

Universidad Torcuato Di Tella
Escuela de Negocios UTDT
MBA 2009-2010

“Incidencia de los niveles de inventario en el desarrollo y crecimiento de un distribuidor de neumáticos”

Autor: Agustín Lutterbach
Tutor: Roberto Artero
Fecha: Junio 2012
Lugar: Buenos Aires, Argentina



Agradecimientos

A Cintia, por su paciencia y apoyo, a mis padres, por transmitirme sus valores, a mis abuelos, por ser fuente de inspiración y a mis familiares y amigos, por agregarle buenos momentos a la vida.



Prefacio

“Sin suministros, ni un general, ni un soldado sirven para nada.”

Clerchus de Esparta, en el 401 a. C., reconoció el valor de los suministros en su discurso al pequeño ejército griego al cual condujo a una guerra civil con Artajerjes II. Su ejército, de 14.000 hombres, se encontraba a 1.300 millas de Grecia cuando comenzó la batalla de Cunaja. La supervivencia del ejército griego dependía no sólo de su disciplina, su entrenamiento y su moral, sino también de su cadena de suministros.¹

Las empresas de hoy en día basan su éxito o fracaso en una estrategia inteligente de su cadena de suministros. Proveedores, clientes, y asociaciones con otras empresas, deben ser estudiadas y seleccionadas bajo un racional estratégico, con el fin de agregar valor para el consumidor final y que sus productos y servicios sean elegidos por éste una y otra vez.

Es por eso que la estrategia de inventarios es una parte fundamental en la carrera por la creación de valor.

Por consecuencia, el objeto del presente estudio busca analizar esta estrategia en una empresa comercializadora de neumáticos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, para de esta manera buscar mejores alternativas y optimizar la cadena de valor, para lograr un negocio consistentemente redituable.

¹ CHASE; AQUILANO; JACOBS; (8va edición) Administración de producción y operaciones; Irwin, Mc Graw Hill.



Palabras clave

Teoría de inventarios, modelo EOQ, cantidad económica de pedido, incertidumbre de la demanda, punto de reorden, nivel de servicio.



Contenidos

Agradecimientos.....	1
Prefacio	2
Palabras clave.....	3
Contenidos	4
Introducción.....	6
Breve descripción de la empresa y el mercado del neumático.....	8
La empresa objeto de estudio	8
El mercado de reposición de neumáticos de consumo de la Argentina.....	8
Planteo del problema e hipótesis de investigación.....	13
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
Justificación y delimitación de la investigación.....	14
Marco de referencia	15
Sistemas de inventario.....	15
Modelo EOQ	17
Incertidumbre en la demanda.....	21
Diseño y desarrollo de la investigación	23
Tipo de investigación (explicación y fundamentación).....	23
Metodología utilizada	24
Premisas para el presente estudio	24
Población y muestra	25
Fuentes de información y procesamiento de la información.....	25
Análisis de la información recolectada	26
Clasificación de productos	26
Estacionalidad	27
Nivel de inventarios.....	29
Nivel de servicio.....	29
Desarrollo y aplicación del nuevo modelo propuesto	34
Cálculo de la demanda diaria y el desvío estándar	34
Cálculo de la cantidad óptima a pedir [Q*]	35
Cálculo del punto de reorden y el inventario de seguridad	37
Inventario promedio	37
Presentación y discusión de resultados	39
Simulación	39



Nivel de inventarios.....	41
Nivel de servicio.....	43
Análisis de sensibilidad.....	44
Conclusiones.....	50
Anexo I – Listado de productos.....	52
Anexo II – Resumen de operaciones.....	58
Referencias bibliográficas.....	59



Introducción

La competitividad que los mercados de hoy en día exigen a las empresas que en ellos se desenvuelven, hace imperiosa la búsqueda continua de las mejores prácticas que garanticen no solo la supervivencia de las mismas, sino también la creación de valor para todos los actores que en ellas se despliegan (accionistas, estado, y la sociedad con la que interactúa).

Sin embargo, a pesar de ser esto un lógico mandato para cualquier compañía, muchas veces las prácticas comunes de ellas no parecen reflejar una coherencia con lo que se debe hacer.

Adentrándonos ya en el mercado donde se desenvuelve la empresa bajo estudio, podemos decir que durante los últimos 20 años las empresas productoras de neumáticos instauraron estrategias para disminuir sus inventarios almacenados en diferentes puntos del país denominados “sucursales”, trasladándolos hacia su red de distribución tercerizada. Esta nueva práctica no contribuyó en obtener una óptima rotación de las existencias en la red de comercialización, lo que aparentemente dio lugar a una acumulación excesiva de las mismas en los diferentes eslabones, por encima de niveles lógicos para la industria.

Es posible que este fenómeno de acumulación haya suprimido la creación de nuevas estrategias de negocio por parte de la red, motivado por: el soporte financiero de las productoras de neumáticos para el financiamiento de sus inventarios, la aparente “ausencia de caducidad” de los productos, el posible resguardo de sus inversiones en ambientes inflacionarios y las continuas bajas tasas de servicio de los fabricantes con su red de comercialización.

Como resultado de estas prácticas, se puede observar en el mercado una alta concentración del negocio en unos pocos distribuidores, que en el transcurso de los últimos años han aumentado su poder de negociación con los fabricantes, y que han pasado de ser operadores de la venta al “detalle” a grandes actores en



el mercado mayorista, ocupando el lugar vacante que dejaron las antiguas “sucursales”.

Hoy en día muchas de las compañías productoras de neumáticos se enfrentan al gran desafío de cómo incrementar los puntos de su red de comercialización tercerizada, aumentar la cobertura de la marca en las regiones que actúan y establecer un modelo exitoso de alta rotación de inventarios que sea aceptado por estos grandes distribuidores con el fin de otorgar nuevas alternativas de inversión a sus negocios.

Para ser más precisos y con el objetivo de establecer la finalidad de la presente tesis, se demostrará que la actual política de gestión de inventarios de una empresa comercializadora de neumáticos, no sería la más adecuada para la dinámica de su negocio.

Para facilitar su comprensión al lector, el presente trabajo está dividido en diferentes capítulos: Comienza con una descripción de la empresa y el mercado en donde esta se desenvuelve. Luego se establece el marco de referencia en donde el estudio sienta sus fundamentos teóricos (en esta parte se pondrá especial atención en dos cuestiones: el modelo EOQ y la incertidumbre en la demanda). A continuación se realiza el análisis de toda la información histórica recolectada para, posteriormente, desarrollar el nuevo modelo a aplicar. Para finalizar se realizarán diferentes simulaciones y análisis de sensibilidad, lo que nos permitirá validar el modelo y por consiguiente llegar a las conclusiones de este trabajo.



Breve descripción de la empresa y el mercado del neumático

La empresa objeto de estudio

El presente estudio se basa en una empresa con 40 años de trayectoria dedicada a la comercialización de neumáticos en la zona centro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C.A.B.A.). Además de vender productos, la empresa también realiza servicios para la correcta instalación de los neumáticos y otros servicios para el mantenimiento preventivo y correctivo que surge del diagnóstico cuando se coloca el producto (estos servicios se denominan frecuentemente como de mecánica ligera).

Desde hace 30 años dicha empresa se encuentra habilitada para la distribución exclusiva de una reconocida marca en el mercado. Esta licencia implica el cumplimiento de ciertos estándares para la provisión de servicios, muchas veces implementados junto a la compañía productora, la cual a su vez provee el conocimiento y recursos necesarios para su implementación.

En cuanto a la composición de esta distribuidora, cuenta con 20 empleados distribuidos en diferentes funciones (ventas, servicios en playa, depósitos y administración).

Las principales decisiones son tomadas por los 4 integrantes de la familia dueña de la empresa.

El mercado de reposición de neumáticos de consumo de la Argentina

Para describir a que nos referimos como “Mercado de reposición de neumáticos de consumo”, tenemos que hablar del producto “Neumático” en sí mismo y luego de los diferentes mercados en los que este producto se intercambia.



Los neumáticos pueden clasificarse como radiales y convencionales y de acuerdo a su aplicación en el vehículo pueden ser para automóvil, camioneta, camión, equipos agrícolas, viales y minería. Como podemos ver es un sector con diversos productos para diferentes fines y por consiguiente con evoluciones diferentes de mercado. Cuando nos referimos a neumáticos de consumo, estamos hablando de los utilizados en automóviles y camionetas.

Ahora bien, estos productos pueden abastecer dos tipos de mercado bien diferenciados:

- Mercado de equipo original (EO)
- Mercado de reposición (RE)

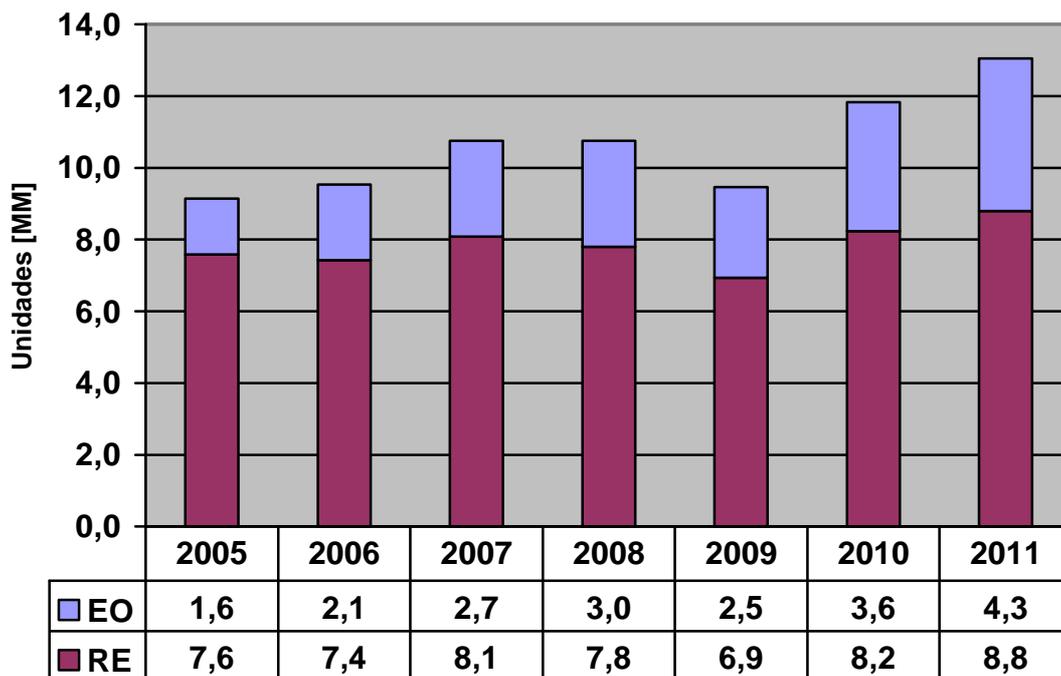


Gráfico 1 – Ventas por tipo de mercado (fuente: LMC Forecast)

La distinción entre cada uno de estos mercados radica en el destino del uso para el producto: como bien intermedio o como consumo final.



El mercado de equipo original está conformado por las productoras y/o ensambladoras de vehículos del país, y su demanda está sustentada por sus niveles de producción.

El mercado de reposición entonces, es aquel donde ocurren todas las transacciones que no pertenecen al primer grupo. A diferencia del primero, la demanda de este mercado se encuentra íntimamente relacionada con el parque automotor circulante y el nivel de ingreso de los consumidores. Tradicionalmente se conoce a los puntos de venta de este mercado como “gomerías”, pero es necesario para el presente trabajo realizar una descripción detallada de la cadena de distribución, representada por el siguiente esquema:

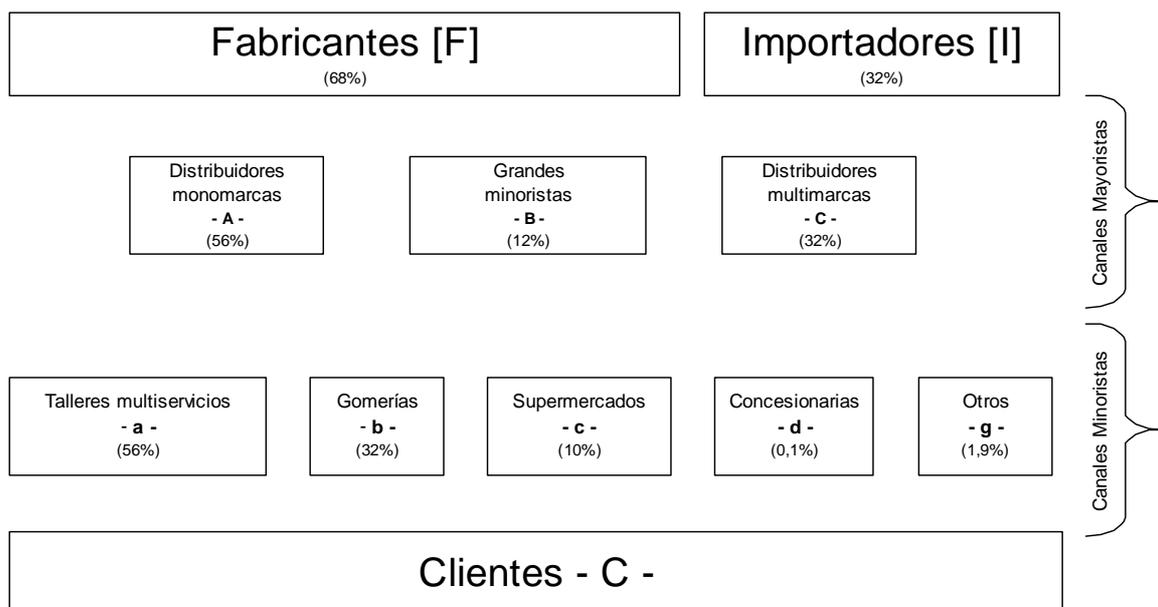


Gráfico 2 – Representación de la cadena de distribución

Entre paréntesis dentro de cada actor del mercado, se encuentra especificada la porción de ventas que se canaliza a través del mismo. Por ejemplo, para el canal minorista, el 10% de las ventas se realiza a través de supermercados.

