Dedicatoria

Este trabajo va por México, dedicado para todas las empresas mexicanas, que buscan mejorar sus métodos de trabajo logísticos. Deseamos empresas de primer mundo que puedan ofrecer mayores ingresos para que se eviten numerosas muertes anuales de mexicanos al buscar la falacia del sueño americano.

Esta tesis tiene esa misión u objetivo, que las empresas mexicanas se preocupen por tomar mejores decisiones respecto a los impulsores de una cadena de suministro (inventarios y transporte) de tal forma que bajen sus costos logísticos y puedan ser más competitivas.

Por el amor al mejor país del Mundo !!

Viva México !!!!!

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA

TECNOLÓGICO DE MONTERREY®

"DEFINICION DE CRITERIOS PARA LA RELACION ENTRE LOTES DE PEDIDO DE INVENTARIOS Y MEDIOS DE TRANSPORTE A UTILIZAR EN UN AMBIENTE DE DEMANDA DETERMINISTICA CON PATRON CONSTANTE"

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

POR:

LUIS GARZA GUARNERI

MONTERREY, N. L. DICIEMBRE DE 2004

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA

TECNOLÓGICO DE MONTERREY®

"DEFINICION DE CRITERIOS PARA LA RELACION ENTRE LOTES DE PEDIDO DE INVENTARIOS Y MEDIOS DE TRANSPORTE A UTILIZAR EN UN AMBIENTE DE DEMANDA DETERMINISTICA CON PATRON CONSTANTE"

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

POR:

LUIS GARZA GUARNERI

MONTERREY, N. L. DICIEMBRE DE 2004

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA

Los miembros del comité de tesis recomendamos que el presente proyecto de tesis presentado por la Ing. Ana Hilda Santillán López sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

Maestro en Ciencias con Especialidad en Sistemas de Calidad y Productividad

Comité de Tesis:

Ing. Alberto Novau Dalmau
Asesor

Ing. Judith Navarro Uribe
Sinodal

Ing. Aarón David Garza Caballero
Sinodal

Aprobado:

Dr. Federico Viramontes Brown
Directo del Programa de Graduados en Ingeniería

Diciembre, 2004

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

En el último siglo se apreciaba que los bienes y servicios no se producían a tiempo o bien no estaban disponibles al momento que los consumidores los deseaban.

La comida por ejemplo se dispersaba ampliamente y estaba disponible en abundancia solamente en ciertas estaciones del año. Más tarde los consumidores tenían la opción de consumir bienes en la facilidad más cercana o bien almacenarlos para uso futuro.

El sistema limitado en el movimiento y almacenamiento de bienes forza de alguna manera a la población a emigrar de los pueblos rurales o semi-urbanos a las metrópolis con el fin de vivir cerca de las fuentes de producción y consumir un rango mayor de bienes.

En cierto grado esto provoca la centralización de la población en países subdesarrollados como México debido a que no se tienen las herramientas, infraestructura e inversión para hacer un plan estratégico de llevar las necesidades a todas sus regiones.

En Estados Unidos todos los pueblos cuentan con los mismos servicios de las ciudades grandes y con las mismas oportunidades de empleo en proporción del tamaño.

En México año tras año la población emigra a las ciudades grandes como el DF. Guadalajara o Monterrey porque no tienen las mismas oportunidades ni las mismas opciones de compra y eso se observa en todos los estratos sociales. De allí la importancia de tener una estructura logística en todos los estados de un país para que los bienes sean dispersados apropiadamente.

La centralización de un país es una de las razones fuertes para que su progreso sea limitado. Es importante establecer estrategias de abastecimientos para abarcar todas las regiones, por ejemplo la estrategia de Cervecería es que las fuentes cercanas paguen por las fuentes lejanas.

El precio de la cerveza en Monterrey es mayor al de otras regiones del sur, de este modo compensan el gasto de surtir los productos a regiones más lejanas. Por lo tanto no ha de faltar cerveza en cualquier región del país.

El principio de la ventaja comparativa se refiere al proceso de intercambio de bienes entre dos regiones con especialización en la producción de ciertos productos. Por ejemplo veamos el siguiente comparativo:

Región	Zapatos (par)	Carne Seca (kg)	Total
Nuevo León	280	120	400
León	100	280	380

Tabla 1.1

Un sistema logístico eficiente permite ahorros significativos tales como:

Región	Zapatos (par)	Carne Seca (kg)	Total
Nuevo León	180 a	120	300
León	100	200 b	300

Tabla 1.2
a: con transporte desde león
b: con transporte desde nuevo león

La industria manufacturera que se dedica a la maquila utiliza su historial para elaborar la planeación de la producción y por ende en la mayoría de los casos ya tienen prevista la producción del año.

En las empresas Manufactureras en donde se tienen proveedores globales de diferentes regiones continentales, es de suma importancia la manera en que se decide traer los lotes de los materiales de las diversas fuentes, porque la manera de hacerlo puede representar costos ocultos importantes para la compañía.

Generalmente las empresas tienen mucha muda en espacios por mala planeación de los inventarios y terminan rentando bodegas. La muda es todo gasto innecesario o desperdicio que no otorga un valor agregado al producto terminado.

Se lleva una descoordinación por falta de sistemas de información en el traslado de los materiales y recibos tal que los componentes que forman un producto llegan a la planta con mucha diferencia de días. Los lotes de las materias primas todos son diferentes tal que siempre sobran o faltan componentes antes o después de la producción.

1.2 OBJETIVO GENERAL Y ALCANCE

- ✓ Definir criterios para la relación entre inventarios y tipo de transporte utilizado en un ambiente de demanda determinística con patrón constante.

- ✓ Se trata del desarrollo de una metodología de análisis basada en el costo total anual de mantener y transportar inventarios.

- ✓ La importancia de esta tesis radica en que cuando se mueven grandes volúmenes de piezas anuales de manera ineficiente, se tiene estimado que la empresa pierde millones de dólares por este concepto.

- ❖ Este estudio se limita principalmente a una estrategia competitiva: mantener bajos precios

- ❖ Se consideran costos fijos de transporte variables respecto a distancia, no están consideradas las variables de peso y volumen.

- ❖ La demanda es considerada determinística con un patrón constante a través del año y no se contempla inventario de seguridad

- ❖ En el esquema considerado el promedio del inventario en planta y/o almacén de distribución es tamaño de pedido sobre dos. (Q/2)

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ➢ Conocer las posibles decisiones que pueden tomar las empresas Manufactureras para el desarrollo de su cadena de suministro en cuánto a inventarios se refiere relacionados al medio de transporte a utilizar.

- ➢ Analizar el impacto de las decisiones que pueda tomar una Cadena de Suministro respecto a sus impulsores con relación al Sistema de Inventarios.

- ➢ Plantear alternativas de decisión para diferentes sistemas de inventarios

1.4 HIPÓTESIS

Se desea probar que el Costo de Mantener Inventarios afecta más que el Costo de Transporte en Industrias Manufactureras.

1.5 CADENA DE SUMINISTRO

La logística es una colección de actividades funcionales que se repiten muchas veces a través del canal de distribución por donde las materias primas se convierten en productos finales y existe un valor añadido ante los ojos de los consumidores. 1 (Ballou, 1999)

La administración logística de negocios toma en cuenta el abastecimiento físico de materiales y su distribución, a este proceso popularmente se le denomina administración de la cadena de suministro.

El abastecimiento físico se refiere al lapso de tiempo y espacio entre las fuentes de bienes y los puntos de proceso. La distribución se refiere al lapso de tiempo y espacio entre los puntos de proceso y los consumidores. La suma de los dos, abastecimiento y distribución, constituye la cadena de suministro al cliente final.

La logística de reversa se utiliza cuando los productos requieren mantenimiento o reparación y regresa a todos o parte de los puntos de la cadena para su procesamiento. La cadena de suministro termina con la disposición final del producto, y la logística en reversa debe ser considerada en el panorama logístico de plan y control.

Los componentes de un sistema logístico típico son el servicio al cliente, el pronóstico de la demanda, la distribución física, el control de inventarios, el manejo de materiales, el procesamiento de órdenes, el soporte de servicio y refacciones, la selección de la ubicación de plantas y almacenes, las políticas de inventario y transporte, el costo de rescate, y la disposición de scrap.

Las actividades claves en una cadena de suministro son:

- Mercadotecnia: determinar necesidades del cliente y nivel de servicio
- Transportación: seleccionar los tipos de transportes y programación de envíos
- Inventarios: determinar políticas, tamaños de lote, y estrategias.
- Información: procedimientos de interface y métodos de transmisión de órdenes.

Las actividades de soporte en una cadena de suministro son:

- Almacenamiento: determinar espacio, layout, diseño de embarques y configuración
- Manejo de materiales: selección de herramientas, procedimientos de recolección y almacenamiento.
- Compras: selección de fuentes de abastecimiento, lotes y tiempos de proceso
- Empaque: diseño de empaque para su protección, manejo y almacenamiento
- Producción: secuencia, lotes y tiempo de producción.
- Mantenimiento de la información: manipulación y colección, análisis de datos y procedimientos de control.

La transportación y los inventarios son las actividades primarias que tienen mayor participación respecto a los costos logísticos. Dichas actividades representan alrededor de un 60% de los costos logísticos.

El transporte agrega valor de ubicación de los productos mientras que los inventarios añaden valor del tiempo o disposición de los productos. El transporte es esencial debido a que es casi imposible que la estructura de una cadena se encuentre en el mismo lugar, al menos un eslabón de la cadena se encuentra en otra ubicación distinta a las demás.

Por su parte los inventarios son muy importantes en la administración logística debido a que es casi imposible proveer producción instantánea y tener 100% certeza en los tiempos de respuesta a los consumidores. De este modo los inventarios sirven de buffers durante el tiempo de abastecimiento y demanda para ofrecer disponibilidad de productos y flexibilidad para la producción y logística.

