

# Diseño de un modelo de optimización de la logística externa en industrias de distribución de productos automotrices

ING. IND. OTTO BENJAMÍN SANTOS VÁSQUEZ  
INGENIERO INDUSTRIAL BYRON JOSE LOOR ALCIVAR, MGS  
INGENIERO INDUSTRIAL MARIO MEDINA ARCENTALES, MGS  
INGENIERO INDUSTRIAL MARCOS MANUEL SANTOS MÉNDEZ, M

compAs

# **Diseño de un modelo de optimización de la logística externa en industrias de distribución de productos automotrices**

---

## **Autores:**

ING. IND. OTTO BENJAMÍN SANTOS VÁSQUEZ  
INGENIERO INDUSTRIAL BYRON JOSE LOOR ALCIVAR, MGS  
INGENIERO INDUSTRIAL MARIO MEDINA ARCENTALES, MGS  
INGENIERO INDUSTRIAL MARCOS MANUEL SANTOS MÉNDEZ, M

Diseño de un modelo de optimización de la  
logística externa en industrias de distribución de  
productos automotrices

Autores:

ING. IND. OTTO BENJAMÍN SANTOS VÁSQUEZ  
INGENIERO INDUSTRIAL BYRON JOSE LOOR ALCIVAR, MGS  
INGENIERO INDUSTRIAL MARIO MEDINA ARCENTALES, MGS  
INGENIERO INDUSTRIAL MARCOS MANUEL SANTOS MÉNDEZ, MGS



Primera edición: noviembre 2018  
© Ediciones Grupo Compás 2018  
ISBN: 978-9942-33-084-0

Diseño de portada y diagramación:  
Grupo Compás  
Este texto ha sido sometido a un proceso de  
evaluación por pares externos  
con base en la normativa del editorial

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las  
sanciones en las leyes, la producción o  
almacenamiento total o parcial de la presente  
publicación, incluyendo el diseño de la portada,  
así como la transmisión de la misma por  
cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico,  
como químico, mecánico, óptico, de grabación  
o bien de fotocopia, sin la autorización de los  
titulares del copyright.

Cita.

Santos, O, Loor B, Arcentales, M, Santos, M, (2018) Diseño de un modelo de  
optimización de la logística externa en industrias de distribución de productos  
automotrices, Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, 71 pag

## **PRÓLOGO**

La Empresa XYZ, pierde muchos Clientes al año debida a una mala planificación de la cadena de suministros.

Este trabajo de investigación contribuye con esa mejora, proponiéndose establecer como objetivos la apropiada investigación y posterior desarrollo de un pronóstico acorde al comportamiento de los datos históricos. Logrado esto se espera analizar los puntos de reorden y la cantidad económica óptima a pedir, considerando las políticas y restricciones de la empresa XYZ.

Para lograr estos objetivos se realiza una investigación de referencias bibliográficas que permitan establecer como producto final un marco teórico como estado del arte que aporte en ideas y soluciones al presente proyecto.

De aquí se estudiará el aporte de la ciencia en materias clásicas y como novedad, lo que aportan nuevos estudios como: Artículos científicos y/o Tesis doctorales afines con el tema de investiga

## Índice

PRÓLOGO .....	3
CAPÍTULO I.....	5
Antecedentes.....	5
Alcance.....	6
CAPÍTULO II.....	8
Antecedentes de la investigación .....	9
CAPÍTULO III.....	32
Diseño de investigación .....	33
Logística hacia el exterior (Cliente) .....	36
Estructura jerarquica de la empresa XYZ.....	38
GRÁFICO No. 5.....	38
ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LA EMPRESA .....	38
Cadena de valor de la Empresa XYZ .....	39
ILUSTRACIÓN No. 5 .....	40
Situación actual .....	40
Resultados parciales y diagnóstico .....	41
Investigación previa a la propuesta.....	45
Análisis histórico de las ventas.....	45
Análisis de la Tendencia.....	47
Coeficiente de correlación .....	48
Pronóstico .....	51
Conclusiones parciales .....	62
Propuesta matemática.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	68

## **Antecedentes**

Lograr una optimización en la logística de la Empresa XYZ, nace del hecho de que esta pierde muchos Clientes al año debida a una mala planificación de la cadena de suministros. El presente trabajo de investigación pretende contribuir con esa mejora, proponiéndose establecer como objetivos la apropiada investigación y posterior desarrollo de un pronóstico acorde al comportamiento de los datos históricos. Logrado esto se espera analizar los puntos de reorden y la cantidad económica óptima a pedir, considerando las políticas y restricciones de una empresa. Para lograr estos objetivos se realiza una investigación de referencias bibliográficas que permitan establecer como producto final un marco teórico como estado del arte que aporte en ideas y soluciones al presente proyecto. De aquí se estudiará el aporte de la ciencia en materias clásicas y como novedad, lo que aportan nuevos estudios.

El presente estudio, aspira a proponer una posible solución en la logística de abastecimiento y distribución de las partes y piezas que La Empresa tiene como plan de negocios. Esta idea nace de las estadísticas históricas de la Empresa en donde se detecta una pérdida de mercado constante. Esto, indudablemente ha motivado la preocupación de los Directivos de la misma.

En el cuadro siguiente se puede apreciar las causas de pérdidas, y sobre todo la gravedad del asunto en cuestión.

**TABLA No. 1**  
**CAUSAS DE PÉRDIDAS DETECTADAS POR LA EMPRESA**

CAUSAS	MOTIVOS	REGION			
		GUAYAQUIL	R. COSTA	SIERRA	ORIENTE
CREDITO	CUPO DEFICIENTE	180861	94549	191683	9231
	INCUMPLIMIENTO PAGOS	87847	54028	109533	0
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>268708</b>	<b>148578</b>	<b>301216</b>	<b>9231</b>
INVENTARIO	FALTA DE INVENTARIO	113684	67535	136916	4196
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>113684</b>	<b>67535</b>	<b>136916</b>	<b>4196</b>
DEVOLUCIONES	ENTREGA TARDIA	41340	43898	88996	2727
	CONDICIONES FISICAS	25837	16884	34229	1049
	DESPACHOS NO ACORDES	41340	27014	54767	1678
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>108517</b>	<b>87796</b>	<b>177991</b>	<b>5454</b>
OTRAS	QUEJAS, ETC.	25837	33768	68458	2098
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>25837</b>	<b>33768</b>	<b>68458</b>	<b>2098</b>
<b>TOTAL</b>		<b>516747</b>	<b>337676</b>	<b>684582</b>	<b>20979</b>
<b>TOTAL PAIS</b>				<b>1559984</b>	

Fuente: LA EMPRESA.

La propuesta, es revisar los datos, para lograr proponer una solución óptima para minimizar las pérdidas. Para el efecto se hará uso de la literatura científica existente, y metodología de la investigación con rigor científico.

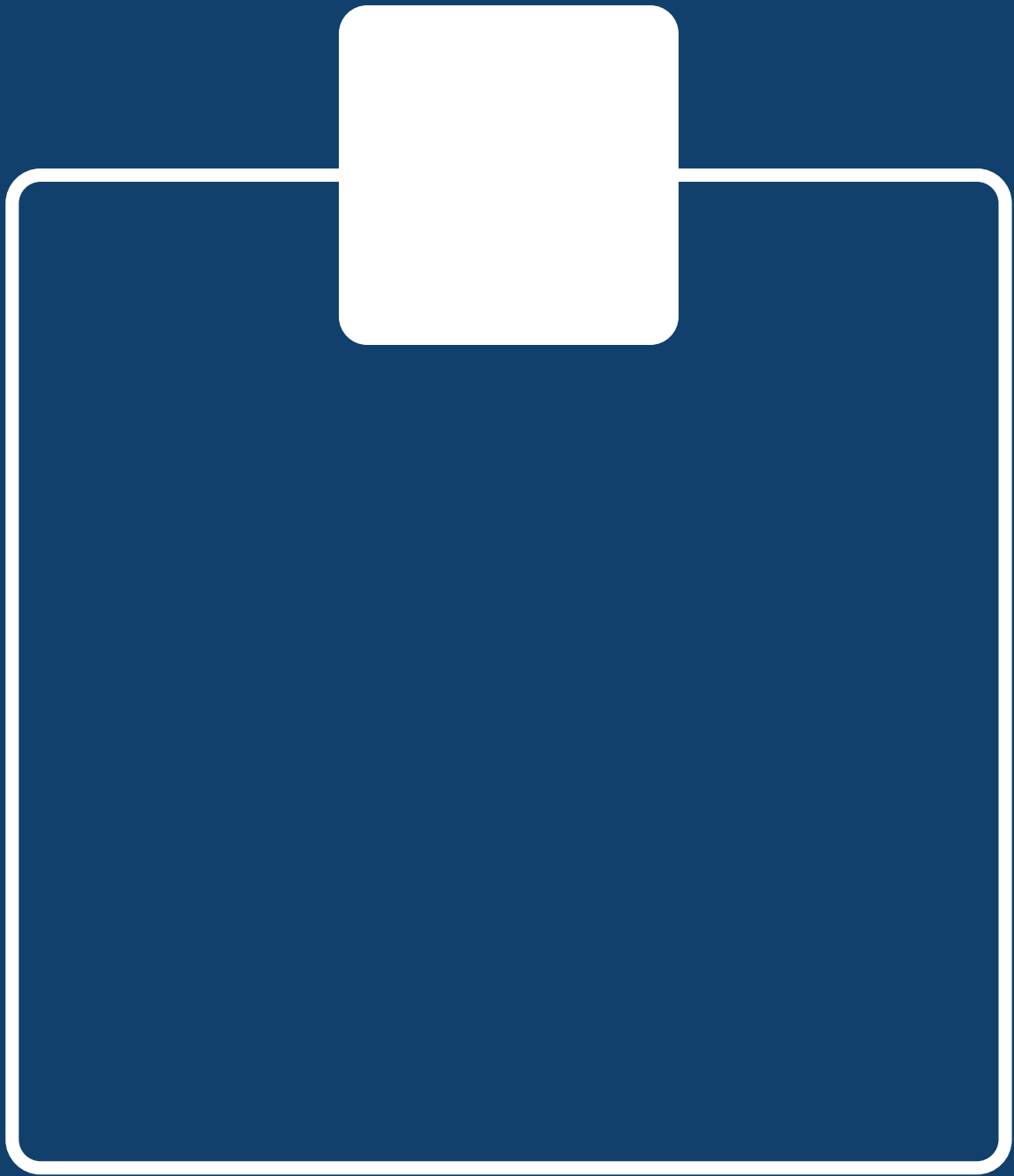
### **Alcance**

La presente investigación será exploratoria –descriptiva; se centrará en explorar los datos que afectan a la cadena de suministros. De estos datos se intentará aislar los vitales bajo supuestos, para establecer un modelo, con el fin de optimizar los procesos donde se involucran estos datos.

Este estudio se limitará al inventario en la cadena de suministros, ya que involucrar toda la cadena sería muy costoso y demandaría mucho tiempo.

Una vez detallado el planteamiento del proyecto de investigación, es de suma importancia determinar que investigaciones científicas respecto al tema existe en la literatura, ya sea en libros, artículos científicos o tesis doctorales.

Investigado esta fase es vital identificar las herramientas adecuadas y necesarias para llevar a feliz término la investigación. Ya que esta tiene que gozar de rigor científico.



## **Antecedentes de la investigación**

El marco teórico cubrirá todo lo relacionado a la cadena de suministros (Supply Chain), enfocado a almacenes de distribución. Se evitará el área de producción por no ser relevante al estudio de Marras.

El enfoque al que se quiere llegar en la presente investigación es corregir las desviaciones que se podrían presentar en esta cadena de suministros, consultando lo que ofrece la investigación científica, ya sea en libros que limitan la logística como ciencia y aquellos estudios científicos, ya sea en forma de papers o tesis de maestrías o doctorales que contribuyan a profundizar en el tema investigado.