A continuación, una breve descripción de cada actor dentro de la cadena de distribución:



[F] Fabricantes: son todas aquellas empresas que tienen unidades de producción instaladas en el país. En la actualidad son 3 las compañías con estas características (FATE, Pirelli y Bridgestone/Firestone).

[I] Importadores: filiales, representantes y/o licenciarios de grandes marcas mundiales del sector tales como Goodyear, Michelin, Continental, Hankook, etc.

Canales mayoristas

[A] Distribuidores monomarcas: en este grupo se encuentran aquellas empresas que compran sus productos directamente a los fabricantes y/o grandes importadores, y mantienen su fidelidad a una marca a cambio de mejores condiciones comerciales y asesoramiento para el desarrollo de sus tiendas. En este tipo de comercio se realiza la mayor cantidad transacciones dentro del mercado de reposición.

[B] Grandes minoristas: bajo esta clasificación existen las compañías dedicadas a la venta de diversos rubros a consumidores finales, tales como supermercados, grandes almacenes, etc. Normalmente pueden comprar sus productos a los fabricantes y/o importadores, o bien importar directamente sus “marcas privadas” desde el exterior.

[C] Distribuidores multimarca: son los actores que no mantienen fidelidad a una única marca. Obtienen sus productos o bien de fabricantes e importadores o también de grandes distribuidores monomarcas.

Canales minoristas

[a] Talleres multiservicios: tiendas de venta de neumáticos al público, con una oferta de servicios variada, tales como alineación, balanceo, tren delantero, frenos y trabajos de mecánica menor. A su vez pueden ofrecer otros productos relacionados con el sector automotriz (llantas, audio, accesorios, etc.). Estos



talleres pueden estar identificados con una sola marca (normalmente son bocas de expendio de los distribuidores monomarca) o con varias.

[b] Gomerías: corresponde aquellos puntos de venta que se ocupan de la reparación de neumáticos usados y eventualmente de la venta de productos de ocasión.

[c] Supermercados y grandes almacenes: tiendas dedicadas a la comercialización de productos para consumo final de diversos rubros, que incluyen en su oferta neumáticos y accesorios para el auto. Estos lugares pueden llegar a tener servicio de colocación (Wal Mart) o asociación con talleres multiservicios para la instalación del producto vendido.

[d] Concesionarias: locales de venta de vehículos nuevos y/o usados, que en su sector de servicios pueden ofrecer neumáticos.

[e] Otros: diferentes lugares donde se pueden obtener estos productos como por ejemplo talleres de reparación, estaciones de servicio, etc.



Planteo del problema e hipótesis de investigación

Tomando en cuenta las situaciones planteadas en la introducción, el presente estudio busca responder los siguientes interrogantes:

- ¿Cómo podemos desarrollar un modelo de operaciones que optimice la utilización de inventarios?
- ¿Son adecuados para el funcionamiento de la empresa, los niveles actuales de existencias?
- ¿Cuáles son las variables a tener en cuenta para optimizar los inventarios?

Hipótesis H_0 : La política de inventarios adoptada por la empresa objeto de estudio puede mejorarse mediante el uso del modelo EOQ, y de esta manera reducir el inventario, sin deteriorar el nivel de servicio.



Objetivo general

“El objetivo de la tesis es el estudio y optimización de las operaciones en la distribución y comercialización de neumáticos, obteniendo menores niveles de inventario, y por consiguiente una mejor utilización de los recursos.”

Objetivos específicos

- Desarrollar y aplicar el modelo EOQ basados en las mejores prácticas de la industria al detalle.
- Analizar los cambios estructurales que se deben hacer a la cadena de valor para lograr una estrategia óptima de rotación de inventarios.
- Determinar cuáles son las variables que la empresa debe controlar para obtener mejores inventarios.

Justificación y delimitación de la investigación

Las estrategias adoptadas durante los últimos años por parte de las productoras de neumáticos pusieron como centro la optimización de costos en sus centros de producción, descuidando los restantes eslabones de la cadena de valor, y por lo tanto, trasladando el problema hacia su red de comercialización.

Es por esto que el motivo y la importancia de esta tesis, es la de proveer un espacio de reflexión y análisis de la situación, para posteriormente proveer posibles soluciones a los problemas analizados.

La investigación se centrará en un distribuidor monomarca de C.A.B.A. orientado al mercado de reemplazo.



Marco de referencia

“El objetivo de una cadena de suministro debe ser maximizar el valor total generado. El valor que una cadena de suministro genera es la diferencia entre lo que vale el producto final para el cliente y los costos en que la cadena incurre para cumplir la petición de éste.”²

De acuerdo a lo manifestado por Chopra y Meindl, una parte fundamental de los costos de una cadena de distribución son los inventarios. Es por esto que a continuación analizaremos los diferentes sistemas existentes para el manejo de los mismos.

Sistemas de inventario

En el libro “Administración de producción y operaciones”, los autores Chase, Aquilano y Jacobs, analizan el impacto que los costos de inventario producen en las empresas. En este capítulo se hace referencia a un estudio realizado en diferentes compañías de los Estados Unidos que arroja que el costo promedio de mantenimiento de un inventario oscila entre 30 y 35% de su valor. Esto significa que si una empresa tiene un inventario de 10 MM USD el costo de mantenerlo será entre 3MM a 3.5MM USD de dólares por año, por lo tanto si la firma podría reducir sus inventarios a 5 MM USD, estaría disminuyendo como mínimo 1.5 MM USD por año.

Consecuentemente, el nivel de inventarios juega un importante papel en lo que a costos de operación en una empresa se refiere.

Ahora bien, por definición un inventario se puede definir como las existencias de recursos dentro de una organización, por consiguiente un sistema de inventarios son aquellas prácticas que se refieren a la administración de estos

² CHOPRA, Sunil; MEINDL, Meter: (3ra Edición) Administración de la cadena de suministro. PEARSON, Prentice Hall.



recursos (como son comprados, con que frecuencia, donde y como se almacenan, etc.).

El objetivo de poseer inventario persigue diferentes aspectos, tales como: lograr mayor flexibilidad en las operaciones de una empresa, adaptarse a variaciones en la demanda, garantizar la continuidad de las ventas durante un período de reabastecimiento, conseguir mejores precios debido al tamaño del lote del pedido, etc.

Por supuesto que estos sistemas, acarrearán costos de acuerdo a la dimensión de cada uno de ellos. Estos costos provienen de diferentes naturalezas y pueden resumirse en costos de mantenimiento, costos de faltantes de producto y costos de colocación de órdenes.

A su vez los diferentes sistemas de inventario que pudiesen existir, también dependen de si la demanda es independiente (por ejemplo, la demanda de heladeras en una región) o dependiente (por ejemplo, los equipos de refrigeración para el armado de esas heladeras).

Normalmente, muchos autores clasifican los modelos de inventarios bajo dos tipos:

- Modelos de cantidad fija
- Modelos de período fijo

La diferencia entre ambos modelos radica en que para los primeros el reabastecimiento está impulsado por un evento, mientras que para los segundos está impulsado por el tiempo.

Por supuesto que existen *pros* y *contras* de cada uno de estos modelos que pueden resumirse en el cuadro siguiente:



<i>Diferencias entre cantidad fija de pedido y período de tiempo fijo</i>		
Rasgo	Q Modelo de cantidad fija de pedido	P Modelo de período de tiempo fijo
Cantidad de pedidos	Q - constante (la misma cantidad ordenada cada vez)	q - variable (varía cada vez que se coloca un pedido)
¿Cuándo colocar el pedido?	R - cuando la posición del inventario cae al nivel del nuevo pedido	T - cuando llega el período de revisión
Registro	Cada vez que se realiza un retiro o una adición	Se cuenta solamente durante el período de revisión
Tamaño del inventario	Menor que el modelo de período de tiempo fijo	Mayor que el modelo de cantidad fija de pedido
Tiempo de mantenimiento	Mayor debido al registro perpetuo	
Tipo de artículos	Artículos de mayor precio, críticos o importantes	

Cuadro 1 – Diferencias entre modelos de inventario³

De acuerdo a la naturaleza del producto que vamos a analizar en esta tesis, el modelo a utilizar será el de “cantidad fija”, ya que se poseen sistemas de gestión que controlan la entrada y salida de los productos, se busca obtener niveles de inventario menores y los artículos son de un relativo alto valor y críticos para el negocio.

Modelo EOQ⁴

Dentro de los modelos de inventario de cantidad fija vamos a centrar nuestra atención en el modelo EOQ.

La Cantidad Económica de Pedido (conocida en inglés como *Economic Order Quantity* o por la sigla EOQ), es el modelo fundamental para el control de inventarios. Es un método que, tomando en cuenta la demanda determinística de un producto (es decir, una demanda conocida y constante), el costo de mantener el inventario, y el costo de ordenar un pedido, produce como salida la cantidad óptima de unidades a pedir para minimizar

³ CHASE; AQUILANO; JACOBS; (8va edición) Administración de producción y operaciones; Irwin, Mc Graw Hill.

⁴ Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Cantidad_Económica_de_Pedido



costos por mantenimiento del producto. El principio del EOQ es simple, y se basa en encontrar el punto en el que los costos por ordenar un producto y los costos por mantenerlo en inventario son iguales.

Supuestos

El modelo EOQ parte de los siguientes supuestos básicos:

- La tasa anual de demanda es conocida y constante. En general se trabaja con unidades de tiempo anuales pero el modelo puede aplicarse a otras unidades de tiempo.
- No se permiten faltantes.
- No hay tiempo de demora en la entrega de los pedidos.
- El inventario se reabastece cuando llega a cero.
- La cantidad a pedir es constante.
- Los costos no varían a lo largo del tiempo.

Función de costo total

La fórmula de EOQ para un único producto encuentra el punto mínimo en la función:

Costo total = costo de compra + costo de ordenar + costo de mantener inventario

En donde cada uno de los términos que la componen corresponden a:

Costo de comprar: es el costo variable de los bienes, costo unitario de compra \times demanda anual. Esto es $C \times D$.

Costo de ordenar: Es el costo de poner órdenes de pedido, cada orden tienen un costo fijo K y se pide D/Q veces por año. Corresponde a $K \times D/Q$



Costo de mantener inventario: la cantidad de inventario promedio es $Q/2$, por lo tanto el costo es $h \times Q/2$.

$$TC = CD + \frac{DK}{Q} + h\frac{Q}{2}$$

En donde:

TC = Costo total del inventario, en valor monetario.

Q = Cantidad de pedido, en unidades.

C = Costo unitario de producto, en valor monetario.

K = Costo fijo de realizar un pedido, en valor monetario.

D = Demanda anual del producto, en unidades.

h = Costo unitario anual de mantener inventario, en valor monetario ($h = i \times C$).

i = Costo de manejo de inventario como porcentaje del valor del producto, en porcentaje anual.

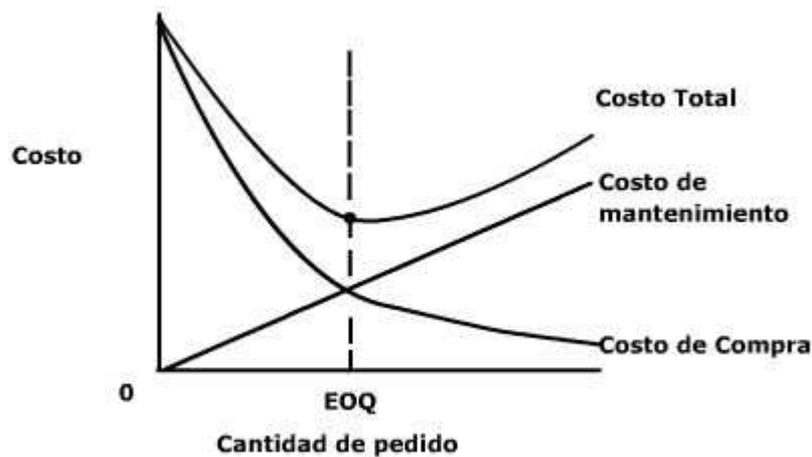


Gráfico 3 – Funciones Costo Total, de Mantener y de Ordenar



Modelo

Para determinar el punto mínimo de la curva de costo total, se fija la derivada parcial respecto a Q igual a cero:

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = \frac{d}{dQ} \left(CD + \frac{DK}{Q} + h\frac{Q}{2} \right) = 0$$

Resolviendo dicha operación se establece la relación:

$$\frac{h}{2} = \frac{DK}{Q^2}$$

A partir de ella, es posible llegar a la ecuación básica que define a la cantidad óptima de cada pedido Q.

El modelo EOQ está dado por la relación:

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

En donde Q* representa la cantidad óptima de pedido, en unidades.

Tiempo de ciclo de pedido

Las características de la demanda para el modelo, permiten deducir el tiempo en el cual se presenta un ciclo de pedidos, el cual corresponde a aquel que transcurre desde el aprovisionamiento de inventario con una cantidad de pedido Q hasta que esta se agota completamente y es necesario volver a reaprovisionarlo en la misma cantidad. Esta variable está dada por la relación:

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

En donde T representa el tiempo de ciclo de pedido, en fracción de año.

El inverso de esta relación también permite obtener la frecuencia anual de pedidos de la siguiente manera:

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

En donde F representa la frecuencia anual de pedidos, en número de pedidos por año.



