ingeniería - Universidad del Valle.
- [6] Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- [7] Salazar López, B. (2012). *Ingeniería Industrial Online*, Obtenido de: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>
- [8] Vermorel, J. (2011). *Lokad*, Obtenido de: <https://www.lokad.com/es/definicion-estacionalidad>

ANEXO I

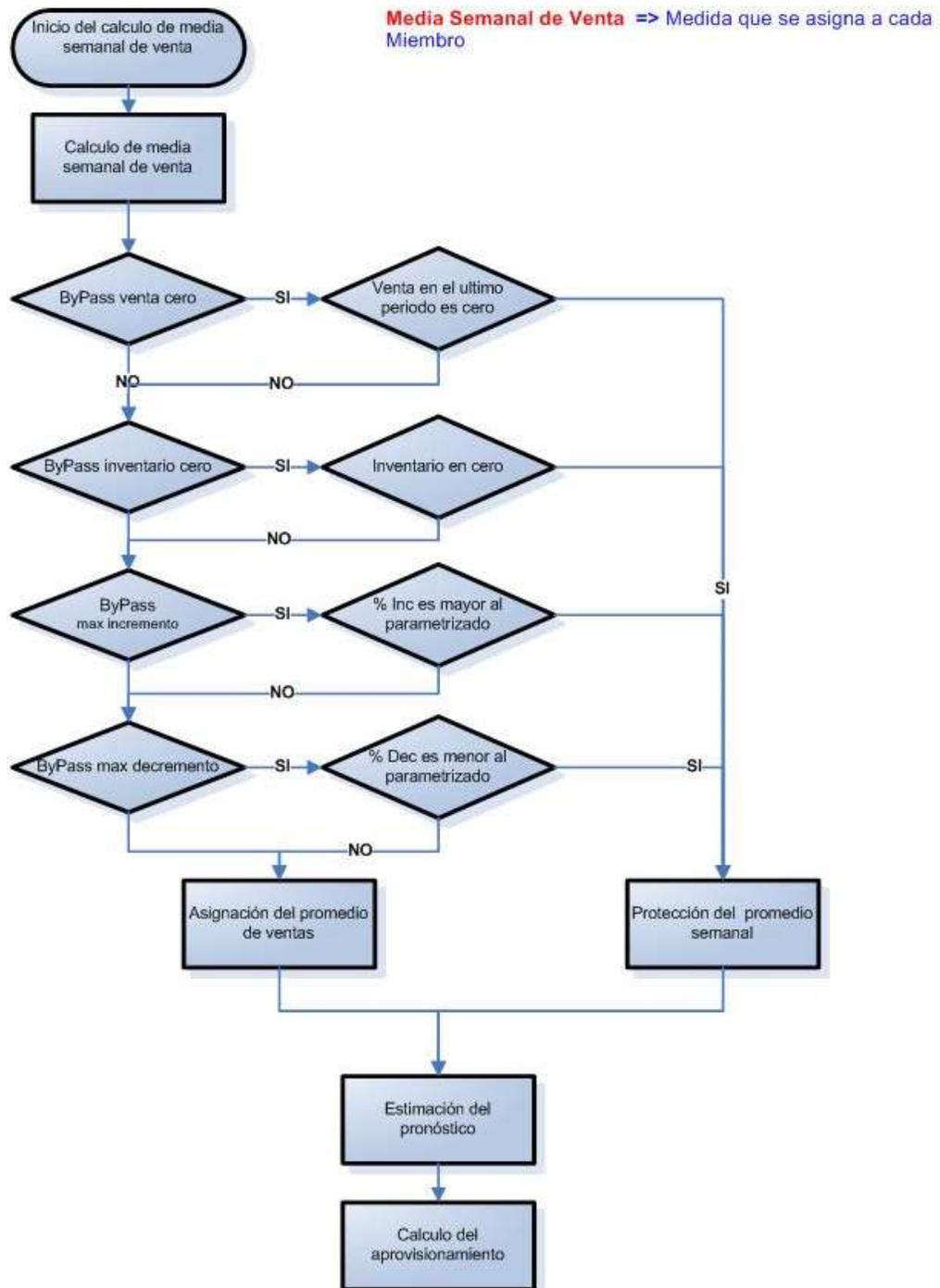
FLUJOGRAMA DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO

El cálculo del pronóstico de las próximas cincuenta y dos semanas se realiza por cada miembro del pronóstico.

Donde miembro es la combinación de los grupos de ítem y grupos de tiendas dependiendo su nivel de agregación.