Para obtener el producto final de esta investigación; es decir el "marco teórico" se ha realizado una amplia revisión de la literatura existente. Desde los procesos logísticos incipientes de finales del siglo IX, examinando como las necesidades exigidas por la demanda nacional, regional y posteriormente la mundial, llevaron a los emprendedores de aquellas épocas a considerar otros aspectos que, sumados al hecho de producir capítulo contiene una amplia investigación en la literatura especializada acerca de los temas que sirven de base a este trabajo, comenzando por el

análisis de la evolución del concepto de planificación de la logística, haciendo énfasis en su desarrollo hacia niveles superiores de integración de los eslabones productivos y ante la necesidad, aparentemente contradictoria, de disponer de una alta autonomía por parte de estos mismos eslabones.

Ahora bien, es conocido para los estudiosos de la cadena de suministros o Supply Chain, que la logística persigue tres objetivos básicos, que son disminuir los costos; disminuir el o los ciclos en el tiempo y, sobre todo satisfacer al Cliente, que es en definitiva el actor principal de esta estrategia de operaciones.

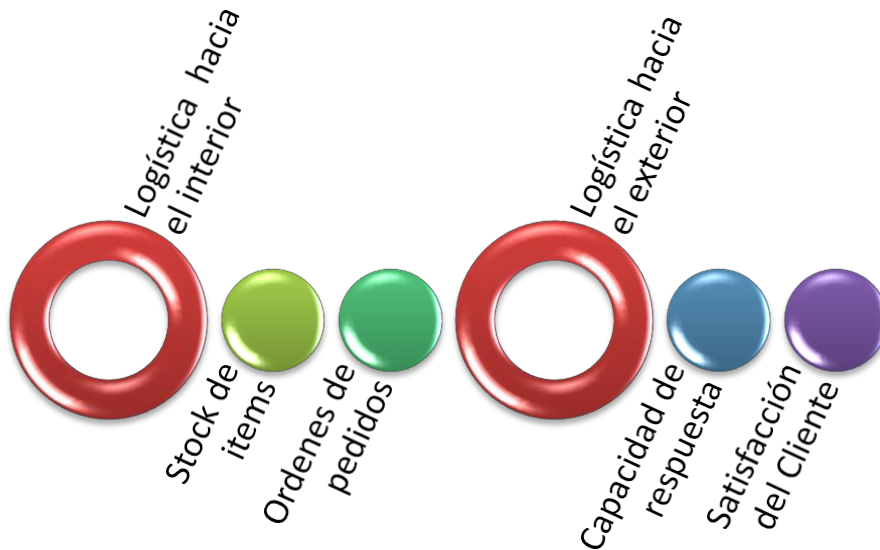
Para lograr estos objetivos, es necesario cumplir con una dinámica de acción tal como lo describen acertadamente, Casanovas & Cuatrecasas (2011); “En logística, el servicio al cliente se rige básicamente por tres principales acciones:

- Disponibilidad de inventario (grado de disponibilidad de stocks)
- Tiempo de entrega de pedidos (velocidad de entrega)
- Fiabilidad para cumplir con los pedidos (fiabilidad en el plazo de suministros)” (pág. 79)

Bajo el esquema detallado anteriormente se puede deducir que las actividades macro de agregación de valor en una cadena de suministro de una Empresa de distribución, parte de la logística hacia el interior, donde se establece el stock de los ítems generados por las órdenes de pedido de los Clientes y termina con la logística hacia el exterior que se basa en la capacidad de respuesta a las necesidades del Cliente y su consecuente satisfacción. Esto se puede apreciar en la siguiente ilustración:

## ILUSTRACIÓN No. 1

### ACTIVIDADES AGREGADORAS DE VALOR EN DISTRIBUCIÓN



Fuente: Ing. Otto Santos

Ahora bien; en base a esta cadena de valor de la cadena de suministros es sumamente importante establecer (como lo afirman los expertos en logística), los planes que harán posible lograr la agregación de valor.

Para esto, y usando el método Top- down, se debería considerar lo siguiente:

- Plan estratégico
- Plan táctico
- Plan operacional.

El plan estratégico es a largo plazo y debe considerarse la previsión o pronóstico a largo plazo, considerando el comportamiento histórico de las ventas. En este caso se recurre a la regresión como herramienta estadística.

En este punto es vital recalcar que a nivel estratégico: "se deben tomar las siguientes decisiones:

- Fábricas y almacenes requeridos, nivel tecnológico y dimensionamiento de los mismos
- Stocks normativos de los almacenes
- Localización de fábricas y almacenes
- Asignación de la demanda a los almacenes
- Modo de transporte
- Tipo de transporte" (Anaya Tejero, 2011)

En el plan táctico, en cambio se lleva el plan estratégico a tiempos cortos que permiten establecer que hacer para cumplir con el mismo. Esto se puede esquematizar de la siguiente manera:

- Diseño de almacén
- Distribución física de los ítems
- Seleccionamiento de transportes
- Diseño de rutas
- Tiempos vinculados a la capacidad de respuesta.

A nivel del plan operacional se considera como utilizar los recursos disponibles de una manera eficiente, que permita satisfacer al cliente manteniendo los costos bajos de la cadena de distribución. De esto, el concepto siguiente deja muy claro.

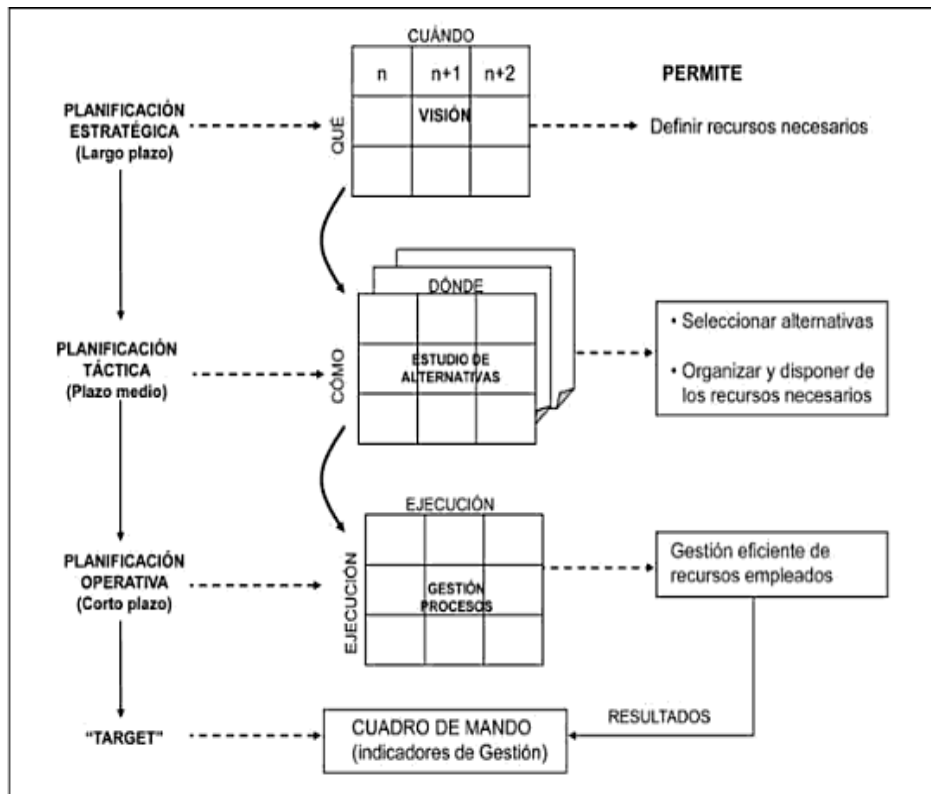
El plan operacional; Anaya Tejero (2011) afirma que esta parte del plan va ligado a:

- Programación de aprovisionamiento
- Programación de distribución
- Asignación de carga a los vehículos
- Asignación de transportistas
- Programación de rutas de reparto
- Control operativo del flujo de productos

Obviamente, esta parte del proceso va íntimamente relacionada con el modelo de distribución definido, la organización y los medios disponibles, existiendo soportes informáticos para ayudar a la toma de decisiones" (pág. 35)

En el cuadro siguiente se puede apreciar el esquema tal como lo concibe este Autor:

## ILUSTRACIÓN No. 2 LOGÍSTICA DE



### DISTRIBUCIÓN

Fue nte: Anaya Tejero (2011)

Lo importante entonces, es tener en cuenta que en una empresa, cualquiera que esta sea, mantiene en su stock por lo menos el 40% de su capital de trabajo, lo que obliga a prestar atención a esta parte agregadora de valor. El autor del presente trabajo de investigación considera que el stock es la parte vital de la satisfacción al cliente, y por lo tanto si esta área es optimizada, todas las demás actividades de la cadena de suministros se revalorarán.

Si se lee con detenimiento el siguiente párrafo se

puede inferir este axioma; “La entrega de productos, el cumplimiento y la competencia son factores que relacionan la distribución física con el éxito de las ventas de una empresa. Por ello, se debe establecer claramente los costos de la cadena logística, ya que cada operación requerirá de un trámite, una contratación, un documento e implicará unos costos y tiempos diferentes”. (Castellanos, 2009)

Todos estos conceptos referenciales aludidos hasta ahora, tiene su razón de ser en la gestión que la empresa le dé al flujo logístico. Se considera gestión, en este caso a la sistematización eficiente de los procesos involucrados en este flujo, como bien lo afirma en su proyecto de tesis doctoral, Gómez Acosta (1997)

“La gestión del flujo logístico consiste en la dirección de las acciones que permiten la ejecución de los procesos que conforman la cadena (o flujo) logística (o) de forma coordinada y la toma de decisiones orientadas a alcanzar los objetivos.

La forma de gestionar el flujo logístico depende entre otros factores del método de gestión del flujo material que se adopte; es decir programado, por pedido, contra inventario, por ritmo o automático. No es objetivo de este trabajo estudiar la forma de gestionar cada uno de los métodos enunciados anteriormente; la atención será centrada en el método de ejecución del

flujo material contra pedidos." (pág. 56)

También se debe recalcar un factor que genera pérdida de tiempo, aumento de costos y sobre todo insatisfacción del Cliente, que puede llevar a perder el posicionamiento en el mercado, dando alternativas de introducción a la competencia. Esto se refiere a la devolución de partes y piezas por diferentes motivos como:

- Entrega a destiempo del pedido
- Obsolescencia de la parte pieza
- Incremento en costos

Se ve en este aspecto lo que opinan los investigadores: "Hasta el momento sólo se ha considerado la existencia de un flujo de materiales y productos desde el consumidor hacia el productor, con objeto de recuperar los productos desechados por el consumidor y reintroducirlos en la cadena de suministro o para proceder a su adecuada eliminación. Sin embargo, existe otra situación en la que se produce también un flujo de retorno de productos desde el consumidor hacia el fabricante: las devoluciones. Aquellos productos que, por distintos motivos, no satisfacen las necesidades del cliente son susceptibles de devolución, generando de esta forma una casuística similar a la analizada hasta este momento, al menos en lo referente a la existencia

de un flujo de productos desde el cliente al fabricante.” (Rubio Lacoba , 2003)

La presente investigación hace énfasis en la cadena de suministros y de ella extrae como enfoque principal de investigación el stock de partes y piezas, que en definitiva es la razón de ser del tipo de empresas que se investiga. Sin embargo es primordial que al lector le quede la idea clara de la cadena de suministros, ya que de su interpretación pueden surgir temas relacionados para explorar y profundizar la investigación a otras áreas de dicha cadena.

Por ejemplo lo que afirma en su tesis de maestría Tamez González (2009)

**“La cadena de suministro es la coordinación e integración de todas las actividades asociadas al movimiento de bienes, desde la materia prima hasta el usuario final, para crear una ventaja competitiva sustentable. Esto incluye la administración de sistemas, fuentes, programación de la producción, procesamiento de pedidos, dirección del inventario, transporte, almacenaje y servicio del cliente. Cuando se habla de la Cadena de Suministro, se refiere a la unión de todas las empresas que participan en la producción, distribución, manipulación, almacenamiento y comercialización de un producto y sus componentes; es decir, integra todas las empresas que hacen posible que un producto salga al mercado en un momento determinado. Esto incluye proveedores de materias primas, fabricantes, distribuidores, transportistas y detallistas.” (pág. 34).**

Bajo este esquema, es de interés fijar cuales son las variables independientes que afectan al inventario, y sobre todo cuales de ellas pueden ser manipuladas. Esto se lo puede identificar en el siguiente gráfico:

### ILUSTRACIÓN



Fuente: Ing. Otto Santos

Si se parte del hecho que los datos históricos definen el comportamiento del mercado, entonces habría que clasificarlos según el tiempo de proyección a futuro que son:

- I. A corto plazo
- II. A mediano plazo
- III. A largo plazo

El caso de corto plazo abarca hasta tres meses según lo eruditos. En este rubro se encuentran las Medias móviles que, según el comportamiento de los datos

históricos pueden se

- Medias móviles simples
- Medias móviles dobles
- Medias móviles ponderadas
- Medias móviles con suavizamiento exponencial
- Medias móviles con ajuste exponencial y ajuste de tendencia.