Como este modelo supone una demanda y período de reabastecimiento constante, el punto para colocar un nuevo pedido será:

$$R = \bar{d} \cdot L$$

Donde:

d = demanda diaria

L = plazo en días

Incertidumbre en la demanda

Ahora bien, este modelo supone una demanda constante y conocida que difícilmente se cumple en la realidad. Se sabe que la demanda no es constante y varía de un período a otro, por lo tanto se debe establecer un inventario (muchas veces llamado como “de seguridad”) para tener una reserva ante variaciones inesperadas de la demanda. Este inventario se puede definir como las existencias adicionales a la demanda prevista.

Si suponemos que la demanda durante un período de tiempo se distribuye “normalmente” con una media “d” y una desviación estándar σ_d , y estableciendo un nivel de servicio dado (CSL), podemos estandarizar la demanda y recalcular el punto de reorden de la siguiente manera:

$$R = \bar{d} \cdot L + z \cdot \sigma_L$$

Donde:

z = número de desviaciones típicas para un nivel de servicio específico

σ_L = desviación estándar de la demanda durante el plazo



Dado que la demanda diaria es independiente, y que la desviación estándar de una suma de variables independientes es igual a la raíz cuadrada de la suma de las varianzas, podemos obtener:

$$\sigma_L = \sqrt{L} \cdot \sigma_d$$

Como conclusión, la principal diferencia entre el modelo EOQ con demanda conocida y el modelo con demanda incierta, radica en la adición de un inventario de seguridad en el cálculo de su punto de reorden.



Diseño y desarrollo de la investigación

Para la presente tesis se realizará una investigación no experimental centrada en el estudio de casos, y con diseños transversales y longitudinales.

La misma puede ser representada por el siguiente gráfico:

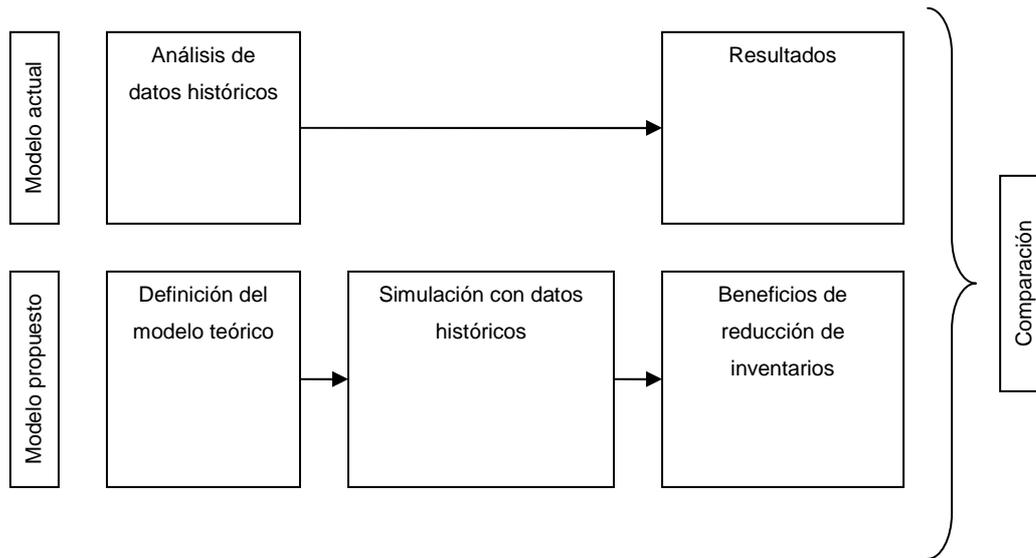


Gráfico 4 – Diseño de la investigación

Tipo de investigación (explicación y fundamentación)

El tipo de investigación será del tipo descriptivo, ya que se intentará analizar los resultados de la política actual de inventarios del distribuidor objeto de estudio, para después dar lugar al análisis de un nuevo modelo de gestión, el cuál se retroalimentará con la información histórica produciendo resultados, para finalmente comparar ambos modelos de gestión.



Metodología utilizada

Se tomará como base de estudio todas las transacciones referentes a compras, ventas e inventarios, del distribuidor durante el año 2008.

Es necesario centrar el estudio en este año, ya que en los años subsiguientes la industria se vio seriamente afectada por la implementación de las licencias no automáticas (LNA) para la importación de estos productos, produciendo graves distorsiones en el funcionamiento del mercado y deteriorando el nivel de servicio de todos los eslabones de la cadena de distribución.

Premisas para el presente estudio

Se ha mencionado más arriba, que el modelo a utilizar será el de EOQ. Los supuestos de este modelo ya se han especificado, pero vamos a hacer una salvedad en las siguientes premisas:

- La tasa anual de demanda es conocida y constante: en este caso utilizaremos proyecciones de la demanda basadas en la media histórica.
- No se permiten faltantes: mediante un determinado nivel de servicio, se permitirá hasta un cierto número de faltantes.
- No hay tiempo de demora en la entrega de los pedidos: si bien el tiempo de entrega es una media, hay casos donde los pedidos no llegan a tiempo o no logran completarse en su totalidad, para salvaguardar este punto, se sabe que cualquier diferencia en la entrega puede salvaguardarse mediante la compra del producto en el mercado de reventa (quizás a un precio mayor, sacrificando rentabilidad en algunos casos).
- Los costos no varían a lo largo del tiempo: sabemos que en las condiciones actuales del mercado este supuesto es difícil de cumplir, pero a la vez se consideran que todos los costos evolucionan a tasas similares por lo que no habría diferencias relativas entre los costos de mantener, costos de ordenar, etc.



Población y muestra

La población objeto de la investigación estará constituida por las transacciones de compra, venta e inventarios de neumáticos del año 2008 de la compañía en estudio.

Para simplificar la lectura, se mostrarán los resultados para los 5 principales productos,

Fuentes de información y procesamiento de la información

Fuentes internas de la compañía.

Datos de la cámara del neumático.

Información de operaciones de la red de distribución.

Procesamiento de datos mediante base de datos SQL.



Análisis de la información recolectada

Clasificación de productos

Haciendo un análisis de los datos históricos, y reagrupándolos de acuerdo al análisis Pareto, obtenemos que un 25% de los productos representan el 80% de las ventas (medidas en unidades). Esta distinción es útil realizarla ya que como se verá mas adelante, vamos a medir si las existencias siguen la misma relación que las ventas.

A continuación se detalla el cálculo para todos los ítems que se comercializan en la empresa:

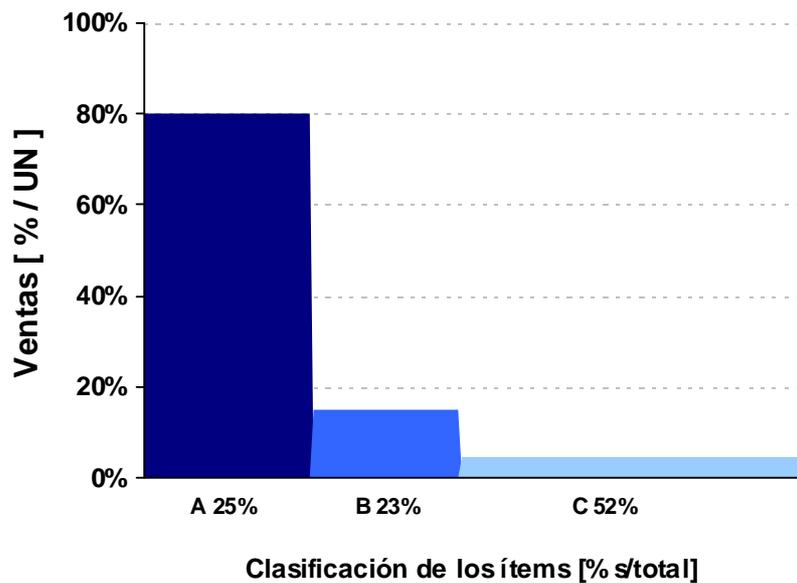


Gráfico 5 – Pareto de ventas unitarias

Si hacemos un análisis estadístico descriptivo de cada clasificación podemos ver que, como era de esperar, el coeficiente de variación de los ítems A es menor que el de los ítems B y éste menor que el de los ítems C:



Clasificación	Total	Demanda diaria	Desviación estándar	Coefficiente de variación
A	28790	95,33	69,33	73%
B	5367	17,77	16,63	94%
C	1810	5,99	6,60	110%

**Cuadro 2 – Demanda, desviación estándar y coeficiente de variación
(5 principales productos)**

Esto permite establecer a priori que la variabilidad en la demanda de los ítems A es menor que en la de los restantes y por lo tanto sus stocks de seguridad comparados con la media, serán proporcionalmente menores con respecto a las demás clasificaciones.

Estacionalidad

Normalmente el mercado del neumático experimenta variaciones en la demanda en los días previos al período vacacional de verano e invierno, y cualquier otro período en donde la gente utilice su vehículo para el transporte familiar.

Tomando los datos de ventas provistos por la compañía y clasificándolos por mes, podemos diferenciar dos períodos: enero-mayo y junio-diciembre.

A continuación veremos la representación gráfica de las ventas donde se puede observar la diferencia entre estas dos estaciones:

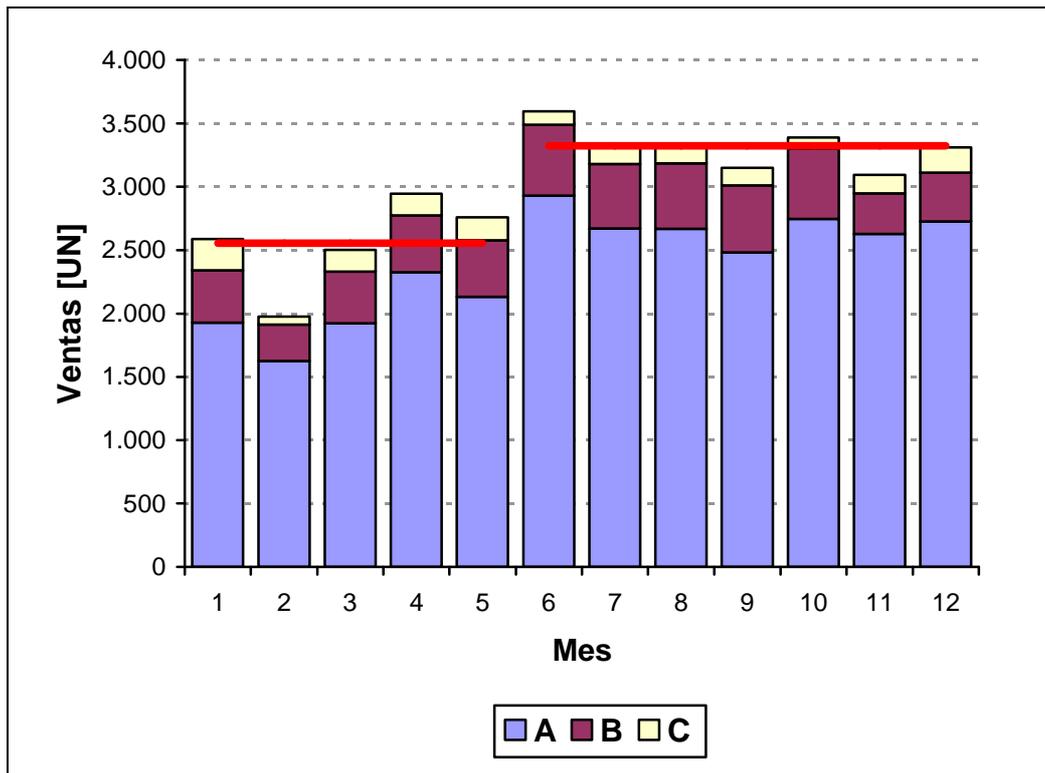


Gráfico 6 – Estacionalidad de la demanda (fuente: datos históricos)

Es importante esta distinción, ya que como se verá mas adelante, la estacionalidad de la demanda permite determinar políticas diferentes de inventario.



Nivel de inventarios

En el apartado “Clasificación de productos”, hemos visto que los ítems podrían clasificarse de acuerdo al principio de Pareto. Bajo esa misma clasificación, ahora vamos a analizar las inversiones en inventarios en cada uno de los grupos.

Sobre un inventario promedio total de aproximadamente ARS 1.4MM, vemos que se destina el 54,7% de ese dinero para los ítems que ocuparían el 80% de las ventas, y por el contrario, para los productos que representan el 15% de las ventas (tipo B), se destina el 26,9% del valor y para el 5% restante corresponde el 18,4% de ese monto.

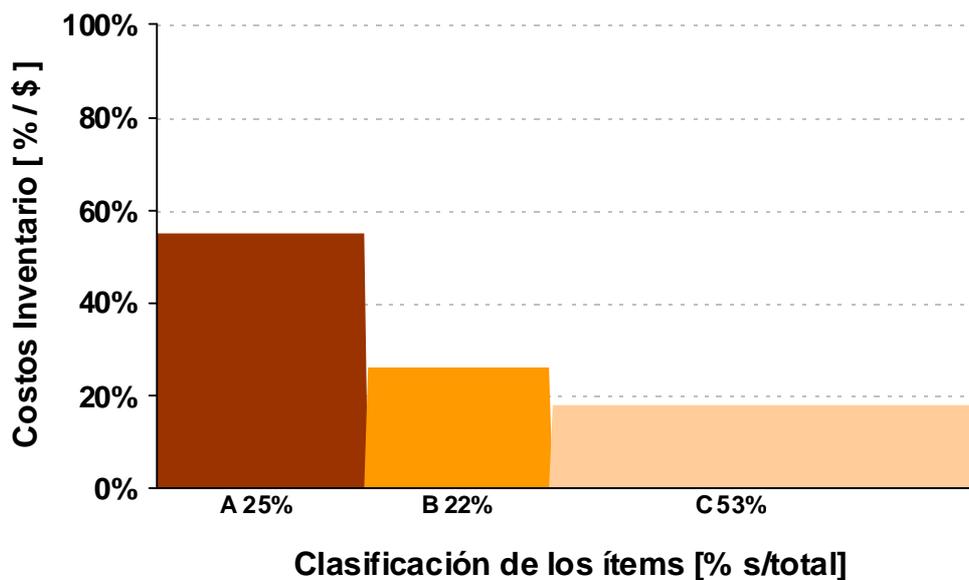


Gráfico 7 – Valorización del inventario (fuente: datos históricos)

Observando estos resultados, podríamos decir a priori que no existe una política de inventarios alineada con el desarrollo de las ventas.