En la siguiente tabla 1.2 proporcionada por 2 Drumm & Davis (1996) se encuentran los costos promedios en porcentaje de ventas y por tonelada:

Categoría	% de Ventas	$ dlls / cwt
Transporte	2.88 %	19.13
Almacenamiento	2.09 %	21.94
Servicio al cliente	0.55 %	6.58
Administración	0.40 %	3.32
Inventarios	2.32 %	32.27
Costos totales de Distribución	**8 %**	**80.27**

Tabla 1.2

La siguiente actividad importante es la del proceso de ordenar, que es el punto de partida para dar pie al movimiento y procesamiento de los productos.

Finalmente las actividades de soporte son consideradas como contribuyentes al éxito de la cadena y el uso apropiado de ellas depende de las características de los productos.

Los productos finales solo tienen valor cuando se ponen a disposición en el tiempo y lugar adecuado al momento que el consumidor los desean adquirir. Entre mayor sea ese valor, mayor será la ganancia de la cadena ya que tiene mayor flexibilidad de vender a diferentes precios.

La administración de la cadena de suministro tiene ciertas etapas en su proyección e implementación. Las etapas constan de la planeación, organización y control para alcanzar la misión de la empresa.

La etapa preliminar que es la de planeación se refiere a las metas de corto, mediano y largo plazo que quiere la empresa. La etapa de organización se refiere a la recolección y posicionamiento de recursos para cumplir con las metas y finalmente el control se refiere a la manipulación de indicadores para medir el desempeño para tomar acciones preventivas o correctivas cuando la empresa no está cumpliendo con las metas propuestas.

La importancia de tomar buenas decisiones sobre los impulsores de la cadena de suministro se refleja en el éxito de la estrategia competitiva, ya sea en términos de alta eficiencia, alta respuesta o una combinación de ellas.

Agradecimientos Muy Especiales

A Dios, que por él vivo

A mi querida y amada Karla Julieta, que por ella respiro

A mi adorable Gael Mauricio, que por él sonrío

A mi Familia Garza Guarneri, que por ellos existo

A Qui, por su gran aliento

Al Dr. Jaime Gutierrez, por su infinito apoyo en momentos de crisis

A mis amigos, que por ellos continúo (Fer avilés y alonso "loquillo")

A grupo MFC, que por ellos se sigue el camino de Dios
(Luis y Paty, Arturo y Samy, Pilo y Yanet, Jorge y Cristy, Luis y Ale, Luis y Moni, Erick y Nancy)

A Familia Mota, por su gran amistad (Don Ricardo, Doña Elodia, y sus muy estimados hijos Rica, Juan, Memo, Beto, Bety, y Aracely)

A mis compañeros, que por ellos aprendo (Oscar, Ana, y Manuel)

A mi asesor Alberto Novau, que por él se logra conquistar la meta

A mis sinodales Judith, Gerardo y Aaron que por ellos supero

A todos,

"Porque su Apoyo es siempre mi Triunfo"

CAPÍTULO III. MODELO DE RELACIÓN INVENTARIOS - TRANSPORTE

Estrategia Competitiva Precios Bajos

Consideraremos definida como estrategia competitiva, el llegar al cliente con precios bajos. Además consideraremos demanda determinística y constante.

Por lo general se aplican Sistemas Push cuando se tiene la seguridad de que los productos finales van a ser adquiridos en determinado momento por los consumidores, es decir, llevan mucho tiempo en el mercado y no cambian su estructura por mucho tiempo. El objetivo es comparar los costos totales de distintos transportes para tomar la mejor decisión.

3.1 Fórmula General para Determinar los Costos Totales (Ballou, 1999)

CT = RxD + IxC´xQ*/2 + IxCxQ*/2 + IxCxDxT / 365

Para hacer los análisis procederemos a fijar algunas constantes y mover distintas variables, para definir su efecto en el costo total.

Las variables situadas en la fórmula general para calcular los costos totales dependen asimismo de otras variables que deben ser consideradas para calcular su valor mediante fórmulas secundarias que se describen a continuación:

3.1.1 Fórmulas Secundarias

R = F / Q*

F = U x K

Q* = Y x Q

Q = D / N

N = 365 / (L +T)

Fr = L + T = 365 / N

T = Ti x W

3.2 Definición de Unidades

3.2.1 Unidades Incluidas en Fórmula General

Variable	Descripción	Unidades
R	costo unitario de transporte	$ / pieza
D	Demanda anual del producto final	Piezas
I	% del costo del producto que cuesta mantener el inventario (Fracción de inversión)	% / año
C´	Costo unitario de la materia prima en el almacen de distribución	$ / pieza
Q*	Tamaño de lote por pedido	Piezas
C	Costo unitario de materia prima	$ / pieza
T	Tiempo de tránsito según transporte	Días

Tabla 3.1

Constantes	Descripción	Unidades
2	Promedio del tamaño de lote	Adimensional
365	Total de días que tiene el año	Días

Tabla 3.2

3.2.2 Unidades Incluidas en Fórmulas Secundarias

Variable	Descripción	Unidades
F	costo por cada flete	$
Y	unidades de materia prima por producto terminado	adimensional
U	Distancia del proveedor	kms
K	Costo por kilómetro según transporte	$ / km
W	Factor adimensional para definir el tiempo de tránsito según la distancia y origen del proveedor (nacional / extranjero)	adimensional
L	Tiempo de respuesta del proveedor	días
N	Número de pedidos al año	adimensional
Fr	Frecuencia para rellenar el inventario	Días

Tabla 3.3

3.3 Empresas con Demanda Determinística

La restricción más importante para este modelo de iteración es el tiempo de respuesta del proveedor, el tamaño de lote estará basado en el tiempo que tarda el proveedor en responder y el tiempo de tránsito del modo de transporte.

Se iteraran proveedores con alta y baja respuesta desde 1 día hasta 100 días de respuesta.

El tamaño de lote se calcula dividiendo la demanda en cierto número de pedidos al año, estos pedidos dependerán de la velocidad con que responda el proveedor. Si el proveedor responde muy rápido, este puede surtir más pedidos al año, en cambio si responde muy lento su surtido se vuelve limitado.

El tiempo de tránsito es otra variable que puede incrementar el número de pedidos al año. Si se utiliza un transporte rápido, el surtido puede ser mayor a que si se utiliza un transporte lento.

Por ejemplo, si el proveedor responde en 1 día, y el tiempo de tránsito es de 3 días, el tamaño de lote se calcula para rellenar la demanda a partir de cada 4 días.

En cambio si el proveedor responde en 30 días, y el tiempo de tránsito es de 3 días, el tamaño de lote se calcula para rellenar la demanda a partir de cada 33 días.

La razón significativa de realizar este procedimiento es para tender a no utilizar inventarios de seguridad que incrementen los costos totales con el fin de asegurar que el relleno del inventario sea eficiente en cada período en que se requiere, por lo tanto también se tiene la opción de rellenar con varíos días de colchón para contrarrestar imprevistos.

Por ejemplo, si tomamos el caso de que el proveedor responde en 30 días, el tamaño de lote se puede calcular sobre 40 días para darle 10 días de colchón por si imperan imprevistos.

En cambio no se puede hacer al revés, calcular el tamaño de lote sobre 25 días porque los pedidos no van a llegar cada 25 días debido a que el proveedor tarda 30 días en responder, en este caso se tendría que utilizar inventario de seguridad para 5 días que es la diferencia entre 30 y 25.

Cabe destacar que está fórmula no la aplicariamos en su totalidad si se utiliza el mismo tamaño de lote para todos los transportes y los tiempos de tránsito no son significativos, de lo cual resulta que se va a eliminar el segmento de IxCxQ/2 ya que se convierte en costo fijo de la fórmula general pues es el mismo costo para los cuatro tipos de transportes.

Un ejemplo para el caso donde la fórmula no aplica en su totalidad es decir que el tiempo de respuesta del proveedor es de 4 días, y los pedidos se realizarán mensualmente, en este caso con cualquier tipo de transporte se va pedir el mismo tamaño de lote, el tamaño de lote siempre será el mismo para los cuatro transportes ya que el tiempo de tránsito está incluido en el período de reabastecimiento.

Esto se debe a que como los pedidos se van a surtir cada mes, la respuesta es múy rápida, 4 días, entonces se puede utilizar cualquier transporte y que la mercancia llegue cada mes. Como va llegar cada mes, el tamaño de lote es el mismo para los cuatro transportes pues el tiempo de tránsito más largo es de 21 días al usar agua y es menor al mes.

El transporte aire se va pedir 6 días antes de cada mes, el transporte terrestre se pide 10 días antes, y el riel 20 días antes del mes. Suponiendo ciertos tiempos de tránsito para cada transporte, para el caso del transporte aire son 6 días debido a que son 4 días de respuesta y 2 días de tránsito.

Para el caso de transporte terrestre son 4 días de respuesta y 6 días de transporte. El número de pedidos es el mismo para todos los tipos de transportes: 12 pedidos.

El tamaño de lote de la materia prima estará en función de un estimado de la demanda anual del producto terminado, de su relación con el mismo, del tiempo de respuesta del proveedor y del tiempo de tránsito (modo de transporte) Se iteraran a tamaños de lote bajos y altos.

El tiempo de tránsito depende de la ubicación del proveedor, factor W nacional o extranjera y su distancia total al fabricante. Se iteraran ubicaciones cercanas y largas.

El valor de I (fracción de inversión en inventarios) oscila en México entre un 15 % y un 30 % y depende del costo del dinero según el criterio del empresario de acuerdo al giro de su empresa. Es equivalente al costo de oportunidad de invertir el dinero en algo más provechoso o en su defecto el costo de pedir prestado.

La cultura de usar el dinero de otros sin pagar por él no se considera ya que es un círculo vicioso que empieza con el cliente hacia atrás de la cadena. Los clientes se lo hacen al distribuidor, el distribuidor al fabricante, el fabricante al proveedor y asi sucesivamente. Por lo tanto se trata de ver quien se aprovecha más a quién pero al final de cuentas nadie sale ganando a nadie.

El costo de la materia prima depende del tipo de producto y la negociación entre proveedor y fabricante. Se iteraran a costos bajos y altos.