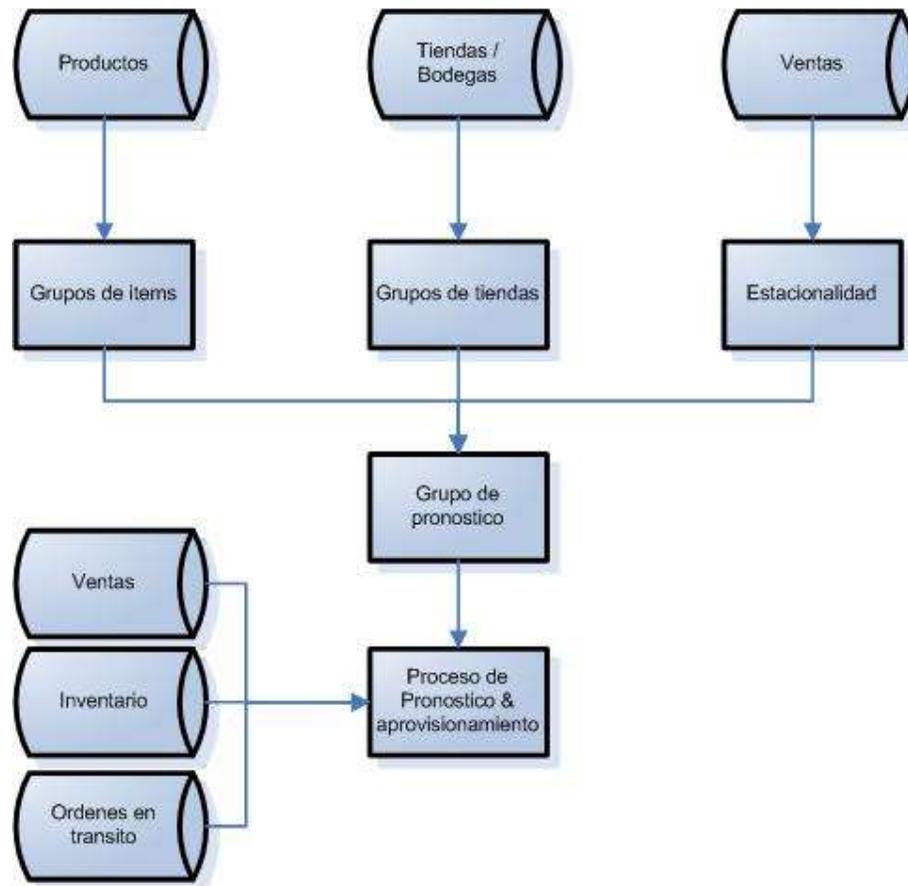
La media semanal de venta es la media que se asigna a cada miembro.

Implementación de una Política de Inventario y Desarrollo de la Heurística de Silver Meal para solucionar el problema de Abastecimiento de una línea con Venta Estacional.



ANEXO II

MAPA DEL PROCESO



ANEXO III

ALGORITMO DE LA HEURÍSTICA DE SILVER MEAL

El algoritmo que sigue la heurística de Silver Meal puede expresarse de la siguiente manera:

- $K(n)$ es el costo promedio variable para cada periodo N , en este caso de 1 a 52. Este proceso se corre hasta que $K(n+1) > k(n)$
- A es el costo de generar o preparar un pedido
- h es el costo unitario de almacenamiento del inventario
- D_n es la demanda de cada periodo.

$$k(1) = A$$
$$k(2) = \frac{1}{2}(A + hD_2)$$

$$k(n) = \frac{1}{n} \left(A + \sum_{n=2}^n (n-1)hD_n \right)$$

ANEXO IV

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- ✓ **Lead time**: tiempo en días que transcurre desde que se coloca una orden de compra al proveedor hasta que la entrega en el almacén principal.
- ✓ **Land time**: tiempo en días que transcurre desde que se recibe la mercadería por parte del proveedor en el almacén principal hasta que se la despacha a piso de venta.
- ✓ **SKU o unidad de mantenimiento de existencias**: es un código único compuesto por números y/o letras que se utiliza para diferenciar los productos del inventario según su modelo, marca, color, talla, etc.
- ✓ **Backorder**: un pedido de backorder es una solicitud que se realiza cuando no se dispone de inventario, de esta manera se crea una lista de espera que será atendida cuando se tenga disponibilidad. Entre las ventajas se encuentran la de tener prioridad en el despacho y asegurar que se recibirá el producto.
- ✓ **Inverter**: hace referencia a la tecnología que incluyen ciertos equipos de climatización que permite ahorrar el consumo eléctrico debido a que actúan sobre el circuito de conversión de energía.
- ✓ **Sobre stock**: son excedentes de producto que quedan de la fabricación o de la compra a un proveedor, dependiendo de las políticas de cada compañía, se establecen los parámetros para decretar sobre stock o exceso de mercadería, ya sea con base en los niveles de inventario o por la cantidad de meses promedio de venta que cubre el mismo. El excedente de estos productos se da cuando las expectativas de venta no se cumplen según lo esperado.