Nivel de servicio



Consultando al titular de la empresa, acerca de la existencia de políticas de niveles de servicio, se manifiesta una intención de atender el 100% de las solicitudes, pero no se encuentra explicitado en ningún documento o sistema cuáles deben ser los niveles de los inventarios de seguridad, ni tampoco información histórica respecto del desempeño real de su nivel de servicio.

Por lo tanto, y con el fin de poder inferir cual es el nivel de servicio real de la empresa, podemos hacer las siguientes suposiciones:

De acuerdo a lo desarrollado en el marco teórico, sabemos que el inventario promedio es $Q^*/2$. También vimos que cuando existe incertidumbre en la demanda, una manera de poder minimizar la pérdida de ventas durante el período de reaprovisionamiento es la adición de un inventario de seguridad. Por lo tanto podemos decir que el inventario promedio total es:

$$Stock_{prom} = \frac{Q^*}{2} + SS$$

Dónde:

Q^* : es la cantidad económica del pedido.

SS : es el stock de seguridad (estadístico z multiplicado por el desvío estándar de la demanda durante el tiempo de reabastecimiento).

Si bien el presente trabajo intenta buscar el valor de Q^* para cada artículo, podemos suponer para este cálculo específico que el valor de esta variable en la operación de la empresa es el promedio de los pedidos hechos durante 2008, dato que tenemos disponible gracias a la recolección de datos.

A su vez, el stock promedio es un dato conocido, por lo que despejando la fórmula anterior, podemos suponer el inventario de seguridad con el que se venía trabajando en la siguiente función:



$$SS = \begin{cases} 0 & \text{para } Stock_{prom} \leq \frac{Q^*}{2} \\ Stock_{prom} - \frac{Q^*}{2} & \text{para } Stock_{prom} > \frac{Q^*}{2} \end{cases}$$

Una vez obtenido el stock de seguridad para cada producto se puede obtener el nivel de servicio despejando de la siguiente ecuación:

$$SS = z \cdot \sigma_L$$

$$z = \frac{SS}{\sigma_L}$$

Mediante el uso de la distribución normal estándar, es decir para $\mu=0$ y $\sigma=1$, la probabilidad de que una variable aleatoria tome el valor de z viene dada por la siguiente ecuación (que a su vez define el nivel de servicio):

$$CSL = F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-t^2/2} \cdot dt$$

Dónde:

CSL: Nivel de servicio

Mediante todas estas relaciones podemos obtener un nivel de servicio hipotético de la empresa bajo estudio, para sus operaciones del año 2008, tanto de la baja temporada como de la alta temporada.

Veamos un ejemplo de un ítem para la baja temporada: tomemos el producto 051111, cuyo inventario promedio es 325,15 unidades, sus pedidos promedios fueron de 80,4 unidades, el desvío estándar de la demanda 4,23 y según datos



de los titulares de la empresa el tiempo de reaprovisionamiento es de 15 días en promedio.

Con estos datos obtenemos que el inventario de seguridad es:

$$SS = 325,15 - \frac{80,4}{2} = 284,95$$

Y el valor del estadístico z resulta igual a:

$$z = \frac{284,95}{4,23 \cdot \sqrt{15}} = 17,3933$$

Mediante tablas de la distribución normal (o mediante la función NORMSDIST del software Excel), obtenemos que si el valor de una variable aleatoria que sigue una distribución normal estándar es menor o igual a 17,3933 entonces su probabilidad acumulada tiende al 100%, por lo tanto el nivel de servicio implícito en el artículo analizado no permitiría faltantes.

Haciendo este mismo análisis para todos los productos comercializados, y ordenando y clasificando los resultados de acuerdo a su distribución de frecuencias, obtenemos el siguiente gráfico:

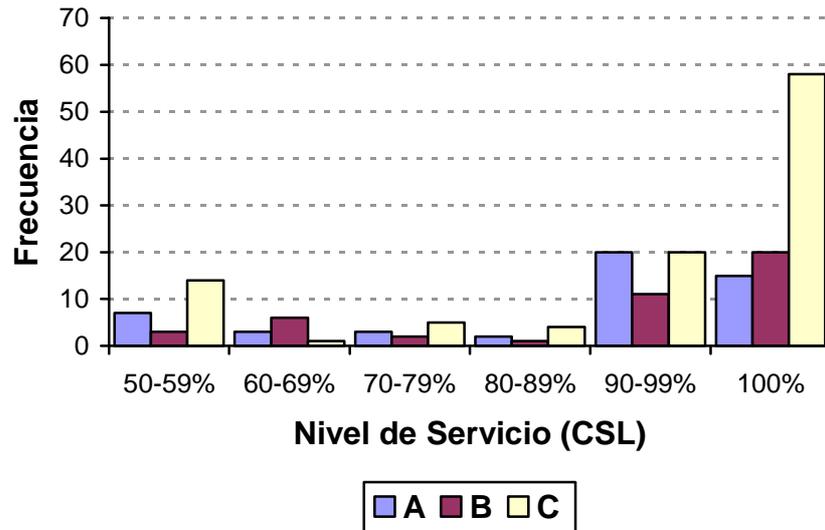


Gráfico 8 – Nivel de servicio hipotético en baja temporada (fuente: datos históricos)

Lo que este gráfico representa es la cantidad de ítems (dentro de cada clasificación) que se encuentran bajo un mismo rango de nivel de servicio. Por ejemplo, en la empresa existen aproximadamente 60 artículos tipo “C” que debido a sus niveles de inventarios podemos inferir que para estos productos su nivel de servicio será cercano al 100%

Por lo tanto, todos los productos que se encuentran con un nivel de servicio menor al operativo (Ej. 98%), son oportunidades de ventas que se pierden, y por el contrario los artículos que tienen un nivel de servicio superior al 98% podrían considerarse como inversiones de capital sin sentido aparente.

En los capítulos siguientes se buscará un modelo que permita distribuir de una manera más adecuada las inversiones en inventario, con el fin de minimizar el capital inmovilizado y maximizar el retorno para la distribuidora.



Desarrollo y aplicación del nuevo modelo propuesto

De acuerdo a lo desarrollado en la sección “Estacionalidad”, vimos que la demanda anual puede dividirse en dos períodos: baja temporada y alta temporada. Esto nos obliga a hacer un análisis diferenciado en ambas temporadas.

A continuación, se procederá a modelar la nueva metodología incluyendo a los dos períodos en cada cálculo.

Cálculo de la demanda diaria y el desvío estándar

La demanda diaria de cada artículo viene dada por las ventas de cada día divididas por la cantidad de días trabajados en el comercio.

La cantidad de días trabajados en todo el año fue de 302 días (123 en baja temporada y 179 en alta temporada).

A continuación se muestra una tabla con los cálculos realizados para los 5 principales productos (tomando como base la venta anual):

Código	Medida	Baja Temporada		Alta Temporada	
		Demanda	Desvío	Demanda	Desvío
100110	7.50-16 C10	6,74	12,79	11,31	28,11
050682	175/70 R13 82T	6,78	10,06	7,51	11,44
050670	185/65 R14 86T	3,38	6,09	4,96	8,47
050676	165/70 R13 79T	4,32	5,96	4,27	12,3
051111	185/60 R14 82H	3,30	4,23	4,72	14,77

Cuadro 3 – Demanda diaria y desvío estándar (5 principales productos)

El cuadro 3 resultará práctico para el cálculo de Q^* y para el inventario de seguridad.



Cálculo de la cantidad óptima a pedir [Q*]

Como hemos visto en el “marco de referencia”, el modelo EOQ busca encontrar el punto donde los costos de pedir y los de almacenar sumados, hallan su mínima expresión.

Para este cálculo debemos comenzar con la obtención de la demanda anual de cada artículo, para ello vamos a tomar la demanda total de la temporada, y la dividiremos por su coeficiente estacional. Ahora bien este coeficiente estacional se define como:

$$\text{Coeficiente} = \frac{\text{Ventas}_{\text{temporada}}}{\text{Ventas}_{\text{anuales}}}$$

Para el caso de la baja temporada este valor es 0,36 y para la alta temporada es 0,64.

A continuación se muestran los resultados para los 5 productos principales:

Código	Medida	Baja Temporada		Alta Temporada	
		Demanda	Anual	Demanda	Anual
100110	7.50-16 C10	6,74	2302	11,31	3162
050682	175/70 R13 82T	6,78	2316	7,51	2100
050670	185/65 R14 86T	3,38	1155	4,96	1387
050676	165/70 R13 79T	4,32	1475	4,27	1195
051111	185/60 R14 82H	3,30	1127	4,72	1320

Cuadro 4 – Demandas anualizadas de acuerdo a la temporada (5 principales productos)

Una vez obtenida la demanda anual, solo queda estimar los restantes parámetros para el cálculo del lote óptimo a pedir.

Costo de ordenar [K]: Este costo incluye la mano de obra para preparar el pedido, papelería, llamadas y gastos postales si los hubiere. También pueden incluirse los gastos de recepción. Para nuestro caso el valor estimado es de \$ 45 (compuestos de \$ 25 por parte del costo horario de un administrativo para



colocar la orden, costos de conexión a Internet, costos de registrar el pedido, etc. y \$ 20 correspondientes al personal que recibe la mercadería).

Costo de almacenar [h]: Este valor puede expresarse como porcentaje sobre el costo de inventario ($i \times C$). Para el caso del costo de inventario [C], si bien éste varía a lo largo del año de acuerdo a las políticas de ventas, se ha tomado un valor promedio para simplificar el cálculo.

Ahora bien, para el caso del factor [i] tenemos que tener en cuenta los diferentes costos a los que una compañía se enfrenta al momento de tomar la decisión de poseer inventarios, estos son muy variados y pueden enumerarse y calcularse como⁵:

Categoría	Costos como % del valor de inventario	Rangos aproximados
Costos de almacén	7%	(3 - 10%)
Costos de manipulación de material	3%	(1 - 3.5%)
Costo laboral por manipulación extra	3%	(3 - 5%)
Costos de inventario	13%	(6 - 24%)
Robo, daño, y obsolescencia	4%	(2 - 5%)
Costos de mantenimiento	30%	(15% - 47,5%)

Cuadro 5 – Costos de almacenamiento

Como podemos ver, este factor puede ubicarse en el rango 15-47,5%. De acuerdo a la información recolectada para nuestro análisis utilizaremos un factor de $i = 30\%$

Con todos estos valores, ahora es posible aplicar la fórmula del lote económico a pedir, definido en el marco de referencia.

A continuación, los resultados de este cálculo para los 5 principales productos:

⁵ GUSTAVO VULCANO; Apuntes de cátedra “Dirección de operaciones”; Universidad Di Tella.



Código	Medida	Baja Temporada		Alta Temporada	
		Costo	Q*	Costo	Q*
100110	7.50-16 C10	367	43	367	50
050682	175/70 R13 82T	147	68	147	65
050670	185/65 R14 86T	174	44	174	48
050676	165/70 R13 79T	144	55	144	49
051111	185/60 R14 82H	214	39	214	43

Cuadro 6 – Cálculo de la cantidad económica de pedido (5 principales productos)

Cálculo del punto de reorden y el inventario de seguridad

Como se ha visto en el marco teórico, para determinar el punto de reorden cuando la demanda no es constante debe adicionarse un stock de seguridad bajo un nivel de servicio determinado (CSL). De acuerdo a lo conversado con el titular de la firma el nivel de servicio establecido de ahora en adelante será del 98%.

Con este dato, y tomando como 15 días para el reabastecimiento (de acuerdo a cálculos históricos de la compañía), obtenemos los siguientes resultados:

Código	Medida	Baja Temporada		Alta Temporada	
		SS	ROP	SS	ROP
100110	7.50-16 C10	100	201	221	390
050682	175/70 R13 82T	79	180	90	202
050670	185/65 R14 86T	48	98	66	140
050676	165/70 R13 79T	46	110	96	160
051111	185/60 R14 82H	33	82	116	186

Cuadro 7 – Cálculo stock de seguridad y punto de reorden (5 principales productos)

En el capítulo “Presentación y discusión de los resultados”, haremos una comparación de estos valores calculados versus los valores históricos.

Inventario promedio

Con todos los cálculos obtenidos en los apartados anteriores, ahora estamos en condiciones de calcular el inventario promedio de cada uno de los artículos mediante la siguiente fórmula:



$$Stock_{prom} = \frac{Q^*}{2} + SS$$

A continuación se muestra un cuadro con los resultados de los principales 5 productos:

Código	Medida	Baja Temporada		Alta Temporada	
		Inventario promedio	Inventario anterior	Inventario promedio	Inventario anterior
100110	7.50-16 C10	121	98	246	98
050682	175/70 R13 82T	113	97	122	97
050670	185/65 R14 86T	70	86	90	86
050676	165/70 R13 79T	73	112	120	112
051111	185/60 R14 82H	52	325	137	325

Cuadro 8 – Inventarios promedio obtenidos (5 principales productos)



Presentación y discusión de resultados

Simulación

Ahora que el modelo se encuentra definido, vamos a proceder a una simulación con los datos históricos. Para simplificar la lectura, analizaremos el mismo producto estudiado en la parte “Análisis de la información recolectada”, el 051111.