La demanda del producto depende del mercado al que va enfocado, se iteraran productos con demandas desde 100,000 hasta 5,000,000 anuales.

El tiempo de tránsito se fija de acuerdo al modo de transporte, ubicación del proveedor y distancia total.

3.3.1 Políticas de Relleno a Considerar

Caso 1: Q variable según transporte

La política de relleno coincide con la demanda del producto y en este caso su frecuencia está determinada por la suma del tiempo de respuesta del proveedor más el tiempo de tránsito según el transporte utilizado (L+T). Para este caso la Q varía de acuerdo al transporte utilizado. Esto significa que el transporte rápido tendrá mayor número de pedidos que el transporte lento debido a que puede hacer los surtidos en menor tiempo posible.

Caso 2: Q constante en todos los transportes

La política de relleno coincide con la demanda del producto y en este caso su frecuencia está determinada por el usuario asumiendo que el tiempo de respuesta del proveedor es muy corto respecto a la frecuencia deseada. Para este caso la Q es constante en cualquier transporte utilizado. Esto significa que el transporte rápido tendrá el mismo número de pedidos que el transporte lento debido a que la frecuencia de pedidos está fija por el usuario y el proveedor es capaz de surtir el pedido a tiempo bajo cualquier medio de transporte.

En resumen, las iteraciones que se realizaran son:

3.3.1.1 Sistemas Push

Para el sistema Push se van a iterar cinco variables para ver el efecto en la fórmula principal, estas variables son tamaño de lote, costo unitario, factor I, demanda anual y ubicación del proveedor.

		RANGO DE ITERACIÓN	
	Constante	min	max
Q	100,000	*15,000*	*500,000*
C	$12.60	*$1.00*	*$1,000.00*
I	25%	*15%*	*30%*
D	1,000,000	*100,000*	*5,000,000*
U	1,000	*1,000*	*9,000*

Tabla 3.3a

Análisis 1: Q* tamaño de lote por pedido

Caso1: rellenando cada período L+T
Caso2: rellenando cada frecuencia deseada, L es muy pequeña respecto al período de relleno deseado.

Los siguientes Análisis tomaran en cuenta las bases fundamentadas en el Caso 1 del Análisis 1.

Análisis 2: C costo unitario de la materia prima
Análisis 3: I % del costo del producto
Análisis 4: D demanda anual del producto
Análisis 5: U ubicación del proveedor

Los siguientes Análisis tomaran en cuenta las bases fundamentadas en el Caso 2 del Análisis 1.

3.3.1.2 Sistemas Pull

Para sistemas Pull se tomará como base la idea de rellenar a una frecuencia deseada y se va comparar los resultados con el de Lote Económico.

Análisis 6: Lote Económico

Análisis 7: Lote Económico Corregido

3.4 Fórmula General para Determinar los Costos Totales

$$CT = R*D + IC'Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365$$

La fórmula general se divide en cuatro segmentos que significan el costo anual total de transporte, el costo promedio de mantener inventario en almacén, el costo promedio de mantener inventario en planta y el costo promedio de mantener inventario en tránsito respectivamente.

En nuestro análisis una restricción importante para calcular los costos totales involucrados por mantener y transportar inventarios es el sistema que sigue un patrón de relleno periódico como se muestra en el gráfico a continuación:

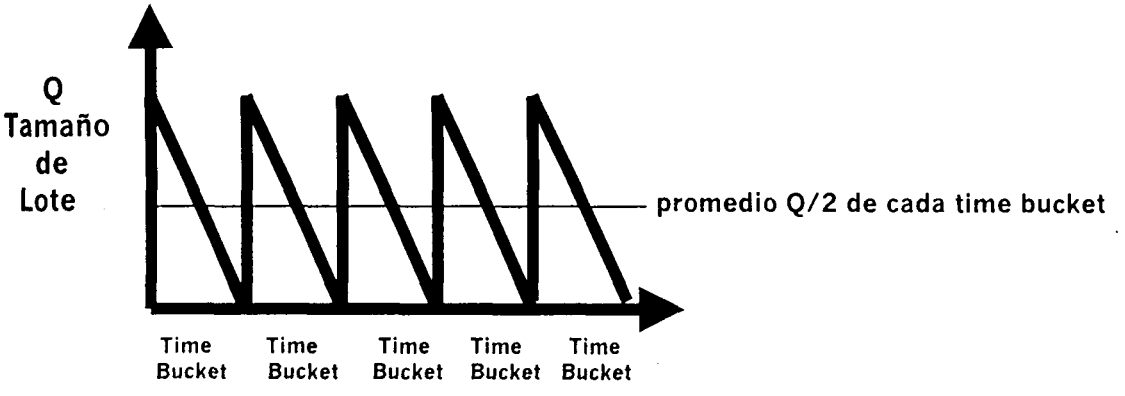


Figura 3.1

El time bucket es el período en que se consume el inventario en producción y debe ser el mismo al período de relleno para abastecer nuevamente la línea de producción. El inventario promedio en la planta por cada time bucket es Q/2.

En este caso el período de consumo y de relleno deben de coincidir para que no existan faltantes o sobrantes. Por lo tanto es de suma importancia igualar el tiempo de respuesta del proveedor más el tiempo de tránsito con el tiempo de consumo del mismo inventario. Esto es Q = D / (L+T).

Estas son las restricciones del sistema, bajo las cuales la fórmula utilizada es válida.

Cuando existe mucha incertidumbre en la demanda, es decir hay incertidumbre en la demanda, entonces se opta por tomar dos decisiones: utilizar un transporte más rápido / lento o bien mantener un colchón de seguridad / promociones y descuentos al producto.

Existen otros patrones de consumo que son diferentes a estos y tienen otra forma de operar, los cuales no están considerados para las iteraciones que se van a calcular.

El período de respuesta está dado por L + T donde L es el tiempo de respuesta del proveedor y T es el tiempo de tránsito según el modo de transporte.

Para este modelo consideramos que el consumo de la materia prima funciona con un patrón constante a través del año, es decir si se pronostica una demanda de 1,000,000 de piezas anuales, esto significa que se van a fabricar 83,333 piezas mensuales.

En la realidad puede ser que en primavera e invierno se consuman sólo 100,000 piezas por estación, en verano se consuman 500,000 piezas y en otoño se consuman 300,000 piezas. A este tipo de demanda se le puede llamar estacionaria. (de estación)

El valor de R es el costo unitario de transporte, el valor de D es la demanda que se transporta anualmente, el valor de I es la fracción de inversión en el inventario que cuesta para mantener el inventario, el valor de C´ es el costo unitario de la materia prima colocado en el almacen de distribución, el valor de Q* es el tamaño de lote de cada pedido, el valor de T es el tiempo de tránsito según el modo de transporte.

Un Análisis de las Unidades Incluidas en la Fórmula General es:

1er elemento RxD = costo de transporte anual

Al multiplicar el valor de R x D, las unidades son $ / pieza x piezas totales anuales, quedando $/año.

2do elemento IxC´ xQ* / 2 = costo de mantener inventarios en el almacén de distribución

Al multiplicar estos valores, I es %/año y la constante es adimensional, C´xQ*, las unidades son $ / pieza * piezas totales, quedando $/año.

Q*/2 es el inventario promedio que permanece en almacén
C´ es el costo unitario FOB almacen
I es la fracción de dinero que cuesta por la inversión en inventarios.

3er elemento IxCxQ* / 2 = costo de mantener inventarios en la planta

Al multiplicar estos valores, I es %/año, la constante es adimensional, C*Q*, las unidades son $ / pieza x piezas totales, quedando $/año.

Q*/2 es el inventario promedio que permanece en planta.
C es el costo unitario FOB planta
I es la fracción de dinero que cuesta por la inversión en inventarios.

4to elemento IxCxDxT / 365 = el costo de mantener inventarios en tránsito

Al multiplicar estos valores, I es % / año, CxD, las unidades son $ / pieza x piezas anuales totales y las unidades de tiempo se cancelan al dividir T / 365, quedando nuevamente $ / año.

D / 365 es la demanda diaria que se multiplica por el tiempo de tránsito x el factor IxC que es la fracción del costo por mantener el inventario.

3.4.1 Valores a Utilizar

3.4.1.1 Costo por kilómetro de acuerdo al transporte (k)

Costos por kilómetro de acuerdo al modo de transporte utilizado:

	$6.00
	$9.00
	$13.00
	$25.00

Tabla 3.4

Estos valores son propuestos por cotizaciones de compañias marítimas, ferrocarrileras, terrestres y aéreas para transportar al menos 1 tonelada de mercancia.

Una restricción para calcular los costos de los transportes es que sólo son considerados respecto a la distancia pero también existen las variables respecto a peso y volumen, lo cual no fue considerado en los análisis.

Ejemplos para calcular costos:

Vía Riel

Un embarque DF – Monterrey cuesta alrededor de $ 9000 pesos, la distancia son 900 kilómetros, equivalentes a 9000 / 900 = 9 pesos.

Vía Terrestre

Un embarque de Laredo a Monterrey cuesta alrededor de $2,800 pesos, la distancia es de 230 kms, equivalentes a 2800 / 230 = $ 13 pesos.

Un embarque a Saltillo cuesta $ 1200 pesos, la distancia son 90 kilómetros, equivalentes a 1200/ 90 = 13 pesos

Vía Aire

Un embarque Nueva York a Monterrey por aire cuesta alrededor de $ 100,000, la distancia son 4200 kilómetros, equivalentes a $ 25 pesos.

3.4.1.2 Tiempo de Tránsito

Variables: Distancia Total y Tipo de Transporte.