Esto lo deja muy claro en su libro de Administración de operaciones Heizer & Render (2004); "El método de promedios móviles usa un número de valores de datos históricos reales para generar un pronóstico. Los promedios móviles son útiles si podemos suponer que la demanda del mercado permanecerá relativamente estable en el tiempo." (Heizer & Render , 2004, pág. 109).

Su expresión matemática que permite pronosticar a un futuro cercano es:

$$P_m = \frac{\sum D_{t-1}; D_{t-n}}{n}$$

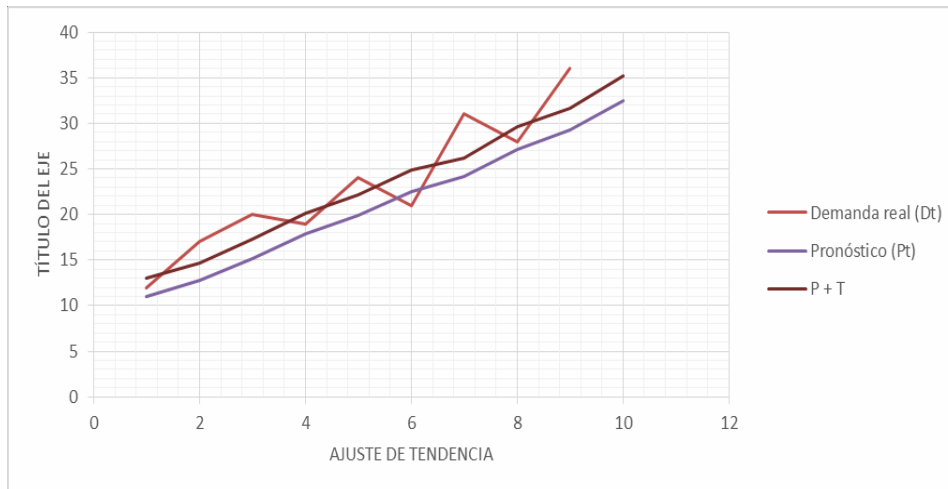
Donde:

Pn= Pronóstico para el próximo periodo D= Demanda de los periodos anteriores

n= número de datos históricos t= periodo

Un caso especial es la media móvil con ajuste de tendencia. En este caso; cuando se detecta una posible tendencia hacia arriba o hacia abajo, como en la figura siguiente:

**GRÁFICO No. 1**  
**MEDIAS MÓVIL CON AJUSTE DE TENDENCIA**



Elaborado por: Ing. Otto Santos

En este caso se debe ajustar los resultados obtenidos con la tendencia con las siguientes fórmulas:

$$T_t = \beta(P_t - P_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$P_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)(P_{t-1} + T_{t-1})$$

- $P_t I T_t = P_t + T_t$

En los casos de medio plazo y largo plazo, se destaca la regresión lineal simple o cuadrática, o exponencial, etc. según se desprenda de los datos históricos. En todo caso, para el primero se parte de la ecuación lineal.

$$\hat{Y} = \alpha \pm \beta x$$

Donde:

Y= Pronóstico (variable dependiente)

$\alpha$  = Intersección con el eje y

$\beta$  = Pendiente de la recta

X = la variable independiente

Hay que tener en cuenta que en este tipo de regresión hay un componente aleatorio que no se mide, como lo afirma Walpole; Myers & Ye (2009): "En realidad no son comprendidas por los científicos o los Ingenieros. Es seguro que en la mayoría de aplicaciones de regresión, la ecuación lineal, digamos,  $Y = \alpha + \beta x$  es una aproximación simplificada de algo desconocido y mucho más complejo" (Walpole, y otros, 2009).

Una vez determinado el tipo de pronóstico a utilizar; desarrollado el mismo y habiendo obtenido una respuesta a futuro, solo entonces se podría diseñar un esquema de stock e inventario eficiente, para cumplir con una respuesta rápida a las necesidades del Cliente y por supuesto, su

satisfacción por el servicio oportuno.

Entre los diferentes métodos de inventario se puede identificar dos tipos de inventarios; a saber: Inventario de demanda independiente e inventario de demanda dependiente.

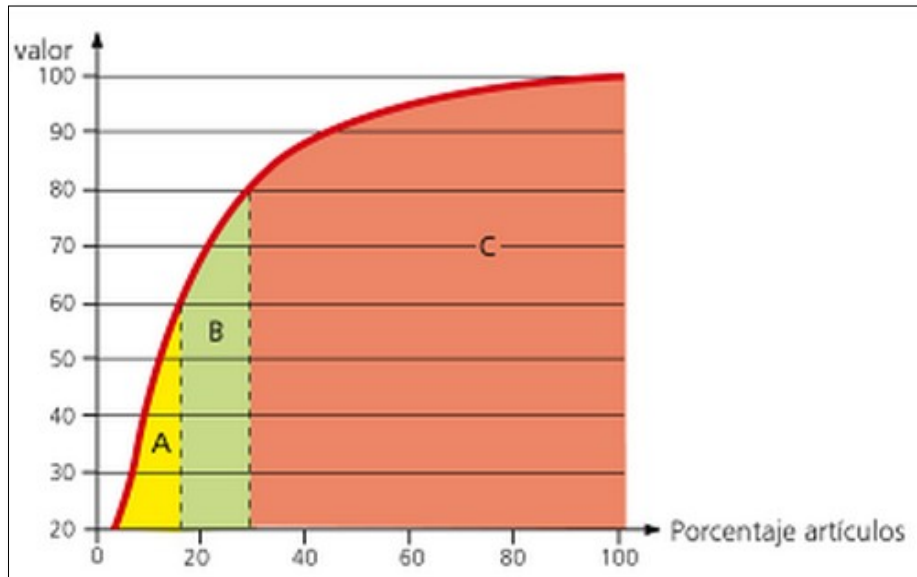
Para entender la diferencia entre inventario de demanda independiente e inventario de demanda dependiente es que: "en la demanda independiente, las demandas de los diferentes artículos no están relacionadas entre sí pero satisfacen el requerimiento de demanda externo. En la demanda dependiente, la necesidad de cualquier artículo es un resultado directo de la necesidad de otro artículo, usualmente un artículo de mayor nivel del cual forma parte". (Chase, Aquilano, & Jacobs, 2004)

En el caso de estudio se presentan las características de inventario de demanda independiente, ya que son artículos que no dependen más que de las necesidades de mercado. Para este patrón es posible utilizar el método ABC que se basa en el concepto de Pareto, dando prioridad a los elementos más costosos o de mayor necesidad que, por lo general son una cantidad mínima de ítems, pasando a los que cubren la mitad de los costos aproximadamente y por último la mayor cantidad de

ítems (70%, aproximadamente) y que apenas representan el 5% de los costos de inventario. Esto lo define muy bien Lacalle (2013): "Los productos A son los de máximo movimiento o los de máxima inversión, y representan una mínima parte de las unidades almacenadas . Los productos B son los de movimiento o inversión media, y los productos C son aquellos de poca rotación o inversión, aunque representan la mayor proporción de las unidades almacenadas." (Lacalle, 2013)

Entonces, la idea de este método se basa en el diagrama de Pareto, lo cual queda explícito en la siguiente gráfica.

## GRÁFICO No. 2 MÉTODO ABC



**Fuente: La calle; Gestión logística, y comercial; pág 56**

En este gráfico se puede apreciar que menos del 20% de los artículos (A) cubren el 60% del valor del inventario total, mientras apenas el 30% (B) cubre el 20% del valor total y el restante cubre el 20% de dicho valor.

Para el inventario, en este caso lo obvio es llevarlo a un conteo cíclico, considerando dos aspectos como son: Los costos y la frecuencia de salida de cada ítem.

Con este esquema previo, lo importante sería establecer el siguiente paso a seguir. Se puede deducir que, como es una empresa comercializadora debería

rechazarse la cantidad económica a producir y centrarse en la cantidad económica a pedir o lo que es lo mismo se aplicaría la teoría del lote económico (E.O.Q) por sus siglas en ingles.

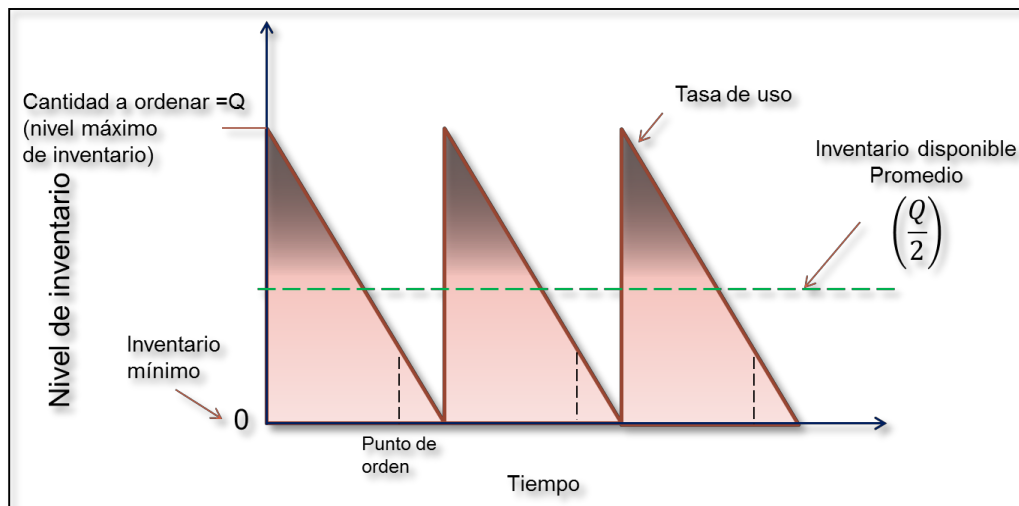
La teoría del lote económico consiste en: "(E.O.Q.), establece la cantidad óptima de materiales, que debe adquirir la organización con el fin de minimizar los costos, por tenencia de inventarios y los costos generados por efectuar pedidos." (Heredia, 2013).

Fundamentalmente la teoría del lote económico parte –como todo modelo matemático de varios supuestos, como lo describe García, 2002 (citado por Heredia Nohora, 2013):

1. La demanda, se conoce con certidumbre y es constante .
2. Los costos relacionados con el modelo, permanecen constantes.
3. La cantidad de pedido por orden, es la misma .
4. El pedido, se recibe en el momento que se ordena.
5. El inventario, se restablece el momento en que se agota .
6. El proveedor, nos surte las cantidades solicitadas en un solo lote.
7. Se considera un horizonte infinito y continuo en el tiempo (Heredia, 2013, pág. 183)

Para entender estos supuestos se parte del hecho que los valores a considerar para la optimización del lote económico y que son variables son en definitiva el costo de preparar las órdenes y el costo de mantener los inventarios tal como se describe en el gráfico siguiente que el autor ha diseñado después de consultar varios libros especializados:

**GRÁFICO No. 3**  
**MODELO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA A ORDENAR**

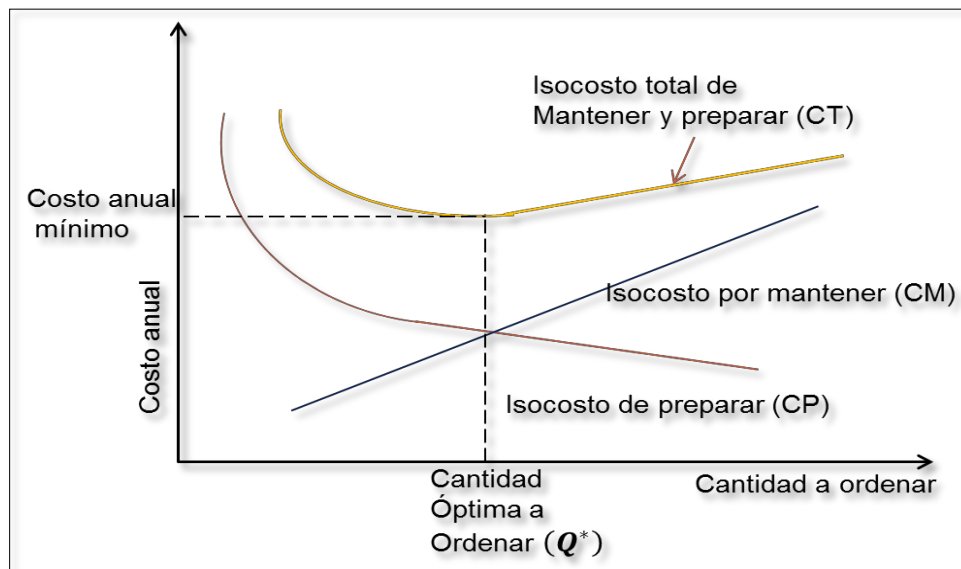


Elaborado por : Ing. Otto Santos

Si la idea principal de este modelo es reducir los costos totales, manipulando los costos variables de mantener el inventario y preparar las órdenes, Esto nos lleva a la conclusión de que, si minimizamos los costos de mantener y preparar (variables independientes, también minimizaremos los costos totales (variable dependiente).