De acuerdo a datos de la compañía este producto poseía un stock inicial de 292 unidades. Los cálculos realizados para el nuevo modelo arrojan que este artículo tiene un Q^* igual a 39 unidades y un punto de reorden (R) equivalente a 82 unidades para la baja temporada y 43 y 86 unidades respectivamente para la temporada alta.

Una cuestión importante a considerar para la simulación es que el modelo EOQ con demanda incierta, establece que al momento de comparar el nivel de existencias con el punto de reorden, debe hacerse frente al inventario físico más las órdenes pendientes por entregar por parte del proveedor. Esto es importante ya que al estar los niveles de inventario por debajo de R se generarían pedidos todos los días antes que llegue el primer pedido hecho.

En la página siguiente se mostrará una gráfica con la evolución del inventario físico (en línea continua), y la suma del inventario más las cantidades ordenadas pendientes por cumplir (en línea punteada).

Este mismo análisis podría repetirse para cada uno de los productos comercializados, obteniendo para cada uno los potenciales quiebres de inventario si los hubiere.

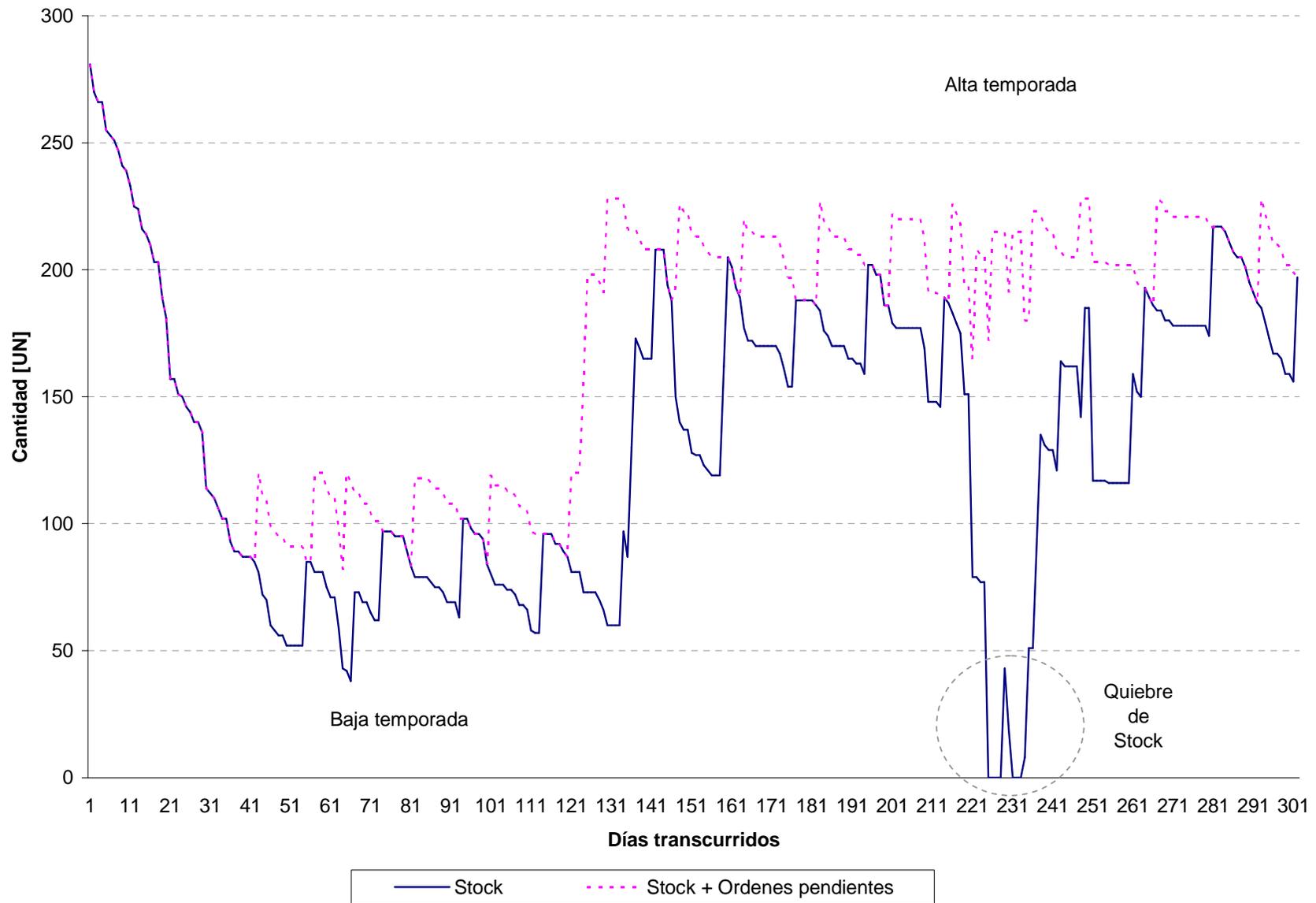


Gráfico 9 – Simulación de evolución de inventarios a lo largo de un año (Código 051111 – 185/60R14)



Nivel de inventarios

Ahora bien, tomando la simulación realizada y comparándola con la política de inventarios adoptada por la empresa en ese momento, podemos ver que este nuevo modelo aportaría una reducción significativa de dinero inmovilizado.

Esta reducción puede dimensionarse por cada clasificación de producto de la siguiente manera:

	A	B	C
Stock [UN]	3279	1156	588
Nuevo modelo [UN]	2476	744	361
Ahorro [\$]	166.037	130.197	97.774
Ahorro unitario [\$/UN]	67	175	271

Cuadro 9 – Reducción inventario promedio por tipo de producto

Este ahorro representa 28.6% sobre la política de inventarios actual adoptada por la empresa, sin tener en cuenta la mejora en el nivel de servicio que se tendrá en algunos productos que se encontraban por debajo del 98%.

A continuación, el gráfico 10 es una representación de los inventarios del nuevo modelo (en línea azul), versus la política de inventarios vigente (en línea naranja). En el mismo se pueden observar de manera gráfica las reducciones en inventario cuantificadas en el cuadro 9.

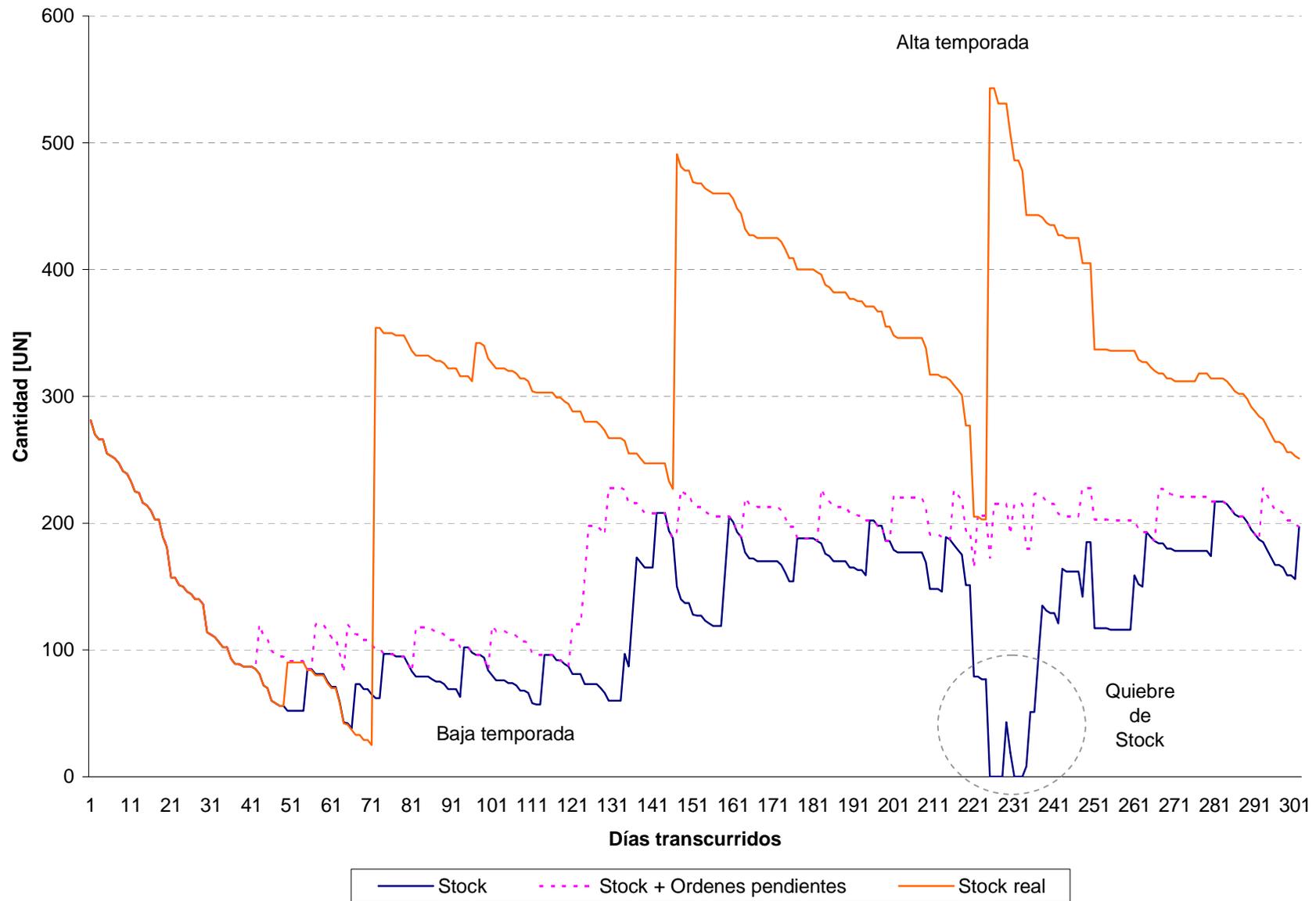


Gráfico 10 – Comparación entre el modelo actual y el propuesto



Si ahora representamos nuevamente las inversiones en inventario por tipo de producto (como lo realizado en el Gráfico 7), vemos que los niveles de inventario basados en su base porcentual del total de inversiones han crecido 7,1 ppt⁶ para los ítems A y decrecido 2,9 y 4,2 ppt para los ítems B y C respectivamente.

Se puede observar que a pesar de establecer un nuevo modelo, las inversiones en los ítems A no alcanzaron el 80% (que representaría su nivel de ventas sobre el total), esto se debe a dos factores: el precio unitario promedio de los ítems y al coeficiente de variación visto de cada una de las clasificaciones.

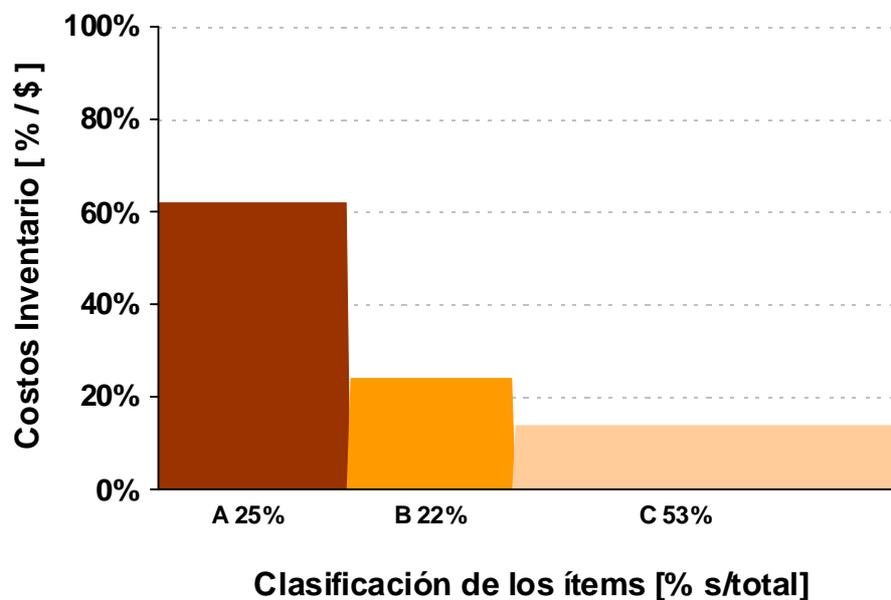


Gráfico 11 – Inversiones en inventario del nuevo modelo

Nivel de servicio

Analizando el nivel de servicio para el producto bajo estudio, puede observarse en el Gráfico 9 y 10 que en los días 225, 227, 231, y 233 se produciría un quiebre de stock, y se perdería ventas por 105 unidades.

⁶ ppt, significa puntos porcentuales y surgen de la diferencia entre dos valores expresados como porcentaje.



La cantidad de días sin inventario para este caso sería de 6 días, lo que equivale a un 2% del total de las jornadas trabajadas durante todo el año.

De acuerdo a datos de la empresa el margen bruto resignado por no vender estas 105 unidades, sería aproximadamente igual a \$ 4.500 lo que equivale a 21 unidades de inventario. Si tomamos la disminución en inventario bajo este nuevo modelo, vemos que la cantidad reducida de las existencias fue de 223 unidades, por lo que a pesar de haber perdido ventas bajo este nuevo modelo, ese margen no percibido, es muy inferior a las inversiones adicionales de inventario que deberían hacerse.

Análisis de sensibilidad

Una de las ventajas del modelo propuesto es que permite a la empresa redefinir su política de inventarios ante variaciones de alguna de las variables que el modelo explica.