Transporte	Tiempo de Tránsito Promedio (800 – 1800 kms)
Agua	21 días x W
Riel	16 días x W
Terrestre	6 días x W
Aire	2 días x W

Nota: los tiempos promedio incluyen sábados y domingos.
Tabla 3.5

Proveedores Extranjeros

Distancia (kms)	W
800 – 1800	1
1801 - 2800	1.5
2801 – 3800	2
3801 – 5000	2.5
5001 – 10000	3
10001 – 15000	3.5
> 15000	4

Tabla 3.6

Ejemplos para Calcular Tiempos y Factores

La primer llave de 800 a 1800 kilómetros es la distancia estándar en que se tarda un embarque en llegar a Monterrey según el modo de transporte elegido, a medida que aumenta la distancia, el tiempo de tránsito es mayor, por lo tanto los factores van aumentando para afectar el valor del tiempo de tránsito.

Por ejemplo un embarque Dallas – Monterrey con una distancia aproximada de 1,000 kms, tiene un tiempo estándar en términos reales de 1 semana (6 días) al utilizar embarque terrestre incluyendo los trámites aduanales. El factor utilizado fue 1 (estándar).

Para un embarque Chicago – Monterrey, con una distancia aproximada de 2,700 kms, se utiliza un factor de 1.5 que multiplica a 6 días lo que arroja un valor de 9 días totales al utilizar embarque terrestre.

Para un embarque New York – Monterrey, con una distancia aproximada de 4,200 kms, se utiliza un factor de 2.5, que multiplica a 6 días lo que arroja un valor de 15 días totales al utilizar embarque terrestre.

El factor W define el tiempo de tránsito de acuerdo a la distancia que existe entre el proveedor y fabricante.

En la siguiente matriz aparecen algunos ejemplos para calcular tiempos de tránsito según distancias y modos de transporte.

Tiempos de Tránsito (Días) Extranjero

Destino: Monterrey

Modo	**Tiempo Promedio Tránsito**	**5000-10000 kms**	**3800-5000 kms**	**2800-3800 kms**	**1800-2800 kms**	**800-1800 kms**
FACTOR	*N/A*	*3*	*2.5*	*2*	*1.5*	*1*
Agua	21	63	53	42 *	N/A	N/A
Riel	16	48 *	40	32	24	16
Terrestre	6	18 *	15	12	9	6
Aire	2	6	5	4	3	2
	Ciudades Ejemplos:	Madrid	New York	Pittsburgh	Chicago	Dallas
		Lisboa	Boston	Los Angeles	Indianapolis	Amarillo
		*Buenos Aires	Toronto	Miami *	Cincinnati	El Paso

Tabla 3.7

Proveedores Nacionales

Distancia (kms)	**W**
800 – 1500	0.5
1501 - 2500	1
2501 – 4500	1.5

Restricción: la distancia más larga entre dos ciudades en México es de 4500 kms. (Cancún – Tijuana)

Tabla 3.8

Los factores W son menores en proveedores nacionales debido a la ausencia de trámites aduanales, por lo cual la fluidez del tránsito es mucho más rápida que en proveedores extranjeros.

En la siguiente matriz tenemos algunos ejemplos:

Tiempos de Tránsito (Días) Nacional

Destino: Monterrey

Modo	**Tiempo Promedio Tránsito**	**2500-4500 kms**	**1500-2500 kms**	**800-1500 kms**
FACTOR	*N/A*	*1.5*	*1*	*0.5*
Agua	21	N/A	21	N/A
Riel	16	24	16	8
Terrestre	6	9	6	3
Aire	2	3	2	1
	CIUDADES	La Paz	Campeche	DF
		Ensenada	Mérida	Guadalajara
			Cancún	Cd. Juarez

Tabla 3.9

3.4.2 Definición de Variables

3.4.2.1 Determinar la demanda anual (D)

El Rango de Iteración es de 100,000 a 2,000,000

El dato más usado es D = 1,000,000

3.4.2.2 Determinar la fracción por el dinero invertido en inventarios (costo de mantener inventarios) (I)

El Rango de Iteración es de 15% a 30%

El dato más usado es I = 25%

3.4.2.3 Costo por kilómetro de acuerdo al transporte (K)

Para fines de este estudio se consideran los siguiente costos por kilómetro de acuerdo al modo de transporte utilizado:

	$6.00
	$9.00
	$13.00
	$25.00

Tabla 3.4

3.4.2.4 Relación de una materia prima específica respecto a producto terminado (Y)

Y = 1 y Y = 2

significa la cantidad que se requiere de un **mismo** componente (materia prima) para formar un producto terminado.

3.4.2.5 Tiempo de Tránsito (Ti)

Para fines de este estudio se consideran los siguientes tiempos de tránsito de acuerdo al modo de transporte y la distancia recorrida:

Transporte	Tiempo de Tránsito Promedio (Ti)
Agua	**21 días * W**
Riel	**16 días * W**
Terrestre	**6 días * W**
Aire	**2 días * W**

Nota: los tiempos incluyen sábados y domingos.

Tabla 3.5

Donde W es un factor de conversión basado en la distancia total de transporte:

Proveedores Extranjeros

Distancia (kms)	W
800 – 1800	1
1801 - 2800	1.5
2801 – 3800	2
3801 – 5000	2.5
5001 – 10000	3
10001 – 15000	3.5
> 15000	4

Tabla 3.6

Proveedores Nacionales

Distancia (kms)	W
800 – 1500	0.5
1501 - 2500	1
2501 – 4500	1.5

Restricción: la distancia más larga entre dos ciudades en México es de 4500 kms.(Cancún-Tijuana)

Tabla 3.8

Ubicación del Proveedor

Por las restricciones cubiertas de territorio y a los escasos ríos navegables en México, la ubicación se divide en:

- *Nacionales*
- *Extranjeros (estos se dividen en:)*

✓ Continental: considerar los transportes: Riel, Terrestre y Aire. En ocasiones se podría considerar agua.

✓ Intercontinental: considerar solamente los transportes: Agua y Aire

3.4.2.6 Distancia del Proveedor a la Planta (U)

El Rango de Iteración es de 1000 a 3000 (solamente extranjero)

El dato más usado es U = 1000

3.4.2.7 Factor (W)

El Rango de Iteración es de 1 a 2 (solamente extranjero)

El dato más usado es W = 1

3.4.2.8 Costo de Flete (F)

F= U * K (varía según transporte y distancia recorrida)

3.4.2.9 Costo Unitario (C)

El Rango de Iteración es de $0.10 a $ 1000 pesos

El dato más usado es C= $ 12.6

3.4.2.10 Costo de Transporte Unitario (R) (en función del costo del flete y Q)

R = F / Q

El costo de flete está basado en la distancia del proveedor a la planta (F)

3.4.3 CRITERIOS PARA DETERMINAR Y

Criterio 1

Las unidades pueden ser piezas, kilogramos, toneladas, etc.

Criterio 2

Cada conjunto de unidad de pieza comprada representa un producto terminado

Cada conjunto de unidad de peso comprado representa un producto terminado

Considerar la relación materia prima respecto a producto final (Y)

$Q^* = Q \times Y$

Si la relación es mayor a 1 (significa que se requieren más de un mismo componente para formar un producto terminado), la Q* va aumentar.

Si la relación es 1, entonces Q* = Q, permanece igual

Si la relación es menor a 1 (significa que se requieren menos de un mismo componente para formar un producto terminado), la Q* va disminuir.

Por ejemplo para un lote de producción de cierto producto de 100 piezas donde uno de sus componentes es una placa de acero de 800 kgs con relación Y igual a 0.04 respecto al producto terminado, entonces la cantidad de placas a pedir son:

Q* = 100 x 0.04 = 4 placas = **3200 kgs**
(material para fabricar 100 unidades de producto terminado)

Se requieren de 32 kgs de acero para fabricar una pieza, esto significa que cada 32 kgs transportados equivale a un producto terminado.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 POLÍTICAS DE INVENTARIOS

Los inventarios existen en una cadena debido a la inexactitud entre la oferta y la demanda. Es el impulsor de mayor peso económico debido a que constantemente se invierten en ellos.

Hay empresas que debido a una política errónea de inventarios llegan al extremo de contar con grandes inventarios en su almacén, esto implica un desperdicio enorme de su dinero e inversión. Su uso se justifica para poder concretar ventas futuras, asimismo, ofrecer variedad y disponibilidad para satisfacer las necesidades de los clientes.

El rendimiento de los inventarios se mide en el grado de movimiento de ellos, utilizando la siguiente fórmula nos podemos dar cuenta de la rotación que tenemos de nuestros inventarios,

Vueltas de inventario = ventas totales del mes / inventario promedio del mes

El mantener inventarios por largos períodos de tiempo causa un estancamiento tanto del dinero invertido como del producto mismo aunado al espacio que se pierde por estar ocupado. Actualmente, los cambios tecnológicos globales no permiten llevar altos inventarios debido al riesgo de convertirse en obsoletos.

Los inventarios tienen una labor muy significativo en la habilidad de una Cadena de Suministro para respaldar su estrategia competitiva.

Existen dos factores claves y opuestos para la toma de decisiones sobre los impulsores de una cadena de suministro: eficiencia y responsividad.

La primera se refiere a mantener los indicadores económicos en el mejor estado posible, de tal forma que sus decisiones se enfocan a encontrar el menor costo para transportar y mantener inventarios para ofrecer principalmente precios bajos aunque se sacrifique el tiempo de respuesta al consumidor.

Por su parte responsividad se refiere a la capacidad de respuesta al consumidor de lo que está demandando.

Si la estrategia de una cadena es alcanzar un 100 % en tiempo de respuesta se tendrá que utilizar grandes cantidades de inventario cerca de los consumidores. En contraste si la estrategia es alcanzar un 100 % de eficiencia en inventarios su plan es reducir al máximo los inventarios al centralizar locales para su consumo.

Las decisiones para definir estrategias competitivas se basan en el mercado y la forma en que se desea llegar ese mercado de tal producto, o bien basados en los criterios ganadores; prioridades que el mercado confiere al precio, servicio, calidad, variedad, diseño, etc.

Ambas estrategias tienen un criterio ganador, el precio es el criterio más atractivo para una estrategia de eficiencia y el servicio es el criterio más atractivo para una estrategia de responsividad. Además, cualquiera de las estrategias competitivas puede añadir más valor al producto si agregan otros criterios ganadores tales como calidad, variedad, seguridad, garantía y diseño.