Veamos un gráfico general de las isocuantas o contornos de costos – Costos de mantener, preparar y totales.

#### GRÁFICO No. 4 ISOCOSTOS DE INVENTARIO



Fuente: Ing. Otto Santos

Si se revisa el gráfico de isocuantas se verá que el costo mínimo total depende del punto de intersección donde se cruzan CM y CP; es decir, que si se logra obtener la ecuación  $CM = CP$ , se encontraría  $Q^*$  (la cantidad óptima a ordenar).

El siguiente paso es crear un modelo matemático que permita lograrlo.

**Q** = Número de unidades x orden

**Q\*** = # óptimo de unidades a ordenar ( **EOQ**)

**D** = Demanda anual en unidades para el artículo en inventario

**S** = Costo de ordenar o preparar para cada orden

**H** = Costo de mantener o llevar inventario x unidad x año

*CP = Costo anual de preparar CM = Costo anual de mantener Q\* = Cantidad óptima ordenar*

Entonces se puede deducir lo siguiente:

$$CP = \left( \frac{\text{Ordenes colocadas}}{\text{año}} \right) \times \left( \frac{\text{Costo de preparar u ordenar}}{\text{Orden}} \right)$$

$$CP = \frac{D}{Q} S$$

*CM = Nivel de inventario promedio x ((Costo de mantener)/unidadx año)*

$$CM = (Q/2) H$$

Ahora se usa la condición de igualdad:

$$CP = CM$$

Quedando:

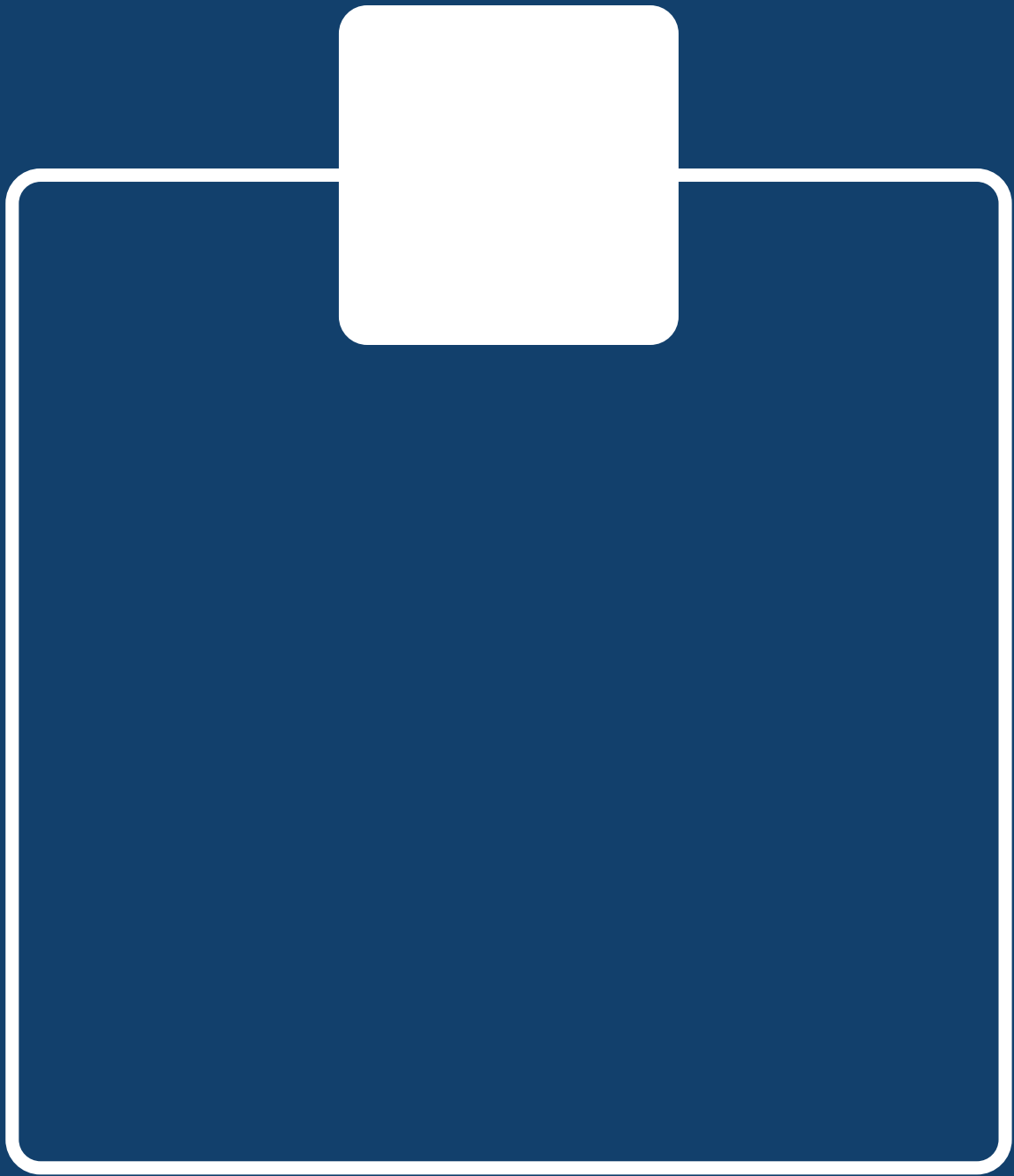
$$\frac{D}{Q}S = \frac{Q}{2}H$$

Despejando Q:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

evisada la literatura correspondiente, se puede concluir que si se establece un orden, se puede indudablemente mejorar la logística en la cadena de suministros:

- Pronóstico de la demanda
- Establecer el método ABC
- Inventariar cíclicamente
- Calcular la cantidad económica a pedir (E.O.Q.)
- Establecer los puntos de reorden.



### **Diseño de investigación**

Esta investigación adquiere por su forma el concepto de análisis matemático. Para el efecto es importante seguir con los pasos previos a su diseño e interpretación; estos pasos serán los siguientes:

- i. Análisis de la situación actual
- ii. Identificación de las variables que intervienen
- iii. Determinación del horizonte a evaluar
- iv. Análisis de probabilidades
- v. Diseño del modelo escogido
- vi. Validación del modelo

Actividades de la Empresa como objeto de estudio:

Productos metalúrgicos S.A. Es una empresa comercial dedicada a la distribución de productos ferreteros y automotrices a nivel nacional, administrado por un departamento comercial con divisiones de ferretería y automotriz, que representan más de 60 marcas.

- División automotriz con 35 familias de productos y aproximadamente 5.000 ítems.
- División ferretera con 40 familias de productos y aproximadamente 8.000 ítems

El centro de esta empresa es Guayaquil. Desde este punto estratégico, ya que todo su inventario es importado y este es el puerto de ingreso principal del Ecuador; la empresa XYZ, distribuye a gran parte del país sus productos. Sus principales Clientes están ubicados según el siguiente gráfico:

#### ILUSTRACIÓN No. 4 RUTAS Y DESTINOS DE PROMESA



Fue nte: Ing. Otto Santos

Las actividades de logística externa que realiza la Empresa XYZ, está lo siguiente:

- **Logística hacia el interior**

Cada que se llega al colchón de seguridad, se debe activar la orden de pedido, para esto se siguen actualmente los siguientes pasos:

1. Al llegar al stock mínimo el jefe de bodegas genera la respectiva orden con el stock máximo autorizado
2. El departamento de compras lo almacena hasta completar los ítems necesarios para justificar una carga marítima.
3. En este lapso de tiempo el Departamento de compras solicita cotizaciones a sus diferentes Proveedores.
4. Selecciona el posible proveedor e inicia la negociación .
5. Una vez completada la carga marítima genera las órdenes de compra respectivas.
6. Las envía vía faximil o por correo electrónico.
7. Confirmada la fecha de entrega en puerto de origen verifica rutas y fechas de transportes marítimos.

8. Contrata el flete, los seguros respectivos y al Agente de puerto.
9. Llega a Bodega, se verifica e ingresa físicamente, al sistema informático y a contabilidad.

- **Abastecimiento internacional:**

Abastecimiento internacional de productos desde Asia, Europa, USA, y Sudamérica, el transporte común es el marítimo y en caso de emergencia se recurre al transporte aéreo. Cuando las partes son traídas de países vecinos se utiliza el transporte terrestre, desde las fronteras del Ecuador con fletes consolidados.

- **Abastecimiento local de productos terminados**

Producción tercerizada (local) de marca de lubricantes GP para distribución física local.

### **Logística hacia el exterior (Cliente)**

- **Servicio logístico al cliente**

Parte de la orden de pedido generada por el Cliente; esta orden es procesada en la red informática de la Empresa. Se verifica su existencia o disponibilidad en inventario. Esto genera una requisición de materiales desde el departamento de

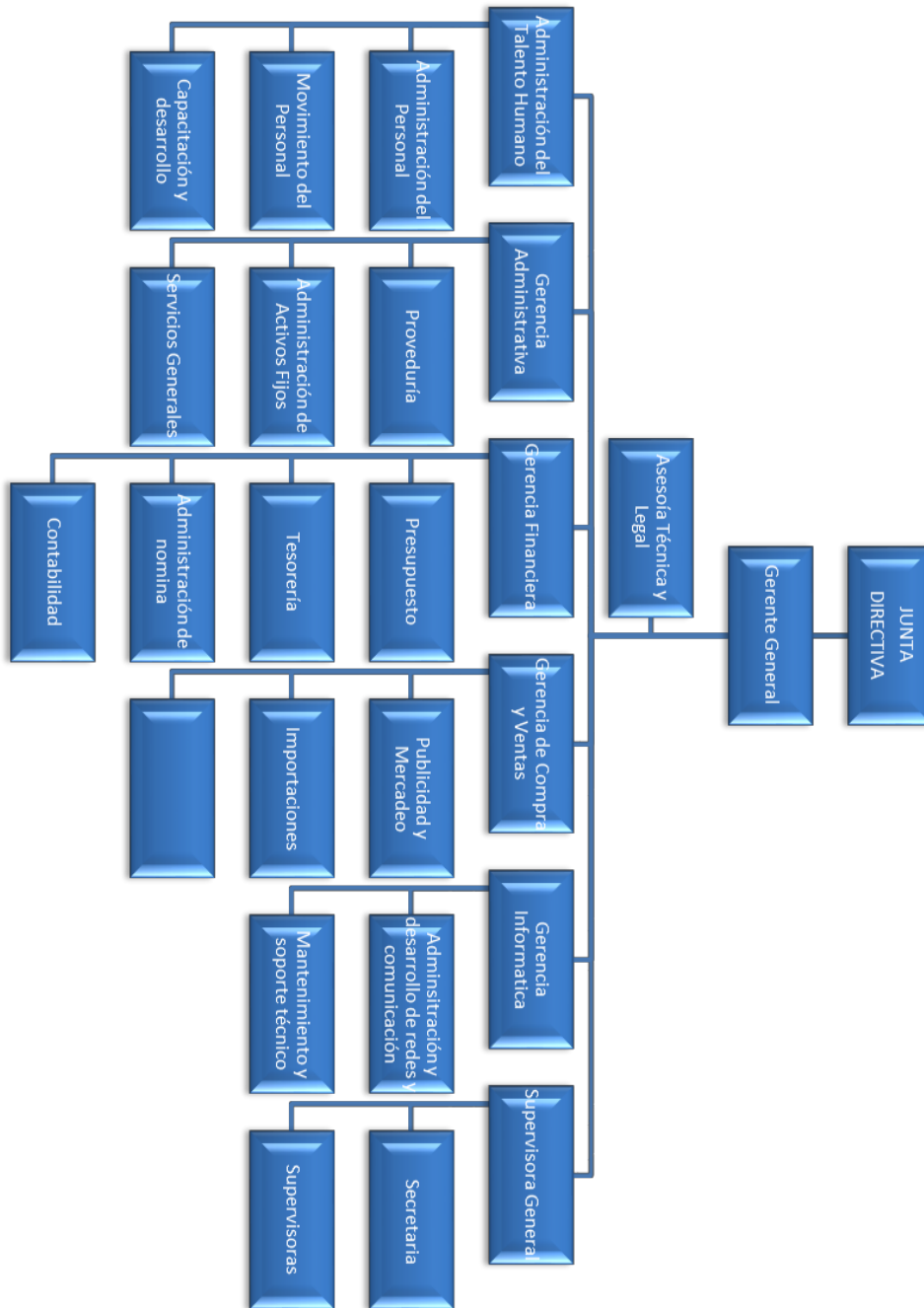
compras a Bodega, Bodega despacha y envía la salida del material numerada. Previo al despacho Contabilidad emite la factura correspondiente para, junto a la emisión de despacho, requisición de materiales y hoja de ruta autorizada y la mercadería queda lista para el envío.