La variable más importante a analizar será la del nivel de servicio que estudiaremos a continuación. Luego restará verificar el comportamiento de los restantes parámetros lo que nos permitirá tener una mayor sensibilidad del modelo ante diferentes escenarios.

De acuerdo a las inversiones actuales, en lo que a inventarios respecta, por parte de la empresa (cerca de \$ 1.4MM) podemos también decir que si por cuestiones propias al negocio, el titular define que igualmente prefiere mantener esos valores, podemos utilizar el modelo para redireccionar las inversiones y obtener niveles de servicio del orden del 99,99%⁷, como se puede observar en el Gráfico 12. Adicionalmente esta representación muestra los costos estimados en inventarios para diferentes políticas que podría adoptar la empresa.

⁷ El 100% sería no alcanzable, ya que se necesitarían existencias infinitas.

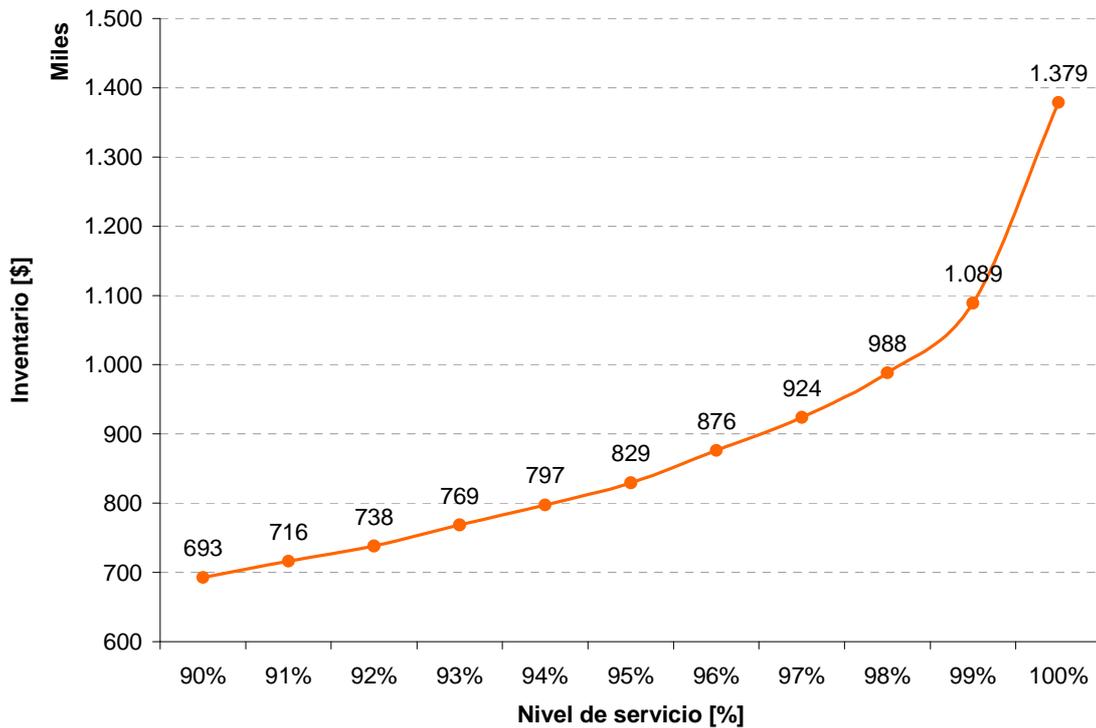


Gráfico 12 – Inversiones en inventarios para diferentes niveles de servicio

Observando la curva que representa las diferentes inversiones para diferentes niveles de servicio, podemos calcular las inversiones adicionales para subir 1 punto el nivel de servicio, obteniendo el siguiente cuadro:

De	Inversión
90 a 91%	\$ 23.532
91 a 92%	\$ 21.845
92 a 93%	\$ 30.372
93 a 94%	\$ 28.663
94 a 95%	\$ 31.915
95 a 96%	\$ 46.992
96 a 97%	\$ 47.705
97 a 98%	\$ 64.515
98 a 99%	\$ 100.344
99 a 100%	\$ 289.790

Cuadro 10

En el cuadro podemos ver que, a partir de un nivel de servicio del 95% las inversiones necesarias para incrementar un punto porcentual, van creciendo considerablemente, por lo que a priori parecería indicar que un CSL del 95% sería una política aceptable para la empresa.



Ahora bien, si observamos el comportamiento de las diferentes variables en el modelo podemos obtener las curvas de sensibilidad ante las variaciones de cada una, manteniendo las demás fijas (es decir, con los parámetros utilizados en el capítulo “Desarrollo y aplicación del nuevo modelo”).

La primera variable a analizar será la del costo de almacenamiento.

Ya en el desarrollo del modelo, vimos que el valor a utilizar de acuerdo a datos históricos fue del 30%. Pero, ¿cómo se comportaría el modelo ante variaciones de este parámetro? El gráfico 13 representa este comportamiento para diferentes niveles de servicio (98%, 95% y 90%). Podemos ver que a medida que el valor “i” aumenta, los niveles de inventario disminuyen pero a costa de unos mayores gastos en el ordenamiento de nuevos pedidos, ya que el punto de reorden baja y la frecuencia de pedidos aumenta. En resumen, a medida que aumentan los costos de mantenimiento de inventarios, las inversiones en existencias disminuyen y los gastos de operación aumentan.

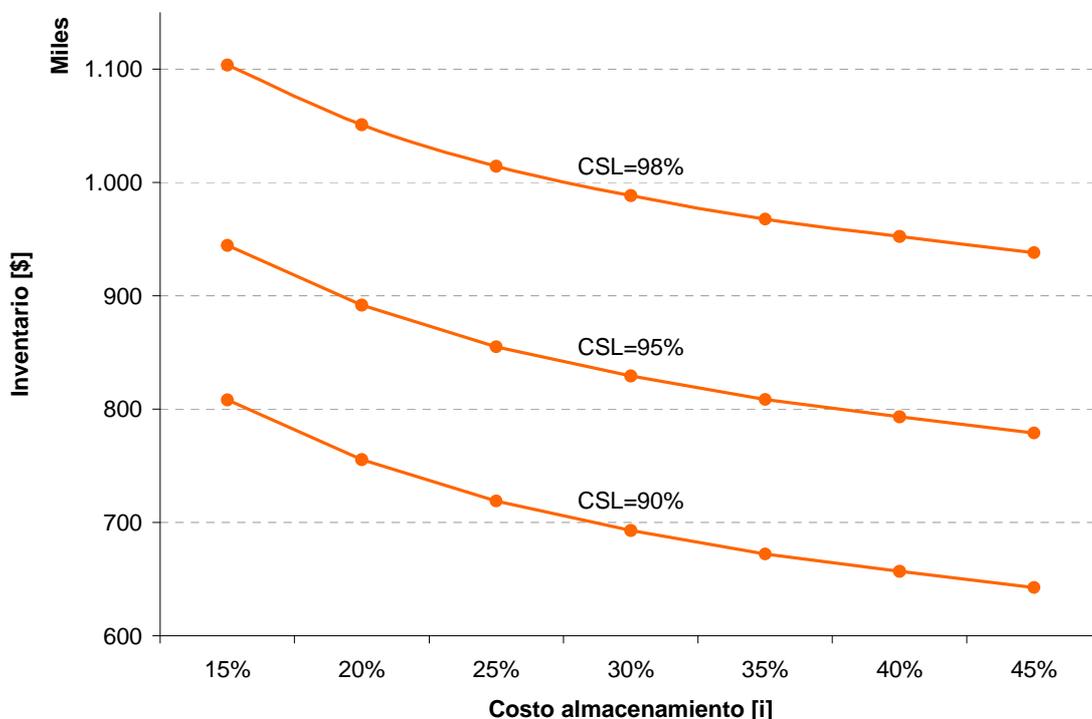


Gráfico 13 – Variaciones en los niveles de inventario ante cambios en los costos de almacenamiento



Como segunda variable a analizar vamos a ver el comportamiento del modelo ante variaciones en la demanda representada por el gráfico 14. Como era de esperar ante aumentos en el nivel de ventas, se produce un incremento en los niveles de inventario para mantener los niveles de servicio. Esto viene dado por dos motivos: el incremento en la demanda anual lo que trae aparejado un Q^* mayor y por lo tanto un aumento del stock promedio, y por otro lado el crecimiento del desvío estándar lo que produce inventarios de seguridad más altos.

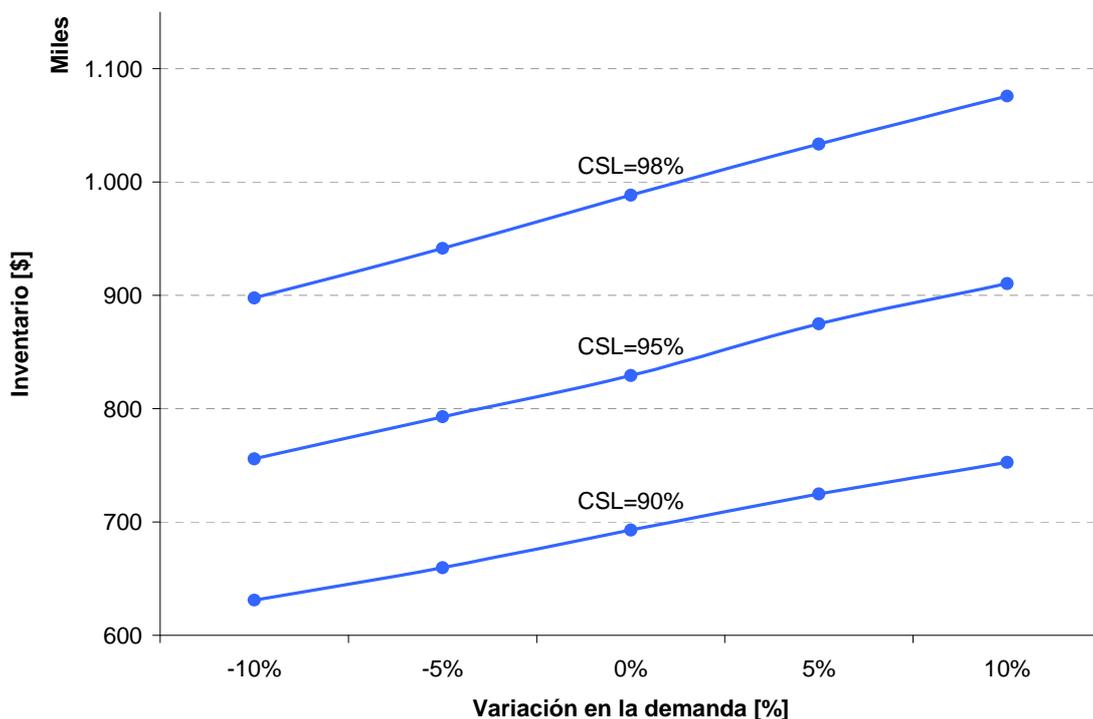


Gráfico 14 – Variaciones en los niveles de inventario ante cambios en la demanda

La tercera variable bajo estudio es “K” o el costo de ordenar. En el gráfico 15 vemos que ante aumentos en el costo, los niveles de inventario aumentan motivado principalmente por una menor frecuencia de pedidos de reaprovisionamiento durante el año, lo que da lugar a que la empresa deba destinar más fondos para atender la demanda entre cada pedido.

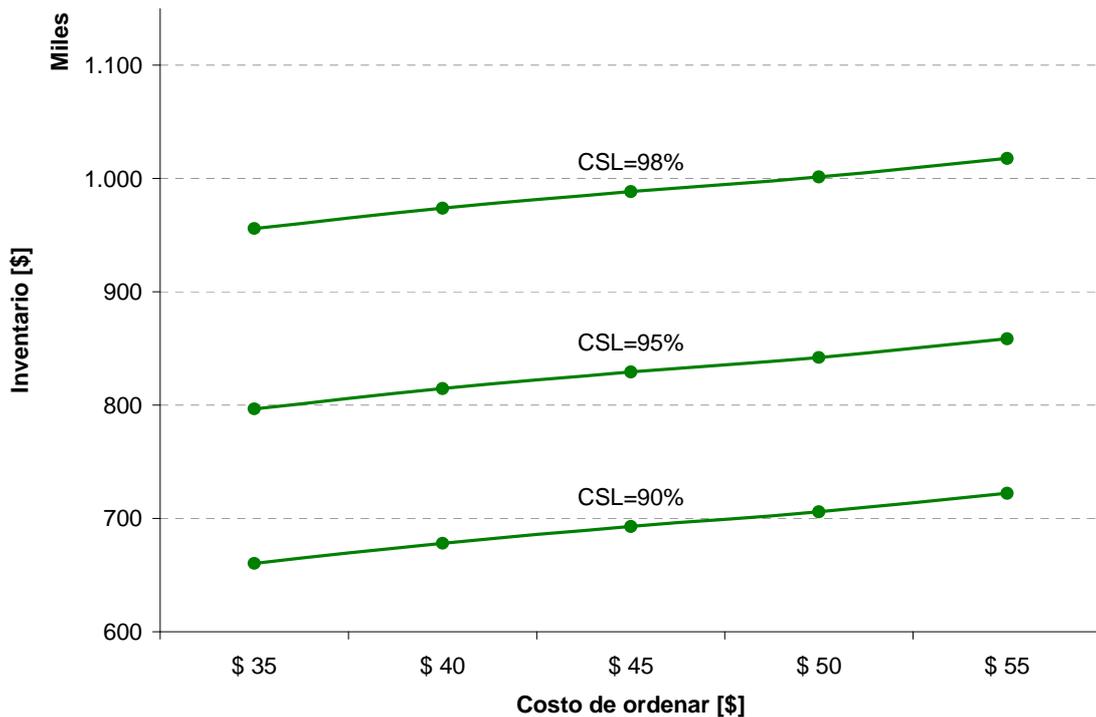


Gráfico 15 – Variaciones en los niveles de inventario ante cambios en el costo de ordenar

Por último resta analizar el tiempo de reaprovisionamiento. Si bien no es una variable intrínseca a la empresa, es un factor importante a la hora de determinar las alianzas con los proveedores. Como era de esperar, el comportamiento del modelo ante variaciones de este parámetro arroja que ante disminuciones de esta variable, las inversiones necesarias en inventario decrecen. Esto se debe principalmente a menores valores en los puntos de reorden, ya que la demanda total durante el tiempo de reaprovisionamiento disminuye, y también no hay que olvidar que el desvío estándar durante ese período disminuye ocasionando una reducción en los niveles de inventario de seguridad.