Por ejemplo en el giro Automotriz, mientras la marca Renault tiene como principales criterios ganadores la seguridad, valor de reventa y calidad, la marca Chrysler-Jeep tiene como principales criterios ganadores el diseño, la variedad y la disponibilidad.

Las políticas de inventarios alteran la eficiencia y la respuesta de una cadena. Las razones de los inventarios pueden ser muchas, entre ellas, absorber las variaciones de la demanda tal que exista disponibilidad para satisfacer el gusto del cliente.

Las variables más importantes a considerar para escoger un sistema de inventario son:

Patrón de la Demanda: periódica, intermitente, o estacional.
Capacidad de Manufactura: velocidad máxima que un sistema puede realizar un trabajo (1)
Tiempo de proceso: simple o complejo
Tipo de proceso: A, B, C, ó D.
Costo del Inventario: alto o bajo

Las decisiones básicas sobre inventarios serían:

- Volumen
- Ubicación
- Políticas de Relleno

Las medidas tradicionales en decisiones con referencia a inventarios que inhiben la optimización de la producción y aumentan los costos que se traducen a exceso de inventarios son:

- Comprar sobre la base del precio
- Utilización completa de máquinas
- Tiempos de preparación muy grandes
- Absorción del costo estándar de sobreproducción
- Utilización total de mano de obra

Inventario se refiere a todo lo que se acumula y mantiene en stock para producir y/o vender un producto o servicio.

Sistema de Inventarios son la serie de políticas y controles que monitorean los níveles de inventario y determinan que niveles deben mantenerse, cuando deben rellenarse estos niveles y que tan grandes deben ser las órdenes.

Los sistemas Pull-Push y JIT son sistemas de operación diferentes para surtir la demanda cada uno de ellos, da lugar a diferentes sistemas de inventarios para la operación. Sin embargo, estos no son sistemas de inventarios de por si, sino que el sistema usado para surtir la demanda, da lugar a la necesidad de un sistema de inventarios.

2.1.1 DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE INVENTARIOS

Los inventarios en una cadena de suministro pueden existir básicamente de tres formas , como materias primas, producto en proceso o producto terminado. Las materias primas son el inventario que se necesita para ser ensamblado o transformado de acuerdo a un proceso de ingeniería. Los productos finales son el inventario que requieren ciertos mercados. Por ejemplo en la producción de una cerveza que en este caso es el producto terminado se requieren cierto número de materias primas, en este caso tales como cebada, levadura, agua, granos, etc. que a su vez también pueden estar en proceso, es decir en la línea de producción.

Son importante para una cadena de suministro los productos terminados pues representan un valor que puede ser percibido por los clientes.

La magnitud de ese valor se convertirá en el márgen o ganancia que tenga la cadena por cada producto final.

El mercado otorga un mayor valor al consumir cerveza en eventos y eso se refleja en el precio en cada uno de dichos lugares.

Por otro lado las flores reciben mayor valor cuando son fechas especiales tales como 14 de febrero, 10 de mayo, 2 de noviembre, etc. que en otros días.

En contraste a los productos terminados, las materias primas pasan a ser un desdén de los clientes, ya que no pueden percibir un valor en ellas hasta no ser procesadas o ensambladas al producto final requerido.

Qué tan bueno es tener inventarios ? La respuesta es simple, todos los inventarios son buenos si son útiles.

Por un lado las materias primas buenas son aquellas que se utilizan constantemente para producir productos finales pero las materias primas malas son aquellas que se estancan, tienen un movimiento esporádico, estorban y estropean los indicadores económicos como la liquidez de efectivo.

Por otra parte los productos finales buenos son aquellos que se requieren o colocan en los puntos de venta del siguiente eslabón o bien si es el último eslabón, aquellos que tienen suficiente valor para que sean demandados por los clientes pero los productos finales malos son aquellos que no tienen suficiente valor para los clientes de tal forma que se tienen que cotizar a un precio más bajo para que puedan ser adquiridos por los clientes.

Por ejemplo un producto terminado como lo es el lonche de jamón en el estadio se percibe un mayor valor antes o durante un partido de fútbol que al terminar el juego. Al terminar el juego los lonches que sobraron no generan ganancias y tienen que ser vendidos al costo, de allí la importancia de conocer la demanda que te pueda permitir ahorrar en sobreproducción que implica mayor gasto en tiempo y esfuerzo.

Los sistemas de inventario son la forma en que opera el movimiento de los inventarios a través de una cadena. Un sistema te permite planear la producción de acuerdo a la demanda existente o a un pronóstico basado en el historial de ventas que se tiene sobre el producto. Un sistema puede basarse en decidir la cantidad de inventario que uno desea poner a la venta con características atractivas para la gente (empujar la venta) o bien en determinar la cantidad de inventario que los clientes están demandando en cierto período de tiempo (estirar la compra)

El error del pronóstico será mayor al aumentar el horizonte del período que se busca satisfacer. Existe mayor certeza de saber si va llover mañana que de saber si va llover dentro de un mes o bien hay mayor probabilidad de acertar al campeón de liga del futbol mexicano en la última jornada del mismo que al principio de la temporada, es decir en la primer jornada.

Un sistema de inventario involucra conocer la frecuencia de los pedidos de las materias primas a los proveedores de acuerdo al tiempo de respuesta (lead time) del proveedor. Existe el BOM (bill of materials por sus siglas en inglés) que es el listado de materias primas necesarias y su relación con respecto al producto final. De acuerdo a dicho listado y la demanda del producto final en cierto período, será la compra del volumen necesario de materias primas.

Existen dos aspectos relevantes que proporciona un sistema de inventarios que son:

1. A mayor tiempo de respuesta (lead time) del proveedor es mayor el riesgo de quedarse sin inventarios durante el tiempo de reabastecimiento, es decir, se requiere de un nivel alto de inventarios para sustentar el tiempo en que tarda el proveedor en resurtir y esto impacta en el período (time bucket) que se ocupa para determinar la demanda y por ende agranda su error.

2. La frecuencia de pedidos ayuda a mantener un nivel bajo de inventarios sobre todo cuando los proveedores tienen un buen tiempo de respuesta y disminuir el error de la demanda.

El giro de empresas que tienen productos con alta demanda y alta competencia necesitan ofrecer precios bajos para que sus productos sean atractivos, en este caso se justifica contar con altos niveles de inventario debido a su alta demanda y buscar proveedores con precios bajos aunque ofrezcan un tiempo de respuesta largo con el fin de bajar costos en las materias primas para ofrecer precios bajos.

Los sistemas de inventarios son utilizados según la estrategia competitiva definida de la cadena. Se puede dar el caso de que cada eslabón use diferentes sistemas de inventarios por fases.

Por ejemplo en la industria automotriz se utiliza un sistema de inventario para el ensamble de los componentes básicos de un auto utilizando el principio de Comunalidad y otro sistema de inventario para los componentes adicionales o accesorios que le dan el principio de Posposición a los diferentes estilos y tipos de autos.

En la siguiente tabla tenemos los diferentes tipos de posposición y los criterios para aplicarlos.

Tipo de Posposición	Criterio
Etiquetado	venta de producto a diferentes marcas
Empacado	venta de producto a diferentes tamaños de caja
Ensamble	venta de producto en diferentes versiones
Manufactura	venta de producto con alta frecuencia
Tiempo	alto número de centros de distribución

Tabla 2.1

Por ejemplo el principio de posposición en el etiquetado de un producto se puede aplicar en maquiladoras que producen filtros de aceite para las Marcas Fram y Gonher cuando requieren subcontratación. Para minimizar el error en la demanda se producen las variedades de filtros de aceite que puedan solicitar cualquiera de las marcas en un cierto período de tiempo y cuando lleguen los pedidos reales en línea se etiquetan todos los filtros pedidos para cada compañía correspondiente, en este caso incluye la pintura. De este modo se minimiza el error de producir filtros que no son deseados en ese período por Gonher pero que si requiere Fram o viceversa.

Por ejemplo suponiendo que la demanda de cada mes tanto de Gonher como de Fram para cierto filtro de aceite es de 100 filtros con una desviación de 30 filtros.

Sin el principio de posposición la maquiladora va producir 100 filtros etiquetados para Gonher y 100 filtros etiquetados para Fram. Si a la hora del pedido resulta que Gonher solicita solamente 80 filtros y Fram requiere 110, la planta se va quedar con sobreinventario de 20 filtros de Gonher y le va quedar a deber 10 filtros a Fram.

Con el principio de posposición va producir 200 filtros antes de etiquetar y va esperar el pedido real, así cumple con ambos clientes, etiqueta 80 para Gonher, 110 para Fram, y los 10 filtros restantes los acumula para el siguiente mes. En el siguiente mes solamente haría 190 filtros. La ventaja en este caso del principio es que cumple con ambos clientes al 100% y se queda con un 50 % menos de inventario para el siguiente mes.

Para el caso del empacado, un ejemplo sencillo son los blanquillos, es decir se producen grandes cantidades de huevos y el empacado se deja al final de acuerdo a los pedidos de los clientes ya sea en paquetes de 12, 24 o 48 huevos. Suponiendo que la demanda es de 1200 huevos diarios, sin el principio se empacarían 10 cartones de 48, 20 cartones de 24 y 40 cartones de 12. Si el pedido real resulta ser 10 cartones de 48, 30 cartones de 24 y 20 cartones de 12, se tiene que desempacar 20 cartones de 12 para pasarlos a 10 cartones de 24 y esto implica un mayor gasto en mano de obra.

Para el caso de ensamble, se puede citar la industria automotriz donde existen diferentes versiones de coches, por decir el Clío, existen el Authentique, Expression y el Sport. Utilizando el principio se produce el cascarón del carro, todo lo básico, y las partes que hacen la diferencia de la versión se deja al final cuando se tengan los pedidos reales.

Para el caso de manufactura, se producen grandes volúmenes de cierto producto para aprovechar la corrida o el setup del proceso cuando se sabe de antemano que se tienen ventas futuras aseguradas.