- **Estructura jerárquica funcional de la Empresa XYZ**

La estructura de la empresa XYZ es de orden jerárquico, no apropiado para este tipo de negocios ya que atrasa la solución a las necesidades de los Clientes. Sin embargo el alcance del presente estudio no abarca este campo que tiene que ver con la organización administrativa y no con el área de Logística, motivo de esta investigación.

## Estructura jerárquica de la empresa XYZ

**GRÁFICO No. 5  
ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LA EMPRESA**



Fuente: Empresa XYZ

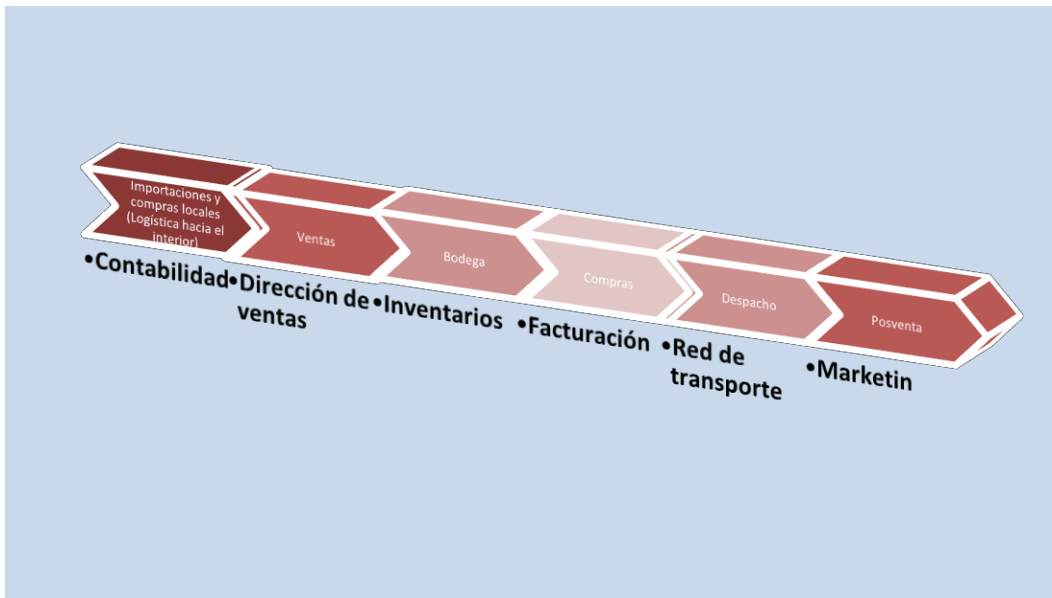
## **Cadena de valor de la Empresa XYZ**

La importancia de la cadena de valor en una empresa radica en el hecho de que se puede visualizar las actividades agregadoras de valor, así como aquellas actividades de apoyo y habilitantes. Esto permite desagregar las importantes para posteriormente identificar las que realmente importan; tal como lo afirma Michael Porter (1998), "Cada empresa es un conjunto de actividades que se desempeñan para diseñar, producir, llevar al mercado, entregar y apoyar a sus productos. Todas estas cadenas pueden ser representadas usando una cadena de valor."(Pág, 52).

*Describamos pues, la cadena de valor de la empresa XYZ.*

## ILUSTRACIÓN No. 5

### CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA XYZ



Fue nte: Ing. Otto Santos

Esta cadena representada aquí, vasta para de una manera didáctica identificar las actividades que agregan valor en la empresa XYZ. Esto permitirá trabajar en el diagnóstico y la propuesta de mejora.

### Situación actual

Una vez identificada la cadena de valor, el Autor, con apoyo de la empresa XYZ SE formó un equipo integrado por:

- Contador
- Facturador
- Vendedor
- Bodeguero

El objetivo esperado es la identificación de las posibles causas de pérdida de mercado.

Misión de cada participante.

Contador: Establecer la cartera consolidada y la incobrable y sus causas

Facturador: Establecer la frecuencia de facturas generadas y no ejecutadas, con sus respectivas causas

Vendedor: Identificar con los clientes las causas de no aceptación de los pedidos o su cambio a la competencia.

Bodeguero: Establecer qué porcentaje de órdenes de pedido anuales no se pudieron atender por no haber en el inventario el material.

### **Resultados parciales y diagnóstico**

En los siguientes cuadros se verá los resultados obtenidos de la investigación previa.

**TABLA No. 2**  
**CAUSAS IDENTIFICADAS DE PÉRDIDAS**

CAUSAS	MOTIVOS	REGION			
		GUAYAQUIL	R. COSTA	SIERRA	ORIENTE
CREDITO	CUPO DEFICIENTE	180861	94549	191683	9231
	INCUMPLIMIENTO PAGOS	87847	54028	109533	0
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>268708</b>	<b>148578</b>	<b>301216</b>	<b>9231</b>
INVENTARIO	FALTA DE INVENTARIO	113684	67535	136916	4196
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>113684</b>	<b>67535</b>	<b>136916</b>	<b>4196</b>
DEVOLUCIONES	ENTREGA TARDIA	41340	43898	88996	2727
	CONDICIONES FISICAS	25837	16884	34229	1049
	DESPACHOS NO ACORDES	41340	27014	54767	1678
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>108517</b>	<b>87796</b>	<b>177991</b>	<b>5454</b>
OTRAS	QUEJAS, ETC.	25837	33768	68458	2098
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>25837</b>	<b>33768</b>	<b>68458</b>	<b>2098</b>
<b>TOTAL</b>		<b>516747</b>	<b>337676</b>	<b>684582</b>	<b>20979</b>
<b>TOTAL PAIS</b>				<b>1559984</b>	

Fuente: Ing. Otto Santos y equipo de empresa XYZ

De estos datos se puede obtener las causas principales porcentualmente para, posteriormente, en el diseño de la investigación y la posterior propuesta, encontrar la solución óptima.

Las pérdidas de ventas relacionadas con la logística de la empresa son las siguientes:

Perdidas por crédito → 47%

Perdidas por logística → 53%

Ahora bien; Las pérdidas ocasionadas por mal manejo del crédito se dan por dos factores

- Mala gestión de cobranzas
- Mal crédito del Cliente

Esta causa no es el motivo del presente estudio, ya que no tiene que ver, o no está relacionada con la logística de los procesos involucrados, que es lo que persigue el presente trabajo de investigación. Nos centraremos en la cadena de suministros o Supply Chain.

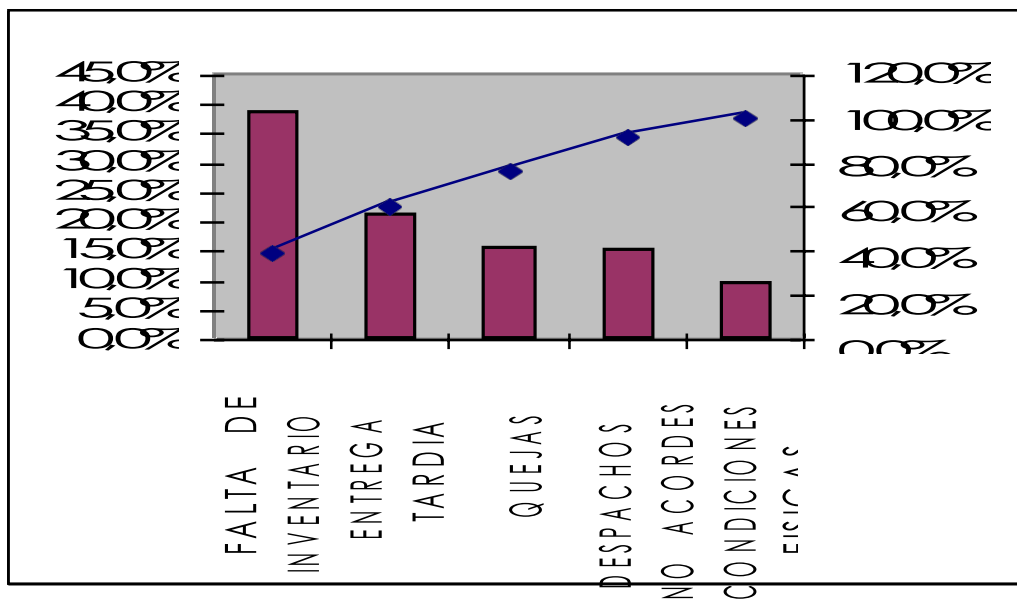
Pérdidas en la cadena de suministros

Inventario	→	39%
Devoluciones	→	43%
Otras	→	19
Perdidas por zonas		
Guayaquil	→	33 %
Resto costa	→	22 %
Sierra	→	44 %
Oriente	→	01 %

Una vez identificadas estas variables se llevara a un diagrama de Pareto las mismas, para poder identificar a cual evaluar: Hay que hacer en este

punto hincapié, que la idea del diagrama en mención es aislar las pocas actividades que generan el 80% de las causas mencionadas, y las muchas actividades que apenas generan el 20% de las mismas. Este diagrama es “Gráfico de barras cuyas variables están ordenadas de mayor a menor importancia. Se utiliza para priorizar actividades o recursos.” (Blas Jiménez, 2014, pág. 207).

**GRÁFICO No. 6**  
**CAUSAS DE PÉRDIDAS EN LA CADENA DE SUMINISTROS**



Fuente: Ing. Otto Santos y equipo de la Empresa

Se puede –ahora sí- visualizar que el inventario ocasiona el 80% de las pérdidas en la cadena de suministros. Las otras actividades afectan igualmente la competitividad de la Empresa, pero como analizar todas ya que sería muy costoso y de

tiempo muy largo nos limitaremos al inventario, ya que si se logra optimizarlo se recuperaría las perdidas mayores y la empresa ganaría prestigio y confiabilidad con sus clientes por la oportuna entrega de mercadería.

### Investigación previa a la propuesta

La investigación a desarrollar, previa a la propuesta consistirá en examinar las ventas históricas bajo el siguiente patrón:

- Análisis histórico de la ventas
- Análisis de la tendencia
- Análisis del coeficiente de correlación entre las áreas de venta.
- Pronósticos hasta tres años mediante regresión.