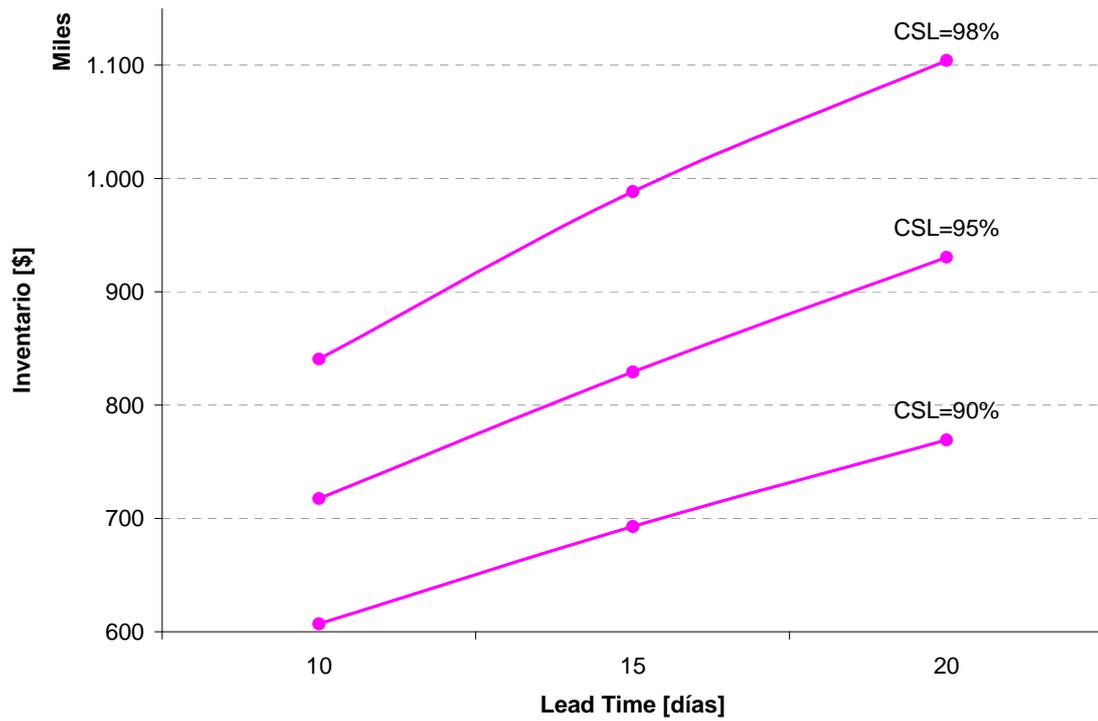


Gráfico 16 – Variaciones en los niveles de inventario ante cambios en el tiempo de reaprovisionamiento



Conclusiones

Como hemos visto durante el estudio de los datos históricos, en primer lugar la empresa no tiene un análisis premeditado de la importancia de cada producto que comercializa, es por eso que en el presente trabajo se sugiere hacer una clasificación tipo Pareto.

En segundo lugar se pueden distinguir 2 temporadas a lo largo del año, una que abarca desde Enero hasta Mayo y la otra desde Junio hasta Diciembre. Es importante esta distinción, ya que se pueden obtener diferentes estrategias de inventario para cada una de las estaciones con el fin de optimizar las inversiones.

En tercer lugar el nivel de inventarios se encuentra sin concordancia con respecto a la importancia que cada producto representa para las ventas de la empresa, es decir, vemos inversiones de inventarios en productos que no son el núcleo del negocio, y por el contrario en otros productos donde se encuentran las mayores demandas, los niveles se encuentran por debajo de lo recomendado.

Respecto de los niveles de servicio, hemos visto que si bien la empresa tiene por definición un valor igual al 98%, haciendo un análisis de sus inventarios se observa que las existencias reales no conciben con lo manifestado por el dueño, aún más, existen productos con un nivel de servicio del orden del 50% y otros con el 100%.

Un punto importante a analizar y debido a que la rentabilidad por producto no es la misma para todos los ítems, la empresa puede definir mayores niveles de servicio para aquellos productos que proveen alta rentabilidad y menores niveles para los restantes. Vemos que esto es posible ya que como observamos anteriormente, las inversiones en inventario actuales permiten un nivel de servicio general cercano al 99,99%.



Una vez definido el modelo EOQ a utilizar y teniendo en cuenta la incertidumbre de la demanda, se ha visto que los stocks promedio propuestos por el modelo pueden encontrarse por debajo de la política actual (Ej. 051111) y en algunos casos por encima (Ej. 100110), pero la aplicación en conjunto de esta nueva propuesta arroja una reducción cercana al 29% respecto de las inversiones a realizar en inventarios. Asimismo se ha planteado una política de inventarios para cada estación del año.

Al utilizar una simulación del modelo propuesto con los datos históricos, vemos que en algunos casos la nueva política produce quiebres de stock donde antes no existían, pero haciendo un simple análisis y balance entre los márgenes no percibidos versus las inversiones en existencias, llegamos a la conclusión de que la propuesta traerá beneficios a la compañía.

Respecto a los “quiebres de inventario” que presenta el nuevo modelo, vemos que no afectarían en principio la confianza del consumidor ya que como analizamos anteriormente, la política de inventarios actual posee ítems con niveles de servicio mucho menor al propuesto por el modelo (ver Gráfico 8).

Finalmente, y habiendo demostrado las bondades del nuevo modelo, restaría la comunicación del EOQ con demanda incierta a los titulares de la firma, de manera tal de analizar las posibles aristas en cuanto a su implementación, tarea que excedería el alcance y la finalidad de la presente tesis.



Anexo I – Listado de productos

Código	Medida	Ventas anuales [UN]	Stock Promedio [UN]	Compras anuales [UN]	Costo Promedio [\$]
050036	215/65 R15 97T	131	19,33	112	\$ 387,60
050039	165/70 R13 83R	177	10,62	170	\$ 163,08
050088	185/60 R14 82H	4	0,25	1	\$ 204,59
050100	175/70 R14 84T	7	1,40	12	\$ 170,82
050107	185/70 R13 86S	6	3,50	0	\$ 136,80
050606	145/80 R13 75T	120	22,58	113	\$ 127,06
050623	175/65 R14 82H	879	214,58	799	\$ 166,55
050624	175/70 R14 84T	522	42,46	541	\$ 171,13
050643	175/65 R14 82T	103	21,73	10	\$ 158,67
050645	165/80 R15 87T	595	7,00	446	\$ 182,88
050646	185/65 R14 86T	409	30,64	259	\$ 170,53
050648	185/70 R14 88T	329	183,25	0	\$ 171,78
050649	195/70 R14 91T	183	16,83	137	\$ 178,96
050651	175/70 R12	2	0,29	0	\$ 136,00
050653	155/80 R13 79T	96	61,33	62	\$ 137,56
050655	165/70 R13 79T	444	51,50	204	\$ 142,32
050656	175/70 R13 82T	917	89,08	811	\$ 147,11
050657	185/70 R13 86T	20	3,83	10	\$ 159,14
050661	165/80 R13 83T	5	4,42	5	\$ 159,42
050664	175/65 R14 82T	658	32,08	825	\$ 165,15
050668	205/70 R14 95T	113	17,50	97	\$ 212,18
050669	185/65 R15 88T	401	32,92	387	\$ 206,61
050670	185/65 R14 86T	1304	93,33	1343	\$ 174,49
050671	185/70 R13 86T	422	51,77	451	\$ 166,99
050672	185/70 R14 88T	388	26,69	413	\$ 172,80
050676	165/70 R13 79T	1296	112,62	1251	\$ 144,14
050677	205/65 R15 94T	211	15,15	217	\$ 252,95
050682	175/70 R13 82T	2178	97,00	2089	\$ 147,91
050687	195/70 R14 91T	803	41,38	863	\$ 180,09
050742	215/65 R16 98H	11	2,42	4	\$ 591,31
050777	175/65 R14 82H	8	3,10	6	\$ 200,31
050783	225/50 R17 94W	1	1,80	1	\$ 596,45
050785	205/60 R16 92H		0,00		\$ 493,52
050787	225/60 R16 102H		2,67		\$ 698,53
050793	185/65 R14 86H	3	0,44	1	\$ 207,86
050794	195/60 R14 86H	36	7,43	40	\$ 219,21
050817	205/55 R16 91H	24	5,11	0	\$ 515,67
050824	225/55 R16 95V		0,00		\$ 610,95
050825	185/65 R15 88H	29	9,58	20	\$ 259,92
050977	165/70 R13 79H		0,00		\$ 162,52
050990	195/55 R15 84V	2	0,00	2	\$ 253,03
050991	205/60 R15 91V	49	13,00	6	\$ 272,28
050993	225/50 R16 92V	1	0,25		\$ 402,78
050994	195/65 R15 91V		1,00		\$ 313,45
050995	175/70 R13 82H	3	0,20	3	\$ 171,19
050996	185/70 R13 86H		0,00		\$ 182,50



Código	Medida	Ventas anuales [UN]	Stock Promedio [UN]	Compras anuales [UN]	Costo Promedio [\$]
050997	185/70 R14 86H	4	0,00		\$ 216,56
050998	195/60 R15 88V	70	38,67	8	\$ 267,54
051007	195/60 R13 83H		0,00		\$ 201,57
051008	205/60 R13 86H		0,00		\$ 216,10
051034	185/60 R14 82V	3	3,75	2	\$ 360,62
051038	195/55 R15 85V		0,00		\$ 360,37
051043	185/60 R15 84H	808	77,00	749	\$ 257,55
051045	175/65 R14 82H	287	26,54	265	\$ 202,70
051062	205/45 ZR16 83W	10	2,42	3	\$ 429,67
051063	195/55 R15 85V	247	83,33	119	\$ 267,57
051071	195/60 R15 88V	91	61,08	82	\$ 272,34
051074	245/35 ZR18 88Y		0,00		\$ 754,86
051077	215/40 ZR16 82W	4	0,00		\$ 455,25
051080	195/65 R15 91H	662	90,15	597	\$ 287,09
051081	185/60 R14 82H	600	256,50	541	\$ 210,43
051082	195/60 R14 86H	194	21,67	187	\$ 225,27
051083	185/65 R14 86H	686	164,15	581	\$ 215,09
051084	185/70 R14 88H	88	9,92	86	\$ 216,59
051085	205/60 R15 91V	108	33,08	109	\$ 278,87
051096	225/45 ZR17 94W	99	64,83	72	\$ 557,75
051101	205/60 R15 95H	24	6,50	26	\$ 287,40
051103	205/55 R16 91V	77	4,50	78	\$ 520,52
051111	185/60 R14 82H	1251	325,15	1210	\$ 214,91
051117	195/50 R15 82V	34	31,30	192	\$ 350,27
051122	185/60 R15 84H	345	159,17	322	\$ 257,43
051123	195/60 R15 88V	207	35,77	184	\$ 276,96
051125	205/60 R15 91V	107	42,40	119	\$ 293,40
051127	195/65 R15 91H	302	36,42	296	\$ 287,13
051128	205/65 R15 94H	53	54,17	68	\$ 301,26
051129	205/45 R16 83W		0,60		\$ 423,83
051130	205/55 R16 91V	194	70,62	175	\$ 451,96
051132	215/55 R16 93V	1	2,64		\$ 607,71
051135	235/60 R16 100W		0,00		\$ 700,39
051138	205/60 R16 92V	28	6,25	22	\$ 520,80
051139	245/45 R18 100Y	11	1,58	6	\$ 717,00
051141	205/40 ZR17 84W	4	16,67	0	\$ 527,80
051142	215/40 ZR17 87W		0,00		\$ 626,45
051143	215/55 R17 93W	4	5,00	0	\$ 603,40
051148	225/55 ZR16 99W	9	4,67	9	\$ 621,14
051149	215/60 R16 99V		2,38		\$ 624,90
051150	P205/50 R17 93W	73	6,75	16	\$ 569,22
051156	175/70 R13 82T	830	45,45	796	\$ 160,80
051159	175/65 R14 82T	534	88,45	596	\$ 180,46
051174	235/45 R17 97W	11	3,55	7	\$ 646,38
051183	185/65 R14 86T	96	36,69	247	\$ 159,72
051184	175/65 R14 82T	122	76,15	173	\$ 152,16
051185	195/65 R15 91H	26	40,50	0	\$ 207,15
051189	195/70 R14 91T	50	21,36	36	\$ 158,86
051215	195/50 R15 82V	30	6,00	23	\$ 354,90
051217	205/45 ZR16 83W	8	4,67	1	\$ 454,27