Las características del giro de la empresa para aplicar este principio son:

Características de proceso:

- Factibilidad de posponer operaciones
- Complejidad limitada de adaptar accesorios
- Abastecimiento de múltiples ubicaciones

Características del producto

- Alta comunalidad de componentes
- Productos específicos
- Alta densidad de productos
- Peso aumenta a medida de adaptar accesorios

Características del mercado

- Productos con tiempo de vida corto
- Altas fluctuaciones de ventas
- Tiempos de proceso cortos o aceptables
- Precios competitivos
- Variedad de mercados y consumidores

Las decisiones en inventarios se refieren a la forma en que los mismos son administrados.

Existe un contraste entre el sistema de empuje de inventarios para colocarlos en diferentes puntos contra el sistema de estire de inventarios originado por la propia demanda.

La decisión por una estrategia particular de inventarios en una empresa afectará la decisión de ubicar las facilidades y elegir los medios de transporte.

2.1.1.1 SISTEMA PULL

Es un sistema de inventarios de procesos reactivos que se inician al adquirir pedidos de los clientes. Este sistema requiere la actualización constante de la demanda para ser transmitida extremadamente rápido a través de todos los eslabones de la cadena tal que la producción y distribución de componentes y productos se refleje apropiadamente con la demanda real.

Los sistemas Pull se caracterizan porque los almacenes o diferentes puntos de venta determinan individualmente las necesidades específicas de reposición de stocks, calculando la cantidad requerida y pidiéndola directamente a su suministrador. (Anaya, 1998)

Este sistema es muy eficiente para producir lo que realmente se va vender.

La aplicación del Kanban, método visual desarrollado en Japón, es una técnica eficiente para este sistema debido al uso de indicadores que te conducen al reabastecimiento a tiempo de los componentes.

Los sistemas pull son buenos para manejar pequeños volúmenes de inventario con mucha variedad de productos.

Las empresas que tienen mayor provecho de este sistema son las que requieren colocar mucha variedad de productos y que no tienen la certeza de los productos que se van a vender en un cierto período de tiempo.

Esto se debe a que este tipo de empresas normalmente maneja productos más especializados que en cualquier momento cambian de ingeniería o tecnología y se tiene un alto riesgo de quedarse con materias primas convertidas en determinado momento en obsoletos.

Para esto es necesario manejar un sistema donde el cliente sea el que mueva los inventarios a través de la cadena de tal forma de producir solamente lo que se va a vender mediante pedidos que hagan los clientes finales.

Este tipo de sistemas también son útiles cuando se tiene un espacio limitado para almacenar inventario y se desea optimizar el inventario para poder operar y producir solamente los requerimientos actuales de los clientes.

En este sistema el efecto látigo es un inconveniente para la eficiencia de inventarios en la cadena.

Este efecto significa la distorsión de la información sobre la demanda real durante las transacciones de la cadena desde el retailer hasta el proveedor, es decir, las fluctuaciones en las órdenes aumentan a medida que pasan los diferentes eslabones.

Otro aspecto a considerar es tener que desechar incentivos que promueven comprar más componentes por menos dinero. Son situaciones que en este sistema aumentan la variabilidad y reducen los rendimientos globales.

Factores de éxito para este tipo de sistemas de inventarios:

- Trato Justo: Ganar-Ganar
- Flexibilidad en Contratos por Cantidad
- Confianza y Compromiso
- Responsabilidad del Eslabón más Fuerte
- Arreglos Organizacionales y Mecanismos para las Resolución de Conflictos
- Ordenar Lotes Pequeños y Evitar la Compra Anticipada
- Disponibilidad de la Información a través de toda la Cadena

2.1.1.2 SISTEMA PUSH

Es el sistema de inventarios de procesos especulativos que arrancan y se ejecutan en anticipación de la demanda real de los consumidores.

Este sistema requiere de un sistema de plan maestro de requerimientos de materiales (MRP) para elaborar la programación de producción respondiendo a las preguntas: ¿ Que ?, ¿ Cuándo ? y ¿ Cuánto ? fabricar. Este sistema tiene la facilidad de crear también programas para los proveedores con los componentes deseados respondiendo a las preguntas: ¿ Que ?, ¿ Cuándo ? y ¿ Cuánto ? comprar.

Este sistema requiere de extremadamente alta habilidad de acertar y crear un buen pronóstico y plan de agregación.

Un inconveniente para este sistema es mantener excesos de inventarios tal que puedan convertirse en obsoletos dependiendo de su ciclo de vida.

Otro inconveniente es tener un bajo índice de rotación de inventarios debido a la misma inexactitud o error del pronóstico.

Hay que tener en cuenta que los pronósticos son más exactos cuando se consideran períodos de tiempo pequeños (time buckets) y se vuelve más inexacto cuando se consideran horizontes de tiempo largos.

Los sistemas Push cuentan muchas veces con un almacén central para determinar la cantidad a enviar a cada almacén o punto de venta. Esta cantidad se determina mediante un cálculo consolidado de las necesidades previstas, el conocimiento del stock disponible en cada almacén y de una regla de reparto establecido. (Anaya, 1998)

Factores de éxito para este tipo de sistemas de inventarios:

- Pronósticos y planeación colaborativa
- Compartir datos de puntos de venta
- Basar el pronóstico en los puntos de venta
- Planeación Agregada
- Eliminar múltiples pronósticos
- Distribuidor monitorea y administra inventarios de retailers
- Aprovechar Economías de Escala, Incentivos y Promociones
- Aprovechar Consolidación o Agregación en Transporte

Los sistemas push son buenos por manejar grandes volúmenes de inventario con poca variedad de productos.

Las empresas que tienen mayor provecho de este sistema son las que tienen una alta demanda de sus productos debido a que todas las materias primas que acumulen algún día se van a vender.

Este tipo de empresas puede comprar sus materias primas a muy bajo costo, consolida su producto, utiliza medios de transporte baratos, y tiene la ventaja de acumular material en su almacén sin tanto riesgo de que se conviertan en obsoletos por lo mismo de que los productos tienen constante movimiento.

En este caso la empresa produce la cantidad necesaria en cierto período para colocar a la venta ya sea por pronóstico más los pedidos adelantados que tenga. Aquí debe cuidarse el costo de mantener inventarios contra el costo de tener faltantes requeridos.

2.1.1.3 JIT

JIT es mucho más que un sistema de inventario, es una filosofía de actuación y de manejo de la operación, es como Nextel, Mucho Más. Este sistema implica un alto compromiso en control de calidad y precisión de inventarios en todos los centros de trabajo de la cadena.

Las filosofías de cero defectos y cero inventarios se conjugan para obtener un sistema perfecto de Justo a Tiempo.

El compromiso es alto y la responsabilidad implica alta capacitación del personal. Sólo empresas que aplican SMED y Manufactura Esbelta a sus procesos son competentes en este Sistema y otras técnicas especializadas.

La cultura del personal respecto al mejoramiento continuo es clave para poder utilizar esta técnica japonesa. En países americanos no se ha logrado obtener éxito por el mismo retraso que se tiene en la disciplina laboral.

El inconveniente más fuerte es la sensibilidad del sistema; este proceso no funciona al fallar algún eslabón en el abastecimiento de componentes.

Este sistema explica gran parte de los actuales éxitos de las empresas japonesas, donde se busca continuamente la reducción de los desperdicios, eliminar lo que no se necesita tales como colchones de capacidad, grandes lotes de almacén, horas extras.

Esta estrategia competitiva logró empatar el avance tecnológico y supremacía mundial con los Norteamericanos. Japón es un país innovador y exitoso al crear este sistema que le permitió superarse ante su obstáculo mayor: Espacio.

Los componentes básicos del JIT son:

- Calidad
- Incremento de Soporte
- Mejoramiento en Diseños
- Proveedores
- Flujo de Proceso Orientado
- Producción Sincronizada
- Involucramiento y Compromiso del Personal

La filosofía JIT establece:

- tamaño de lote ideal es 1
- La producción balanceada es la más eficiente
- Los inventarios son desperdicio
- La programación y colas no son necesarias.

Los principios JIT son:

- Aumentar la frecuencia de las órdenes
- Reducir los buffers
- Reducir costos de compra
- Mejorar el manejo y administración de materiales
- Buscar cero inventarios
- Buscar pocos proveedores pero altamente confiables

Los factores de éxito para este tipo de sistemas de inventarios son:

- Un programa de reducción de inventarios
- Capacidad de respuesta
- Simplificación de tareas de producción
- Un esfuerzo y compromiso de los proveedores
- Un proyecto de administración de materiales
- Un programa para sustituir al MRP
- Un programa para eliminar costos evitables (excesos, actividades sin valor, mínima cantidad de equipo, materiales, mano de obra, etc.)

El sistema Kanban es representativo del JIT y no se considera un sistema Kanban fuera de un ambiente JIT.

2.1.1.4 SISTEMA ABC

Este sistema aplica la herramienta de calidad de la Ley del Pareto, que indica que un pequeño porcentaje de cualquier grupo cuenta con un porcentaje muy grande de su valor, es decir, alrededor de un 20 % de los productos de inventario son responsables por el 80 % del total en costos de inventario, o bien alrededor del 20 % de los inventarios son altamente atractivos por el 80 % de los clientes. 2 (Castán, Cabañero & Nuñez, 2000)

Algunos componentes no son redituables colocarlos dentro de un sistema de inventarios ya que son muy pequeños y difíciles de rastrear. Algunos otros tienen un balance de inventario pequeño y un bajo volumen de uso, por lo tanto hay que enfocarse más en los componentes mayores que incurren en mayor movimiento de dinero.

Basado en el volumen anual de dinero invertido en ciertos componentes se clasifica este sistema de inventario por:

Categoría	% inventario	Uso	Valor en dinero	% dinero
A	20 %	Alto	$ 60,000	58 %
B	30 %	Normal	$ 30,000	28 %
C	50 %	Bajo	$ 15,000	14 %

Tabla 2.2

Los inventarios Tipo A son los de mayor volumen anual: *pocos pero vitales*

Los inventarios Tipo B son los de volumen medio anual: *intermedios pero indispensables*

Los inventarios Tipo C son los de menor volumen anual: *muchos pero triviales.*

Este sistema es de uso común cuando se manejan cientos de componentes que requieren ser identificados.