### Análisis histórico de las ventas

Con ayuda del departamento financiero se pudo extraer las ventas históricas desde el 2011. Esto queda reflejado en el siguiente cuadro:

**TABLA No. 3**  
**VENTAS HISTÓRICAS DEL 2011 AL 2014**

	VENTAS 2011												
	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	TOTAL
<b>Automotriz</b>	264.384	227.434	212.688	206.177	240.834	249.140	274.731	240.316	242.409	227.534	213.148	188.432	2.787.228
<b>Ferretería</b>	189.199	183.283	193.629	219.437	219.250	160.786	169.003	176.557	196.581	216.802	178.788	206.011	2.309.324
<b>Varios</b>	37.539	34.080	43.464	40.558	40.407	38.942	46.975	38.994	38.349	49.668	82.455	175.599	667.030
	<b>TOTAL 2011</b>												<b>5.763.581</b>

<b>VENTAS 2012</b>													
	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	TOTAL
<b>Automotriz</b>	269.779	232.076	217.029	210.384	245.749	254.225	280.338	245.221	247.356	232.178	217.498	192.278	2.844.110
<b>Ferretería</b>	192.080	186.074	196.577	221.653	222.588	163.234	171.576	179.245	199.575	221.226	181.511	209.148	2.344.489
<b>Varios</b>	41.710	37.867	48.293	45.064	44.897	43.268	49.448	43.327	42.611	55.187	88.662	195.110	735.442
<b>TOTAL 2012</b>													<b>5.924.040</b>

<b>VENTAS 2013</b>													
	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	TOTAL
<b>Automotriz</b>	275.285	236.812	221.458	214.678	250.764	259.413	286.059	250.225	252.404	236.916	221.937	196.202	2.902.153
<b>Ferretería</b>	195.005	188.908	199.571	223.892	225.978	165.720	174.189	181.975	202.614	225.741	184.275	212.333	2.380.201
<b>Varios</b>	46.344	42.074	53.659	50.071	49.885	48.076	52.050	48.141	47.345	61.319	95.335	216.789	811.088
<b>TOTAL 2013</b>													<b>6.093.442</b>

<b>VENTAS 2014</b>													
	ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	TOTAL
<b>Automotriz</b>	282.793	241.234	236.948	219.734	262.183	275.032	297.416						1.815.340
<b>Ferretería</b>	202.799	192.310	205.195	231.935	235.834	167.000	188.163						1.423.236
<b>Varios</b>	96.155	90.490	91.772	96.660	98.350	91.098	107.229						671.754
<b>TOTAL 2014</b>													<b>3.910.330</b>

Fue nte: Departamento Financiero

Se procedió a sacar el porcentaje entre primero y segundo semestre histórico, para poder obtener los datos del segundo semestre del 2014. Con estos porcentajes se sacó las ventas de cada año como se describe a continuación:

**TABLA No. 4**  
**VENTAS HISTÓRICAS POR LÍNEA DE NEGOCIO**

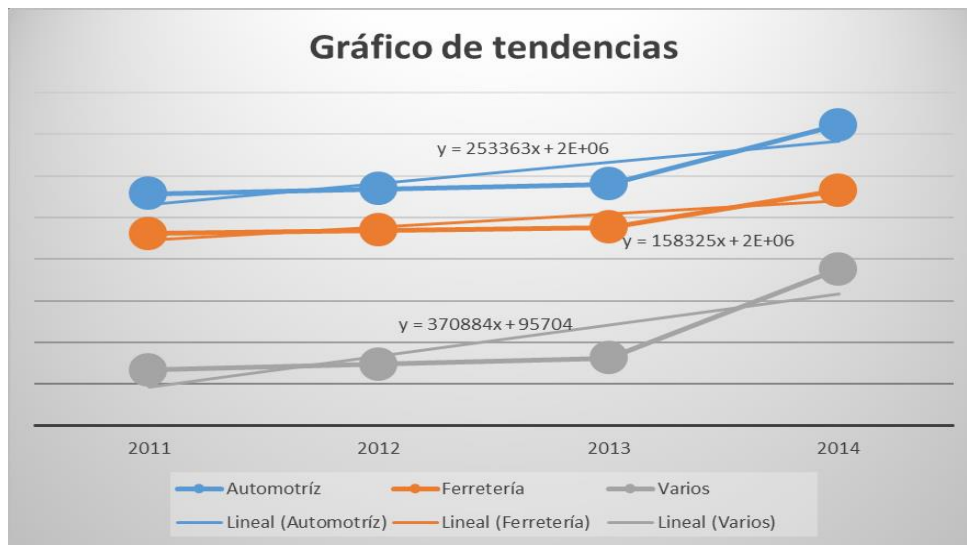
<b>Línea</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Automotriz</b>	\$ 2.787.227,74	\$ 2.844.109,94	\$ 2.902.153,00	\$ 3.612.423,41
<b>Ferretería</b>	\$ 2.309.323,54	\$ 2.344.488,74	\$ 2.380.201,00	\$ 2.825.169,88
<b>Varios</b>	\$ 667.029,80	\$ 735.441,75	\$ 811.088,00	\$ 1.878.092,75

Fue nte: Ing. Otto Santos

### **Análisis de la Tendencia**

Para este análisis, se desarrolló el gráfico siguiente usando la opción gráfico de Excel. De este se rescató las tendencias lineales para poder compararlas una de otra. El resultado fue el siguiente:

## GRÁFICO No. 7 TENDENCIAS



Fuente: Ing. Otto Santos

A simple vista, si se observa el gráfico precedente se puede inferir un comportamiento simétrico entre los tres grandes rubros de mercado de la empresa XYZ. Sin embargo es de suma importancia mantener el rigor científico de la investigación, así que el siguiente paso sería confirmar si existe correlación entre los tres rubros de venta. Para ello se recurre al coeficiente de correlación lineal de Pearson, que se define como: "Como el cociente entre la covarianza de dos variables y el producto de sus dos desviaciones típicas" (Guillén, 2014, pág. 13).

### Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación está dado por la fórmula siguiente:

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

En donde:

x = Variable independiente (para nuestro caso, las ventas automotrices)

y = Variable dependiente (ventas ferretería)

$\bar{y}$  = La media de los valores de la variable independiente

$\bar{x}$  = La media de los valores de la variable dependiente

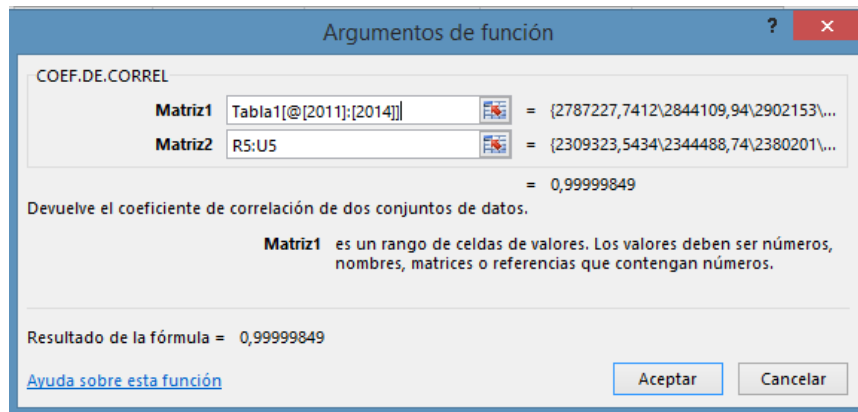
Si a la línea automotriz se la clasifica como X; a la ferretera como Y y por último a la línea de varios como Z; entonces las combinaciones posibles de correlación serían:

$$CCor1 = X-Y \quad CCor2 = X-Z \quad CCor3 = Y-Z$$

	<b>Línea</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>X</b>	<b>Automotriz</b>	\$ 2.787.227,74	\$ 2.844.109,94	\$ 2.902.153,00	\$ 3.612.423,41
<b>Y</b>	<b>Ferretería</b>	\$ 2.309.323,54	\$ 2.344.488,74	\$ 2.380.201,00	\$ 2.825.169,88
<b>Z</b>	<b>Varios</b>	\$ 667.029,80	\$ 735.441,75	\$ 811.088,00	\$ 1.878.092,75

Elaborado por: Ing. Otto Santos

Usando las fórmulas estadísticas de Excel:



Fue nte: Ing. Otto Santos

$$CCor1(X-Y) = 0,999 \quad CCor2(X-Z) = 0,998 \quad CCor3(Y-Z) = 0,998$$

Analizando estos resultados se concluye que los valores de las diferentes variables dependientes en un 99% están afectadas por los valores de las variables independientes. Este comportamiento es cuasi perfecto. La pregunta que se hizo es: ¿A qué se debe este comportamiento? Revisados los libros de facturación los Clientes en su gran mayoría compra las tres líneas; si una de ellas falla en su reposición, el Cliente no compra el pedido completo pactado inicialmente y transfiere este pedido en su totalidad a otro proveedor de iguales características.

Con estos datos, por demás claros se puede hacer una previsión a un horizonte de tres años, que es el propuesto por el Autor de este proyecto de investigación: La idea es que, con base a los resultados obtenidos en el pronóstico desarrollar la propuesta.

### **Pronóstico**

Para efectos del pronóstico se tratara de estudiar si es posible aplicar la teoría de la correlación y regresión; la teoría de correlación en definitiva dice "se ocupa de estudiar el grado de dependencia o de asociación entre las variables. El grado de dependencia es mínimo si las variables son independientes y será máximo si existe entre ellas una dependencia funcional." (Gonzales Manteiga & Pérez, 2012, pág. 109)

La teoría de correlación se vincula a su vez con la teoría de regresión, ya que esta trata sobre;

Ajustar una curva a la nube de puntos, que se denominará curva de regresión. Se trata de descubrir si la variación de los valores de una de las variables influye en la variación de los valores de otra variable con el objetivo de armar hipótesis sobre la relación entre ellas. (Gonzales Manteiga & Pérez, 2012, pág. 109)

Una vez aclarados los conceptos sobre los que se pretende trabajar el pronóstico correspondiente se pasa al análisis:

Se considera previamente que la variable independiente es la línea automotriz (X) y la variable dependiente es la línea ferretería (Y), así se tiene que:

**TABLA No. 5**  
**CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES**

<b>Línea</b>	<b>Automotriz (X)</b>	<b>Ferretería (Y)</b>
2011	\$ 2.787.227,74	\$ 2.309.323,54
2012	\$ 2.844.109,94	\$ 2.344.488,74
2013	\$ 2.902.153,00	\$ 2.380.201,00
2014	\$ 3.612.423,41	\$ 2.825.169,88

Fuente: Ing. Otto Santos

Aplicando el complemento de Excel de análisis de datos y escogiendo la opción "Regresión" se obtiene lo siguiente:

**TABLA No. 6**  
**ESTADÍSTICAS DE REGRESIÓN**

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99999849
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,999996981
R <sup>2</sup> ajustado	0,999995471
Error típico	514,9673374
Observaciones	4

Fuente: Ing. Otto Santos

Se puede observar ahora sí, que se repite el coeficiente de correlación previamente sacado y se puede inferir una fuerte correlación entre ambos valores. También se observa un error típico respecto a la media aceptable.

En el análisis de la varianza, en cambio se aprecia lo siguiente:

**TABLA No. 7**  
**ANÁLISIS DE LA VARIANZA**

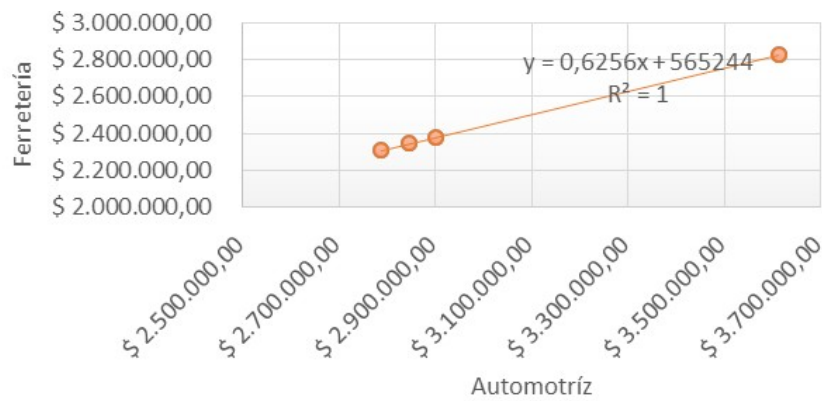
	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	565244,3603	2348,054427	240,7288152	1,7256E-05	555141,498	575347,223
Automotriz	0,625577101	0,000768619	813,8978611	1,5096E-06	0,62227	0,6288842

Elaborado por: Ing. Otto Santos

Se puede interpretar entonces, que la intersección en el eje de las (y), es decir en la línea ferretera es de \$565255,36 en el caso de que no se venda la línea automotriz. También se ve que el error típico respecto a la media es muy bajo. Y que en la campana de Gauss los valores están dentro del rango de 95% de confianza.