Código	Medida	Ventas anuales [UN]	Stock Promedio [UN]	Compras anuales [UN]	Costo Promedio [\$]
051218	205/50 ZR16 87Y		4,00		\$ 525,58
051221	215/40 ZR16 86W		0,00		\$ 626,14
051222	215/55 ZR16 93W	2	9,17	0	\$ 657,43
051223	225/55 ZR16 95W	105	0,00		\$ 714,38
051224	225/50 ZR16 92Y	66	3,08	65	\$ 673,69
051225	205/40 ZR17 84W	67	7,92	48	\$ 489,56
051226	215/40 ZR17 83Y	4	5,25	0	\$ 492,13
051227	235/40 ZR17 90Y		0,00		\$ 659,04
051234	205/55 ZR16 91W	72	41,17	61	\$ 518,23
051235	225/40 ZR18 92Y	22	11,42	15	\$ 709,80
051236	215/45 ZR17 91Y	10	32,67	0	\$ 528,33
051237	245/40 ZR17 91Y	2	2,00	0	\$ 705,96
051238	245/40 ZR18 93Y	4	2,50	0	\$ 743,59
051241	P275/35 ZR18 87Y	2	3,58	0	\$ 1.412,38
051242	P325/30 ZR19 94Y	2	3,58	0	\$ 1.607,19
051272	185/65 R14 82T	248	72,78	552	\$ 193,24
051300	225/45 R17 91H	36	9,33	23	\$ 578,87
051301	P215/55 R17 93V	4	1,42	0	\$ 502,61
051310	235/50 R18 97W	9	1,80	0	\$ 620,73
052158	165/70 R13 79T	625	91,70	421	\$ 155,07
054200	205/60 R13 86T		0,00		\$ 184,34
054205	185/60 R14 82T	430	29,92	454	\$ 171,43
054208	195/60 R14 86T	54	14,08	55	\$ 203,66
055013	155/80 R13 78S	12	6,08	0	\$ 112,60
055014	165/80 R13 82S		8,08		\$ 126,70
055015	165/80 R15 86S	369	43,08	352	\$ 143,72
055090	205/50 R17 93V		0,00		\$ 520,70
055116	175/70 R13 82S	209	19,67	216	\$ 127,10
055117	165/70 R13 79S	194	10,71	232	\$ 125,97
055120	185/70 R13 86S	45	12,00	27	\$ 140,13
055220	185/70 R14 88S	20	5,83	0	\$ 153,75
055223	175/70 R13 82S		0,29		\$ 121,69
058007	165/70 R13 79T	162	74,33	100	\$ 122,06
058009	175/70 R13 82T	38	2,42	47	\$ 126,15
058011	185/70 R13 86T		0,00		\$ 136,72
058012	185/70 R14 88T	6	4,25	0	\$ 154,72
100002	P205/75 R14 98Q OWL	70	15,77	50	\$ 315,75
100006	LT215/75 R14 98Q OWL	109	35,00	86	\$ 329,31
100007	LT215/75 R15 100Q OWL	35	11,83	33	\$ 344,58
100009	LT235/75 R15 104Q OWL	3	0,00	3	\$ 384,93
100010	LT235/75 R15 104Q OWL	26	9,42	27	\$ 387,61
100011	LT31X10.5R15 109Q OWL	21	7,67	3	\$ 500,04
100012	P215/80 R16 107R OWL		6,33		\$ 395,75
100037	205/65 R15C 100T	13	2,75	12	\$ 519,92
100057	LT185 R14 99/97N C6	20	9,46	36	\$ 289,13
100077	LT235/75 R15 110/107S	424	39,75	385	\$ 368,78
100080	LT205/75 R15 99S	73	4,85	58	\$ 319,82
100104	7.00-16 103/104L C8	137	17,18	69	\$ 302,36
100110	7.50-16 C10	2853	105,57	2961	\$ 367,98
100124	7.50-16 C12	16	2,00	0	\$ 450,71



Código	Medida	Ventas anuales [UN]	Stock Promedio [UN]	Compras anuales [UN]	Costo Promedio [\$]
100126	7.00-16 C10	236	37,11	131	\$ 348,21
100128	LT7.00 R16 C10	31	4,18	19	\$ 376,55
100129	LT7.00 R16 C10		0,00		\$ 419,50
100134	7.00-16 112/112L C10	100	9,69	74	\$ 338,43
100148	235/70 R16 104S	135	7,31	128	\$ 540,20
100157	LT225/75 R15 102S	84	40,23	48	\$ 364,38
100158	LT215/80 R16 107R	153	65,38	157	\$ 395,43
100159	LT215/75 R15 6PR	145	60,08	158	\$ 330,49
100165	LT255/75 R15 109/105R	277	65,54	219	\$ 399,80
100179	LT215/80 R16 107R	281	89,62	282	\$ 395,59
100183	LT195/70 R15 104/102R	457	54,38	517	\$ 336,62
100186	LT225/75 R15 108/104S	101	35,67	63	\$ 354,94
100187	LT7.50 R16 122L C12	702	18,36	845	\$ 430,93
100191	205 R16C 110S	169	17,08	153	\$ 355,28
100192	LT7.50 R16 122L C12	121	9,46	112	\$ 448,63
100194	235/65 R17 104H	8	5,08	3	\$ 708,26
100197	195/75 R16C 107Q	382	48,50	380	\$ 363,93
100201	LT235/75 R15 101Q OWL		1,00		\$ 592,29
100202	LT245/75 R16 101Q OWL		0,00		\$ 787,47
100204	LT235/85 R16 120P OWL		0,00		\$ 741,88
100205	LT30X9.5 R15 104Q OWL		0,00		\$ 709,97
100206	LT31X10.5R15 109Q OWL		0,00		\$ 731,67
100209	LT35X12.5R15 113Q OWL		0,00		\$ 1.004,79
100210	LT235/75 R15 110/107S	474	53,85	581	\$ 360,77
100221	285/75 R16 122/119P OWL		0,00		\$ 1.358,93
100225	LT205/70 R14 94S	14	4,33	14	\$ 271,04
100227	LT235/75 R15 104S	51	22,46	18	\$ 351,23
100229	LT31X10.50 R15	285	26,69	256	\$ 403,39
100231	175/70 R14 88T	41	2,30	41	\$ 204,07
100250	255/55 R18 109H	22	5,18	0	\$ 916,60
100270	LT225/75R16 104T	2	5,83	0	\$ 640,24
100272	235/70 R16 106T	2	2,25	0	\$ 624,12
100290	LT215/75 R15 106/103S	465	56,23	464	\$ 328,02
100300	LT185 R15 103/102Q	201	27,55	195	\$ 288,40
100310	LT225/70 R15 110P C8	230	14,69	193	\$ 406,24
100446	LT255/75 R15 109/105S	207	38,75	143	\$ 385,53
100448	LT235/60 R16 104S	10	11,58	0	\$ 379,71
100450	175/80 R14 88T		0,00		\$ 212,60
100453	205/70 R14C 94S		2,50		\$ 318,52
100458	245/65 R17 120S		0,00		\$ 712,61
100577	LT215/75 R14 98/95Q	5	4,00	3	\$ 344,88
100583	LT215/80 R16 107Q	22	10,08	22	\$ 392,62
100638	275/80 R22.5		0,00		\$ 1.384,32
100650	215/75R17.5 126/124L	162	26,85	188	\$ 683,07
100655	215/75R17.5 126/124L	13	2,27	13	\$ 715,49
100704	225/55 R17 97W	18	1,42	10	\$ 787,60
100705	235/65 R17 104V	8	5,00	0	\$ 785,75
100707	255/50 R19 103V	6	0,40	2	\$ 819,49
100709	285/45 R19 107V	27	2,25	25	\$ 950,88
100716	LT235/85 R16 120/116Q	252	26,15	257	\$ 458,68



Código	Medida	Ventas anuales [UN]	Stock Promedio [UN]	Compras anuales [UN]	Costo Promedio [\$]
100785	LT265/75 R16 123/120S	167	22,00	167	\$ 517,89
100793	LT265/70 R16 110S	4	1,25	0	\$ 489,05
100800	LT245/70 R16 106/103S 6PR	87	14,17	97	\$ 440,53
100803	LT195/75 R14 106/104R	8	1,25	4	\$ 320,62
100804	205/70 R15C 106/104S C8	288	25,55	216	\$ 347,97
100807	225/75 R16 118/116NC	196	18,77	198	\$ 406,60
100809	205/75 R16C 113/111Q	269	19,67	286	\$ 389,43
100833	245/60 R18 105H		0,00		\$ 990,96
100970	225/70 R16 102H		1,00		\$ 562,00
100972	245/70 R16 107H	2	3,42	0	\$ 739,57
100973	255/70 R15C 112S	30	5,83	12	\$ 374,59
100974	265/70 R16 112H	-4	6,17	0	\$ 816,41
100976	255/60 R18 112H	2	3,00		\$ 939,14
100980	235/60 R16 100H		0,00		\$ 544,94
101048	LT245/65 R17 107T OWL	22	10,42	3	\$ 745,92
101052	P235/75 R15 108S	26	12,60	18	\$ 315,25
101054	LT205/75 R15 97T		0,00		\$ 390,99
101104	LT225/75 R16 104T OWL		2,60		\$ 486,42
101108	LT245/75 R16 111T OWL	12	2,80	12	\$ 564,43
101112	LT265/70 R16 112T OWL		0,00		\$ 629,38
101114	LT265/75 R16 116T OWL	4	1,70	0	\$ 596,72
101123	LT235/75 R15 104T OWL	28	13,50	48	\$ 401,46
101124	225/70 R15C 112R	16	35,33	108	\$ 517,07
101125	205/70 R15C 106R		0,00		\$ 448,22
101126	205/75 R16C 110/108R		0,00		\$ 537,86
101127	195/75 R16C 107/105R		0,00		\$ 446,79
102705	235/65 R17 104H		0,00		\$ 971,49
106001	7.00-15 C10 110/105		0,00		\$ 369,43
106002	6.50-16 C6 98/97L	47	9,09	14	\$ 304,88
106003	6.50-16 C10 107/103	6	2,80	0	\$ 348,81
106004	7.50-16 C10 121/120	88	16,33	84	\$ 396,62
106005	7.50-16 C12 121/120J		0,00		\$ 503,65
106006	7.50-16 14PR		0,00		\$ 499,06
106007	7.00-15 C10 110/10		0,00		\$ 308,54
106008	6.50-16 C6 98/97L	146	16,54	162	\$ 282,54
106009	6.50-16 C10 107/10		0,00		\$ 295,11
106010	7.00-16 C12 117/116		0,00		\$ 467,91
106011	7.50-16 12PR TT	59	7,11	60	\$ 432,83
106012	7.50-16 14 PR	318	34,00	320	\$ 442,62
106014	7.00-15 C6 101/97L		0,00		\$ 337,08
106015	7.00-16 C8 104/103L	75	0,75	50	\$ 329,92
106040	195 R14C 106P	39	15,54	23	\$ 308,99
106080	LT235/75 R15 OWL		0,00		\$ 366,83
106120	LT31X10.50 R15 OWL	12	6,17	0	\$ 504,63
106200	185 R14 8PR	8	4,00		\$ 304,59
106815	225/75 R15 108S	9	12,50	12	\$ 388,71
106816	235/75 R15 110/107S	42	36,00	93	\$ 379,13
106817	235/65 R17 104H	6	12,40		\$ 580,28
106819	255/75 R15 109/105S	17	12,00	16	\$ 433,12
106851	235/70 R16 110/107S	60	9,33	102	\$ 447,56



Código	Medida	Ventas anuales [UN]	Stock Promedio [UN]	Compras anuales [UN]	Costo Promedio [\$]
106854	265/70 R16 110/107S		0,00		\$ 523,72
120170	6.50-10 10PRT	5	2,00	4	\$ 172,30
120171	8.25-15 14PRT		1,40		\$ 441,69
120172	6.00-9 10PRT	58	25,50	56	\$ 175,55
120173	7.00-12 12PRT	14	6,00	6	\$ 334,14
120174	7.00-15 12PRT		2,00		\$ 346,86
120175	28X9.00-15 12PRT		0,00		\$ 377,23
295358	295/80 R22.5	1	1,40	4	\$ 1.384,32



Anexo II – Resumen de operaciones

Mes	Cantidad de productos [UN]	Ventas [UN]	Ventas [\$]	Compras [UN]	Stock [UN]	Stock [\$]
Ene	254	2587	\$ 693.891	2337	4133	\$ 1.061.533
Feb	254	1975	\$ 510.168	3060	5502	\$ 1.405.780
Mar	254	2502	\$ 676.776	2026	5756	\$ 1.488.447
Abr	254	2945	\$ 855.693	2237	5563	\$ 1.459.872
May	254	2760	\$ 820.351	3157	5990	\$ 1.583.195
Jun	254	3595	\$ 1.049.878	2802	5288	\$ 1.407.259
Jul	254	3325	\$ 1.067.285	3556	5619	\$ 1.595.460
Ago	254	3337	\$ 1.037.221	2230	4560	\$ 1.396.373
Sep	254	3149	\$ 1.006.503	3731	3441	\$ 1.059.319
Oct	254	3389	\$ 1.137.717	1583	4800	\$ 1.508.120
Nov	254	3094	\$ 930.492	3456	5380	\$ 1.602.093
Dic	254	3309	\$ 1.052.303	3819	5867	\$ 1.766.963
Total	254	35967	\$ 10.838.278	33994	5158	\$ 17.334.414



Referencias bibliográficas

1. CHASE; AQUILANO; JACOBS; (8va edición) Administración de producción y operaciones; Irwin, Mc Graw Hill – Año 2000.
2. CHOPRA, Sunil; MEINDL, Meter: (3ra Edición) Administración de la cadena de suministro. PEARSON, Prentice Hall.
3. MILLER; FREUND; JOHNSON; (4ta edición) Probabilidad y estadística para ingenieros; Prentice Hall – Año 1992.
4. GUSTAVO VULCANO; Apuntes de cátedra “Dirección de operaciones”;MBA, Universidad Di Tella – Año 2009.