El control de inventarios se debe enfocar a la inversión de los componentes A. Los componentes B se pueden controlar de manera periódica y finalmente se puede optar por tener exceso de los componentes C lo que es lo mismo ejercer un grado mínimo de control.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS

2.1.2.1 PATRÓN DE LA DEMANDA

El patrón de la demanda se analiza mediante el historial de ventas de la empresa. Para este análisis se puede utilizar series de tiempo para encontrar cierta tendencia: cíclica, intermitente o estacional.

En la última década la globalización del planeta ha estado afectando la certidumbre hacia el futuro en lo que respecta a la demanda de muchos productos.

Las fluctuaciones en los precios de diferentes divisas, principalmente el Euro, o del barril de petróleo, por las múltiples guerras que han acaecido son causantes de inflaciones, deflaciones, recesiones, escasez de insumos, tal que alteran el comportamiento del consumidor.

Debido a estos acontecimientos puede suceder que la demanda de un producto se produzca solamente una vez, tal que deriva que sus materias primas sean almacenados de igual manera, a este comportamiento de los inventarios necesarios se denomina Intermitente.

Lo más natural que suceda con los productos es que tenga un ciclo de vida con las siguientes fases: Introducción, Crecimiento, Madurez y Caída. A este comportamiento de los inventarios necesarios se denomina Periódico.

Existen casos con ciertos productos que solamente en ciertas temporadas tienen demanda tales como prendas para condiciones gélidas. A este comportamiento de inventarios se denomina Estacional.

2.1.2.2 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

La planeación de la capacidad es el proceso correcto de asignar la mano de obra, maquinaria, y recursos físicos necesarios para alcanzar la producción deseada.

La capacidad de producción se debe determinar de acuerdo a un promedio del patrón de la demanda y el sobrante de producción de cierto período debe compensar el exceso de demanda de otro período.

Existen ciertos casos que la demanda en determinado tiempo se altera y causa que los requerimientos totales exceden la capacidad disponible, dependiendo si es solamente temporal (picos de demanda) o será permanente, las decisiones alternativas pueden comprender la postergación de la fecha de entrega, el cambio de capacidad, incremento en la fuerza laboral, horas extras, etc.

La capacidad de manufactura puede clasificarse de acuerdo a la magnitud de la demanda:

Demanda Alta : no se puede resolver por medio de inventarios.
Demanda Oscilatoria: es la más común, política de inventarios.
Demanda Baja: flexibilidad de inventarios, usualmente ABC.

La demanda alta se refiere a que la demanda supera la capacidad de manufactura de la empresa, y a pesar de que se cuente con un buen sistema de inventario que cumpla con la existencia a tiempo de todos los inventarios necesarios, no va ser posible satisfacer la demanda porque siempre va tener comportamiento creciente y la capacidad de planta es limitada.

La demanda oscilatoria se refiere a balancear la producción de acuerdo a su capacidad, acumulando productos en los meses de baja demanda para satisfacer los picos de los meses de alta demanda.

La demanda baja se refiere a que la capacidad supera a la demanda, en este caso la manufactura es muy flexible y los inventarios necesitan de un buen control, puede utilizarse un sistema ABC para bajar costos en los inventarios.

2.1.2.3 TIEMPO DE PROCESO (Lead Time)

El tiempo de proceso es el intervalo desde la recepción de una orden de compra hasta el embarque de producción por el concepto de dicha orden.

Existen dos categorías para calcular este tiempo, una es la duración de la operación que depende del % de OOEE (rendimiento promedio de la línea de producción), es decir, la velocidad (unidades / hr) de la línea incluyendo scrap, tiempos muertos y de preparación.

La segunda categoría es el tiempo necesario para colocar la orden de producción que depende de la cola de producción, inventario en existencia, o en su defecto del proveedor con el tiempo de proceso más largo para surtir la materia prima faltante.

Para fines prácticos se clasificarán en dos tipos de manufactureras:

Procesos Simples: tiempos de proceso cortos
Procesos Complejos: tiempos de proceso largos

Los procesos simples son los que tienen colchón para retrasarse y cumplir con la fecha de entrega mientras los complejos son los que no tienen oportunidad de retraso porque el tiempo de proceso es igual o mayor a la fecha de entrega.

2.1.2.4 TIPOS DE PROCESOS

Existen varios tipos de procesos en las industrias manufactureras.

Las variables que vamos a manejar para distinguir los tipos de procesos según la empresa son:

Razón de producción- Número de productos finales respecto a número de materias primas requeridas.

Demanda – Determinística o Incierta

Para fines prácticos definimos varios tipos de proceso de acuerdo a dichas variables:

Característica	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Razón/producción	Mayor a 1	1 o menor	1 o menor	Mayor a 1
Demanda	Incierta	Determinística	Incierta	Determinística
PROCESO	**SENCILLO**	**SENCILLO**	**COMPLEJO**	**SENCILLO**

Tabla 2.3

Giros de Manufacturas

Tipo A: Textiles, Vidrio, Tubería, Madera, Papel, Metal, etc.

Tipo B: Cerveza, Leche, Gasolina, Alimentos, etc.

Tipo C: Automotriz, Química, Electrónica, Electrodomésticos.

Tipo D: Cosméticos, Productos de Limpieza, Cabello, Jugos, Cereales, Abarrotes, etc.

2.1.3 DEFINICIÓN DE TIPOS DE INVENTARIOS

2.1.3.1 CÍCLICOS

El inventario cíclico (inventario de ciclo) es el promedio de existencias usados para satisfacer la demanda mientras se recibe los siguientes embarques de los proveedores.

El tamaño de este tipo de inventario es el resultado de la política de inventarios. La toma de decisión se basa en evaluar los costos de mantener inventarios vs los costos logísticos de ordenar frecuentemente.

2.1.3.2 SEGURIDAD

El inventario de seguridad se utiliza cuando existe desconfianza y falta de compromiso en la cadena tal que los pedidos no se surten a tiempo o cuando hay mucha incertidumbre tal manera que no se pueda hacer un buen pronóstico de la demanda.

Si el mundo fuera predecible 100 % sería superfluo este tipo de inventario. Algunas fechas importantes como días festivos pueden ser motivo para arriesgase a producir inventario extra para evitar perder ventas.

2.1.3.3 MÁXIMOS Y MÍNIMOS

El inventario de máximos y mínimos se utiliza en los materiales que son consumidos diariamente en un volumen considerable y que se pueden surtir localmente con un servicio rápido y eficiente.

Generalmente los proveedores de estas materias primas mantienen existencias en sus anaqueles tal que siempre responden inmediatamente.

Este tipo de inventarios es el más eficiente de todos debido a la ventaja de contar con vueltas de inventario muy altas y usualmente la empresa primero vende el producto final antes de pagar por la materias prima.

Las decisiones se toman en base al comportamiento de la demanda. Por ejemplo si la demanda es estable y el servicio de entrega es eficiente se puede mantener un máximo de inventario de tres días y un mínimo de un día. Si la demanda es muy oscilatoria se opta por mantener mínimo tres días de inventario y máximo una semana.

2.1.3.4 ABC

El inventario ABC se utiliza principalmente cuando se tiene una capacidad de producción mayor a la demanda tal que se pueda clasificar el inventario en tres niveles según su valor en dinero. El tipo de manufactura es altamente flexible.

Los productos A son los de mayor peso en dinero y a los que se les pone mayor atención. Por su parte los productos C son los de menor atención ya que cuesta poco mantenerlos.

2.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN

La información son recursos intangibles de una cadena que afecta cada eslabón de la misma. "El que tiene la información tiene el poder" y de allí radica la importancia de este impulsor de la cadena para lograr mayor eficiencia y alto nivel de respuesta.

La información es la base de la cadena para tomar decisiones en la cadena. Sin la información se toman decisiones a ciegas, no se sabe lo que desea el consumidor, cuánto inventario mantener, y que tanta producción se debe producir y embarcar.

Los siguientes puntos nos dan los factores claves de la información:

1.- En el ámbito global la información sirve de conexión entre los diferentes eslabones de la cadena, que dependiendo de los sistemas de información es la velocidad con que se transmite entre ellas. Esto permite una coordinación de sus acciones para maximizar las utilidades y rendimientos de la cadena.

2.- En el ámbito local la información es crucial para las operaciones diarias de cada eslabón en la cadena. El sistema de programación de la producción se basa en la demanda que se proporciona a través de la cadena y su objetivo es producir los artículos correctos, en el tiempo correcto, para colocarlo al destino correcto.

- La administración de los almacenes utiliza sistemas que permite tener una visión del inventario y de allí determinar las órdenes a llenar.

Los Sistemas de Información son el gran pilar de los impulsores debido a que de la información se deriva y depende el resto de ellos: Inventarios, Transporte y Facilidades.

El mal uso de la información provocará que los demás impulsores sean perjudicados al comprar materiales que no se necesitan, transportar productos erróneos a ciertos destinos o no aprovechar consolidados, y finalmente invertir en centros de distribución o facilidades más lejos de donde se encuentra la verdadera demanda.

La información debe tener ciertas características para ser de utilidad:

Información veraz- datos reales.
Información oportuna y accesible- actualización de datos en todo tiempo.
Información Correcta- eliminar información que estorba y es superflua.

2.2.1 DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Los sistemas de información dependen entre otras cosas de la longitud y la complejidad de la cadena. Existen muchos factores para la toma de decisiones sobre un sistema de información y debe elegirse tal que facilite alcanzar la estrategia competitiva de la cadena.

Los sistemas buscan maximizar la rentabilidad total de la cadena en lugar de buscar la rentabilidad de solamente un eslabón.

La coordinación entre los eslabones es un factor clave para decidir la información que se debe compartir para el éxito de la cadena.