También se obtiene el gráfico de curva de regresión ajustado respecto a la variable independiente de la línea automotriz.

## GRÁFICO No. 8 CURVA DE REGRESIÓN AJUSTADA



Elaborado por: Ing. Otto Santos

En la ecuación de tendencia que se refleja en el gráfico, se puede visualizar que la variable dependiente (y; Ferreteria) depende de la variable independiente (x; Automotriz) y que se confirman los datos obtenidos en el análisis de varianza.

Ahora se puede calcular el pronóstico para la línea automotriz de los cuatro años siguientes, bajo la tendencia lineal y después, según la ecuación obtenida calcular el pronóstico para la variable dependiente – línea ferretera-.

Se procede pues, a calcular el pronóstico para la línea automotriz hasta el 2018, usando el método de los mínimos cuadrados:

X

<b>Linea</b>	<b>Automotriz (</b>
2011	\$ 2.787.227,74
2012	\$ 2.844.109,94
2013	\$ 2.902.153,00
2014	\$ 3.612.423,41
2015	
2016	
2017	
2018	

Elaborado por: Ing. Otto santos

Se procede utilizando la función "tendencia" de las fórmulas de Excel.

<b>Linea</b>	<b>AutomotrizX</b>
2011	\$ 2.787.227,74
2012	\$ 2.844.109,94
2013	\$ 2.902.153,00
2014	\$ 3.612.423,41
2015	\$ 3.669.886,04
2016	\$ 4.054.042,78
2017	\$ 4.437.909,30
2018	\$ 4.658.718,98

Elaborado por: Ing. Otto santos

Se procede ahora a calcular el pronóstico de la variable "ferretería" usando la ecuación determinada en el análisis de datos anterior, es decir:

$$= 0,6256 + 565244$$

Los resultados de aplicar esta ecuación se ven reflejados en la tabla siguiente:

**TABLA No. 8**  
**PRONÓSTICO DE LA LÍNEA**  
**FERRETERA**

<b>Línea</b>	<b>Automotriz ( X )</b>	<b>Ferretería ( Y )</b>
2011	\$ 2.787.227,74	\$ 2.309.323,54
2012	\$ 2.844.109,94	\$ 2.344.488,74
2013	\$ 2.902.153,00	\$ 2.380.201,00
2014	\$ 3.612.423,41	\$ 2.825.169,88
2015	\$ 3.669.886,04	\$ 2.861.124,71
2016	\$ 4.054.042,78	\$ 3.101.453,16
2017	\$ 4.437.909,30	\$ 3.341.600,06
2018	\$ 4.658.718,98	\$ 3.479.738,59

Elaborado por: Ing. Otto Santos

Para el caso de la variable dependiente "varios" se procede de la misma forma:

Se considera previamente que la variable independiente es la línea automotriz (X) y la variable dependiente es la línea "varios" (Y), así se tiene que:

**TABLA No. 9**  
**CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES**

<b>Linea</b>	<b>Automotriz (X)</b>	<b>Varios(Y')</b>
2011	\$ 2.787.227,74	\$ 667.029,80
2012	\$ 2.844.109,94	\$ 735.441,75
2013	\$ 2.902.153,00	\$ 811.088,00
2014	\$ 3.612.423,41	\$ 1.878.092,75

Elaborado por: Ing. Otto Santos

Aplicando el complemento de Excel de análisis de datos y escogiendo la opción "Regresión" se obtiene lo siguiente:

**TABLA No. 10**  
**ESTADÍSTICAS DE REGRESIÓN**

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99982074
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99964152
R <sup>2</sup> ajustado	0,99946228
Error típico	13290,6149
Observaciones	4

Elaborado por: Ing. Otto Santos

Se puede observar ahora sí, que se repite el coeficiente de correlación previamente sacado y se puede inferir una fuerte correlación entre ambos valores. También se observa un error típico respecto a la media aceptable.

En el análisis de la varianza, en cambio se aprecia lo siguiente:

**TABLA No. 11 ANÁLISIS DE LA VARIANZA**

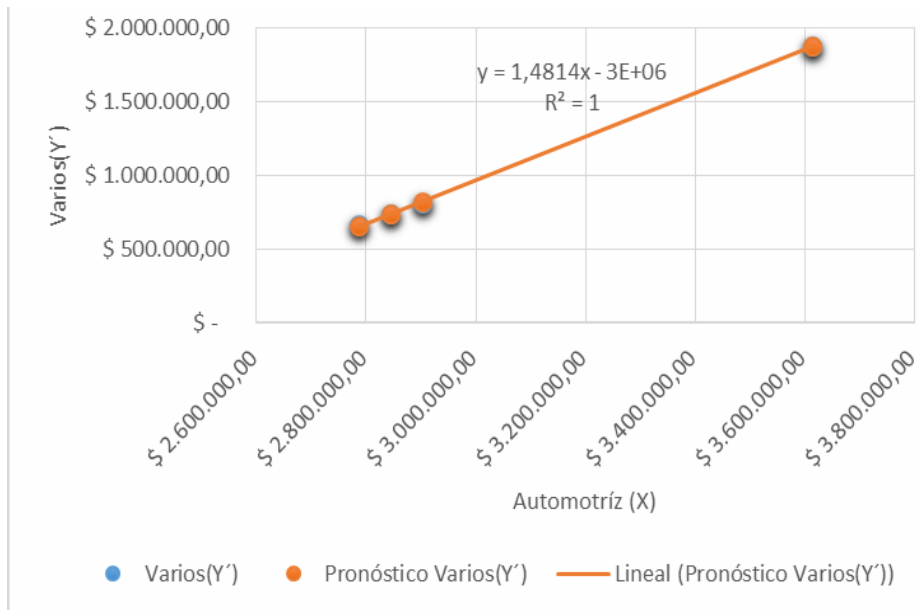
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	-3475411,39	60600,1294	-57,3499004	0,0003039	-3736152,7	-3214670,07
Automotriz (X)	1,48142805	0,01983702	74,6799874	0,00017926	1,39607626	1,56677984

Elaborado por: Ing. Otto Santos

Se puede interpretar entonces, que la intersección en el eje de las (y), es decir en la línea "es de \$ -347411,39 en el caso de que no se venda la línea automotriz. También se ve que el error típico respecto a la media es muy bajo. Y que en la campana de Gauss los valores están dentro del rango de 95% de confianza.

También se obtiene el gráfico de curva de regresión ajustado respecto a la variable independiente de la línea automotriz.

**GRÁFICO No. 9**  
**CURVA DE REGRESIÓN AJUSTADA**



Elaborado por: Ing. Otto Santos

En la ecuación de tendencia que se refleja en el gráfico, se puede visualizar que la variable dependiente (y; "varios") depende de la variable independiente (x; Automotriz) y que se confirman los datos obtenidos en el análisis de varianza.

Ahora se puede calcular el pronóstico para la línea automotriz de los cuatro años siguientes, bajo la tendencia lineal y después, según la ecuación obtenida calcular el pronóstico para la variable dependiente – línea "varios"-.

Se procede pues, a calcular el pronóstico para la línea automotriz hasta el 2018, usando el método

de los mínimos cuadrados:

Se procede utilizando la función "tendencia" de las fórmulas de Excel.

<b>Linea</b>	<b>Automotriz (X)</b>
2011	\$ 2.787.227,74
2012	\$ 2.844.109,94
2013	\$ 2.902.153,00
2014	\$ 3.612.423,41
2015	\$ 3.669.886,04
2016	\$ 4.054.042,78
2017	\$ 4.437.909,30
2018	\$ 4.658.718,98

Elaborado por: Ing. Otto Santos

Se procede ahora a calcular el pronóstico de la variable "varios" usando la ecuación determinada en el análisis de datos anterior, es decir:

$$y=1,4814x-3E+0,6$$

Los resultados de aplicar esta ecuación se ven reflejados en la tabla siguiente:

**TABLA No. 12 PRONÓSTICO VARIABLE "VARIOS"**

<b>Linea</b>	<b>Automotriz (</b>	<b>Varios(Y´)</b>
2011	\$ 2.787.227,74	\$ 667.029,80
2012	\$ 2.844.109,94	\$ 735.441,75
2013	\$ 2.902.153,00	\$ 811.088,00
2014	\$ 3.612.423,41	\$ 1.878.092,75
2015	\$ 3.669.886,04	\$ 1.961.260,74
2016	\$ 4.054.042,78	\$ 2.535.456,73
2017	\$ 4.437.909,30	\$ 3.111.630,51
2018	\$ 4.658.718,98	\$ 3.441.016,49

Elaborado por: Ing. Otto Santos

Tabla de pronósticos generada con el modelo de regresión múltiple

**TABLA No. 13 PRONÓSTICOS GENERADOS**

<b>Linea</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Automotriz (X)	\$ 2.787.227,74	\$ 2.902.153,00	\$ 3.612.423,41	\$ 3.669.886,04	\$ 4.054.042,78	\$ 4.437.909,30	\$ 4.658.718,98
Ferretería (Y)	\$ 2.309.323,54	\$ 2.380.201,00	\$ 2.825.169,88	\$ 2.861.124,71	\$ 3.101.453,16	\$ 3.341.600,06	\$ 3.479.738,59
Varios(Y´)	\$ 667.029,80	\$ 811.088,00	\$ 1.878.092,75	\$ 1.961.260,74	\$ 2.535.456,73	\$ 3.111.630,51	\$ 3.441.016,49

Elaborado por: Ing. Otto Santos

## **Conclusiones parciales**

Una vez que se ha generado los respectivos pronósticos y, habiendo ajustado la nube de datos se ve que la correlación entre la variable independiente “línea automotriz” y las dependientes “línea ferretera” y “línea varios” es cuasi perfecta se puede concluir que cualquier modelo matemático que se proponga sobre la variable independiente afectará a las otras dos variables dependientes.

## **Propuesta matemática**

La investigación partió de los puntos de reposición o de reorden bajo las siguientes políticas de la Empresa:

- Se realizan cuatro importaciones anuales para llenar los contenedores
- Los contenedores se dividen en contenedores de partes automotrices y contenedores de ferretería y varios
- Se negocia con proveedores cercanos regionalmente al puerto de embarque.

Con estas políticas se hizo una revisión de las órdenes de los clientes que no se pudieron cumplir en la línea automotriz y se obtuvo lo siguiente:

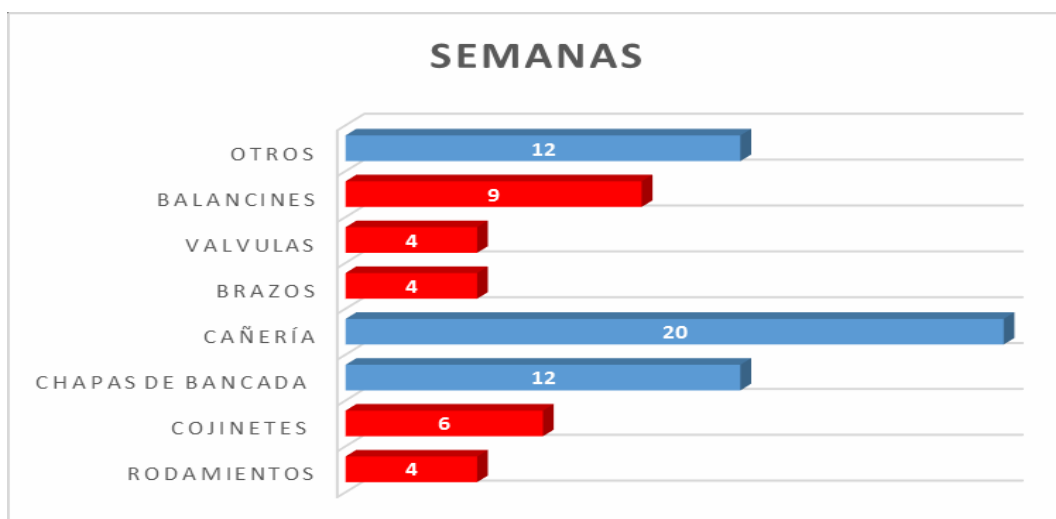
**TABLA No. 14 OFERTA INCUMPLIDA**

<b>Partes</b>	<b>Semana</b>
Rodamientos	4
Cojinetes	6
Chapas de bancada	12
cañería	20
Brazos	4
Valvulas	4
Balancines	9
Otros	12

Elaborado por: Ing. Otto Santos

De estos datos se puede colegir el siguiente gráfico donde se identifican claramente las partes que por una mala técnica de reposición. Los que están en color rojo ocasionan la pérdida de las órdenes de los clientes y cambio a otros proveedores de la competencia.

**GRÁFICO No. 10 PERDIDAS**



Elaborado por: Ing. Otto Santos

Con estos datos se clasificó a los balancines, válvulas, cojinetes, Brazos y rodamientos como un grupo de familia (el propósito, abaratar los costos de la investigación). Una vez agrupados se revisó la existencia anual histórica en bodega. Se revisó los pedidos de los Clientes sumando los cumplidos y los que no se pudieron cumplir.

El resultado fue de 25000 unidades. Se fijó una media de precios con contabilidad cuyo resultado fue de \$120 por unidad.

Con el departamento de contabilidad se estableció que el costo de generar una orden de pedido al exterior estaba en el orden de los \$25. Así mismo se consideró el costo de mantener

cada unidad en el inventario al año era de \$0,70.

Para esto, el departamento de contabilidad consideró los sueldos de bodeguero y ayudante; la depreciación de las bodegas, los seguros contra siniestros; energía eléctrica; entre otros.

Los datos previos a que cantidad económica pedir quedaron de la siguiente manera:

Demanda  $D = 25000$  unidades

Costo de preparar y ordenar

$S = \$ 25$  Costo de mantener

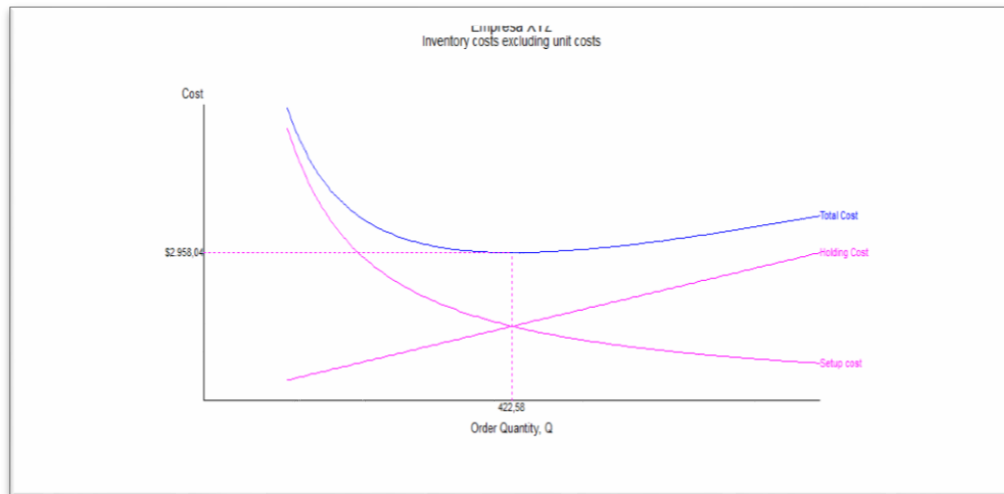
en inventario  $H = \$0,70$  Precio

unitario promedio  $CU = \$ 120$

Ahora bien, se procede a calcular la cantidad económica a ordenar EOQ (por sus siglas en ingles). Para esto se usa el software POM de windows.

## GRÁFICO No. 11

### CANTIDAD ECONÓMICA ÓPTIMA



Elaborado por: Ing. Otto Santos

Sin embargo existe una restricción que nace de las políticas de la Empresa y es que solo se puede importar cuatro veces al año por lo que el cálculo matemático.

Esta sería la nueva programación de compras para así mantener el stock apropiado en bodegas al menor costo.

El pronóstico debe ser considerado en los próximos años, para mantener un inventario de acuerdo a la tendencia.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

La falta de un pronóstico adecuado, y el cálculo del punto de reorden han sido las causas de las pérdidas de clientes históricamente.

Esto se ha remediado en el presente proyecto de investigación. El pronóstico calculado goza del rigor científico necesario como para poder aplicarlo en la práctica. En cuanto al cálculo del punto de reorden y cantidad económica a ordenar se ha procedido a desagregar la línea automotriz. Sería interesante profundizar esta parte analizando sin desagregar a la línea automotriz y a las dos variables dependientes; es decir la línea ferretera y la de varios.

Como tema de discusión es posible en base al pronóstico, establecer el método ABC considerando costos y frecuencia de pedidos de las partes. También sería necesario establecer un conteo cíclico que considere los puntos antes mencionados.



## BIBLIOGRAFÍA

- Anaya Tejero, J. (2011). *Logística integral* (4ta ed.). Madrid , España: ESIC. Recuperado el 16 de Noviembre de 2014, de [http://books.google.es/books?id=QzvXfhX5VV0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.es/books?id=QzvXfhX5VV0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Blas Jiménez, P. (2014). *Diccionario de Administración y finanzas*. Washintong DC, Estados Unidos de Norteamérica: Congreso de los Estados Unidos. Obtenido de <http://books.google.es/books?id=8q0KBAAQBAJ&pg=PA207&dq=%22diagrama+de+pareto%22+concepto&hl=es&sa=X&ei=eS5xVMKyC4OxsATB3oGoCg&ved=0CCAQ6AEwAA#v=onepage&q=%22diagrama%20de%20pareto%22%20concepto&f=false>
- Casanovas, A., & Cuatrecasas, L. (2011). *Logística integral* (1ra ed.). Barcelona, España: Profit. Obtenido de [http://books.google.es/books?id=68tx0owyJ0wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.es/books?id=68tx0owyJ0wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Castellanos, A. (2009). *Manual de la gestión logística del transporte* (1ra ed.). Barranquilla, Colombia: Uninorte. Recuperado el 16 de noviembre de 2014, d

tcover&hl=es&source=gbs\_ge\_summary\_r&cad=0#v=onepage &q&f=false

Chase, R., Aquilano, N., & Jacobs, R. (2004). *Administración de producción y operaciones*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Gómez Acosta, M. (1997). LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL FLUJO LOGÍSTICO EN EMPRESAS DE PRODUCCIÓN CONTRA PEDIDOS DE LA INDUSTRIA MECÁNICA. *INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ A. ECHEVERRÍA*, 56.

Gonzales Manteiga, M., & Pérez, A. (2012). *Estadística aplicada; Una visión instrumental* (1ra ed.). Madrid, España: Díaz de Santos S.A. Obtenido de <http://books.google.es/books?id=8tocMTUkICkC&printsec=frontcover&dq=probabilidad+y+estadistica+para+ingenieros&hl=es&sa=X&ei=2zNzVOX4GsyiNtThgNgF&sqi=2&ved=0CDAQ6AEwAw#v=onepage&q=probabilidad%20y%20estadistica%20para%20ingenieros&f=false>

Guillén, M. (Septiembre de 2014). *Análisis de regresión múltiple*. Madrid, España: Centro de investigaciones sociológicas. Obtenido de [http://books.google.es/books?id=qymzBAAQBAJ&pg=PA13&dq=coeficiente+de+correlaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ei=5ulxVL\\_0Bla1sATAkoKADQ&ved=0CCEQ6wEwAA#v=onepage&q=coeficiente%20de%20correlaci%C3%B3n&f=false](http://books.google.es/books?id=qymzBAAQBAJ&pg=PA13&dq=coeficiente+de+correlaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ei=5ulxVL_0Bla1sATAkoKADQ&ved=0CCEQ6wEwAA#v=onepage&q=coeficiente%20de%20correlaci%C3%B3n&f=false)

Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de administración de*

operaciones. Mexico DC, Mexico: Pearson education.

Obtenidode

<http://books.google.es/books?id=jVlwSsVHUfAC&pg=PA106&dq=%22pron%C3%B3sticos%22&hl=es&sa=X&ei=ut1sVle8Bo>

Heredia, N. (2013). *Gerencia de compras; la nueva estrategia competitiva*. Bogotá, Colombia: Ecoe ediciones. Obtenido de <http://books.google.es/books?id=mb3aAQAAQBAJ&pg=PA184&dq=cantidad+econ%C3%B3mica+a+pedir&hl=es&sa=X&ei=1fVtVP3RDsOegwTKn4OYDw&ved=0CDwQ6wEwBQ#v=onepage&q=cantidad%20econ%C3%B3mica%20a%20pedir&f=false>

Lacalle, G. (2013). *Gestión logística y comercial*. Madrid, España: Editex. Obtenido de [http://books.google.es/books?id=XaDEAwAAQBAJ&pg=PA55&dq=m%C3%A9todo+abc+para+inventarios&hl=es&sa=X&ei=0extVOP\\_CcGcgwT1mlOgCQ&ved=0CDUQ6AEwAg#v=onepage&q=m%C3%A9todo%20abc%20para%20inventarios&f=false](http://books.google.es/books?id=XaDEAwAAQBAJ&pg=PA55&dq=m%C3%A9todo+abc+para+inventarios&hl=es&sa=X&ei=0extVOP_CcGcgwT1mlOgCQ&ved=0CDUQ6AEwAg#v=onepage&q=m%C3%A9todo%20abc%20para%20inventarios&f=false)

Porter, M. (1998). *Ventaja competitiva* (17ava ed.). México DC, México: CECSA.

Rubio Lacoba , S. (2003). EL SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA EN LA EMPRESA: ANÁLISIS Y APLICACIONES . (U. d. Extremadura, Ed.) *UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA* , 39.

Obtenido de

[file:///C:/Users/carlin/Downloads/dcfichero\\_tesis.pdf](file:///C:/Users/carlin/Downloads/dcfichero_tesis.pdf)

TAMEZ GONZALEZ, I. (2009). "influencia de la logística de distribución dentro de la cadena de suministro en la calidad del servicio en la industria farmacéutica. *universidad autónoma de tamaulipas*, 34. Obtenido de <http://www.fcav.uat.edu.mx/siap/data/TMDE03.pdf>

Walpole, Myers, Myers, Ye, Levin, Rubin, . . . Render. (2009). *Probabilidad y estadística* (1ra ed.). México dc, México: PearsonEducation.

### **INGENIERO INDUSTRIAL OTTO BENJAMIN SANTOS VASQUEZ, MGS**

Magister en Sistemas de Producción y Productividad por la Universidad de Guayaquil, Diploma Superior en Diseño Curricular por Competencias por la Universidad de Guayaquil, Docente de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil desde 1989: Tutor de Tesis de Pregrado y Postgrado. Ex instructor del Instituto de Desarrollo Profesional (IDEPRO) de la Cámara de Comercio de Guayaquil.

### **INGENIERO INDUSTRIAL BYRON JOSE LOOR ALCIVAR, MGS**

Magister en Sistemas Integrados de Gestión por la Universidad de Guayaquil, Docente de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil desde 12 años: Tutor de Tesis de Pregrado. Docente del Curso de Nivelación.

### **INGENIERO INDUSTRIAL MARIO MEDINA ARCENTALES, MGS**

Magister en Diseño Curricular por la Universidad de Guayaquil, Diplomado Superior en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional por la Universidad de Guayaquil, Docente de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil desde 1983.-Tutor de Tesis de Pregrado desde 1997.-

### **INGENIERO INDUSTRIAL MARCOS MANUEL SANTOS MÉNDEZ, MGS**

Magister en ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS por la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil. Diploma Superior en Pedagogía Universitaria por la Universidad de Guayaquil. Ingeniero Industrial por la Universidad de Guayaquil. Docente de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil. Tutor de Tesis de Pregrado. Director de Carrera de Ingeniería Industrial Facultad de Ingeniería industrial. e-mail: mmsantos@gmail.com

ISBN: 978-9942-33-084-0



compAs