Los componentes de decisión para analizar y proponer un sistema de información basado en la estrategia competitiva son los siguientes:

- Política de Inventarios a usar a través de la Cadena
- Modo y rutas de transportes
- Capacidad de respuesta
- Tipo de Demanda
- Planeación Agregada
- Ubicaciones y capacidades de Facilidades

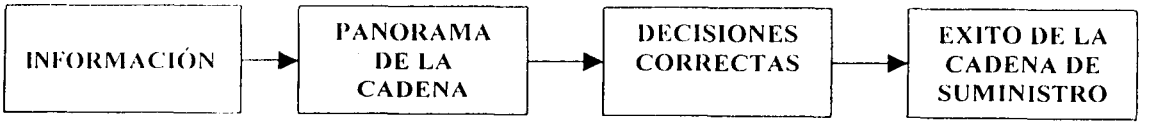


Figura 2.1

2.2.1.1 EDI

El Edi significa por sus siglas en inglés intercambio electrónico de datos. El EDI según 3 (Bowersox, 1996) se refiere a la transferencia de información de negocios estructurados en un formato electrónico desde la aplicación computacional de una empresa a una aplicación de otra.

Este sistema permite a las compañías establecer órdenes de compra con mayor rapidez y reduce el tiempo para adquirir productos a los clientes.

Los datos intercambiados conciernen a información de compras, precios, calendarizaciones, inventarios y otras áreas.

Las transacciones de este sistema son más ágiles y eficientes que cuando se realizan a papel. Las áreas más comunes de implementación del EDI son:

- Intercambio de datos orientado a la información- precios, productos.
- Intercambio de datos orientado a la transacción- facturas, órdenes.
- Transferencia Electrónica de Fondos- transferencias monetarias.
- Intercambio de datos interactiva- consulta-respuesta (hoteles)

Algunos de los beneficios de utilizar este sistema son minimizar:

- Errores de captura
- Falta de legibilidad
- Omisión a campos no capturados
- Formatos no válidos
- Pérdida de documentos
- Procesamiento e intercambio de información
- Ineficiencias de almacén

2.2.1.2 INTERNET

El INTERNET es la herramienta más usada para la compra-venta de productos (e-commerce) debido a que cuenta ya con una infraestructura Web Mundial y tiene más ventajas críticas por la información que puede compartir sobre el EDI.

El acceso a internet es muy común y más fácil debido a que tiene muchas alternativas para conectarse y permite tener una mayor visión que el EDI. Una visión amplia permite a los eslabones tomar mejores decisiones.

2.2.1.3 ERP

La competitividad de las empresas en el dinámico entorno de negocios se ve favorecida por los sistemas integrales empresariales, conocidos por sus siglas en inglés por ERP.

Este sistema es una forma de hacer negocios de una empresa, y va relacionada con una estrategia competitiva que debe cuidar ciertos factores que determinan su éxito.

La información compartida en tiempo real beneficia la calidad de decisiones operacionales. Los sistemas ERP permiten localizar cualquier información que sea requerida.

Algunos softwares líderes de ERP son SAP, Oracle, Baan, Edwards, etc. que experimentan el potencial y crecimiento de este sistema.

Según la estrategia competitiva de la cadena puede ser obligado un sistema ERP.

Algunos factores para el uso de ERP según 4 Michael Hammer (1993) son:

- Iniciativa estratégica de negocio
- Liderazgo y compromiso de los ejecutivos
- Cumplir con todos los recursos necesarios
- Eliminar obstáculos
- Decisiones claves en los procesos
- Administración del cambio

Las ventajas de aplicar un sistema ERP son:

- Amplia visión de la cadena- mayor disponibilidad de la información.
- Información en tiempo real- retraso muy pequeño de cambios en la información.
- Comparte la información en todo momento

Las desventajas son:

- Aún mantiene capacidades débiles analíticas debido a su enfoque particularmente operacional
- Sistema super costosos y muy complejo de implementar.
- Riesgo de invertir y fracasar.

2.2.1.4 SCM

El sistema de la SCM, administración de la cadena de suministro, es un paso adelante al software ERP, debido a que otorga un soporte de decisión analítico adicional al panorama de la información. ERP solamente muestra que está pasando en la cadena mientras que un sistema SCM enseña las formas de decidir en los distintos eslabones.

Las tecnologías de información (IT) consisten de un hardware y software usado a través de toda la cadena para obtener y analizar información. Las IT son los ojos y oídos de la SCM, capturando y entregando la información necesaria tal que recomienda ciertas acciones para tomar las mejores decisiones.

El sistema de SCM se enfoca a una serie de aplicaciones operacionales tales como:

Sistemas Administrativos de Inventarios- observan patrones de la demanda, toman iniciativas de pronósticos, costos, y niveles de margen y servicio. Finalmente recomiendan una cierta política de inventarios. Su utilidad se basa en balancear óptimamente los costos de inventarios contra los costos de ventas perdidas.

Sistema Ejecutivo de Manufactura- es un sistema parecido al ERP concentrado especialmente en la manufactura. El sistema permite ver la programación de la producción y expeditar recursos mediante sus capacidades analíticas.

Sistema Ejecutivo de Transporte- es un sistema que crea una red de transportación.

Sistema Administrativo de Almacenes- sistema que corre un plan operativo diario de planeación sobre el inventario.

2.2.1.5 E-BUSINESS

E-buisness es la ejecución de transacciones de negocio en internet tales como flujo de información, productos, fondos, precios, contratos, formas de colocar y expeditar órdenes, llenar y entregar órdenes a clientes, además de recibir pagos de clientes.

Existen dos tipos de conexiones a través de la red: negocio-cliente que incluye transacciones de una compañia con los clientes, y negocio-negocio que incluye transacciones entre compañías.

Este tipo de sistema tiene expectativas económicas para reducir precios, elevar la competencia y productividad, eliminar inventarios y disminuir costos de mano de obra.

Utilizando un medio público como lo es el internet donde el costo de inversión es mínimo, las empresas tienen la oportunidad de explotar este recurso para alcanzar diferentes mercados en todo el mundo.

Las oportunidades del E-business son:

- Ventas directas a clientes potenciales 24 hrs
- Acceso desde cualquier lugar
- Opción de elegir productos a gusto del cliente
- Implementar precios flexibles
- Facilidad en transacciones de dinero
- Reducir facilidades y costos administrativos
- Agregación de Inventarios

2.3 TRANSPORTE

El transporte es el impulsor catalogado como un mal necesario por el acarreo de materias primas desde el primer eslabón, proveedor, hasta la demanda que se busca satisfacer con cobertura a nivel regional, nacional y mundial.

La necesidad de mover productos desde una ubicación a otra a través de los eslabones hasta llegar al cliente final es el principal rol de este impulsor debido a que difícilmente se producen y consumen los productos en la misma ubicación.

El crecimiento global del comercio ha provocado que el transporte se convierta en un medio imprescindible para abrir nuevos mercados.

En transporte tenemos varias alternativas:

Alianzas estratégicas.- cuando se tiene la necesidad de embarcar productos frecuentemente.

Consolidación.- cuando se tiene la necesidad de embarcar diferentes productos a una misma ubicación

Corridas múltiples.- cuando se embarcan diferentes productos a diferentes ubicaciones

Crossdocking.- es el proceso de intercambio de productos entre trailers y camiones más pequeños para que cada uno de ellos surta productos a los destinos finales de diferentes proveedores

Centro de Distribución.- es otro recurso para llegar con mayor rapidez al cliente final.

La importancia de aplicar adecuadamente dichas técnicas y combinar los diferentes medios de transporte será la optimización del uso de este impulsor al que tendrá que recurrirse para alcanzar diferentes mercados.

Las decisiones en transporte involucra seleccionar los tipos de transporte, tamaño del embarque, redes, rutas y programación. Estas decisiones dependen de la cercanía de las plantas a los almacenes o centros de distribución y de estos a los consumidores.

Además de esto los niveles de inventarios deseados afectan las decisiones de transporte.

La importancia de un sistema efectivo de transportación contribuye a una competencia superior en el mercado. Un buen sistema permite que sea posible la disponibilidad de productos en el tiempo y espacio necesario para su consumo.

Los costos promedios (centavos) de carga por tonelada por milla de cada tipo de transporte según 5 Wilson, 1996 son:

Tipo de transporte	**Precio/ton/milla (promedio)**
Riel	**$ 2.50 b**
Agua	**$ 0.73 d**
Terrestre	**$ 25.08 c**
Ducto	**$ 1.40 e**
Aire	**$ 58.75 a**

Tabla 2.4

a sólo entre ciudades de Estados Unidos
b clase 1
c camión parcial
d barcaza
e petróleo
f camión completo

2.3.1 MEDIOS DE TRANSPORTE

Los diferentes modos de embarcar productos a otras ubicaciones son;

Aire y/o Paquetería: es el transporte de mayor costo debido a que brinda un gran servicio; seguridad y rapidez, aunque requiere de una alta inversión por la flotilla especializada que se ocupa.

Este medio de transporte se utiliza principalmente para productos de gran valor, productos de poco peso, sensibilidad de urgencia por recorrer distancias largas, y por seguridad.

Este medio es el más óptimo por contar con el menor número de intermediarios debido a que no necesita transferencias entre la recepción y entrega de los productos

Trailer: es el típico o clásico modo de transporte que se divide en dos segmentos; Trailer Lleno que cobra independientemente la cantidad embarcada y Trailer Parcial que cobra de acuerdo a la cantidad embarcada.

El trailer ofrece un tiempo de entrega intermedio y entrega puerta a puerta y generalmente no requiere transferencia intermedia a menos que exista una frontera de por medio. Es el transporte que requiere la menor inversión inicial.

Riel: es el transporte de menor costo debido a que el costo de combustible es independiente al número de vagones utilizados en el tren y su tiempo de traslado es el más lento por tener una logística más compleja, es decir la frecuente congestión de vías, y las diferentes transferencias de productos que tiene que intercambiar para llegar a los diferentes destinos finales.

Usualmente se utiliza este medio para transportar productos de poco valor, muy pesados (alta densidad) y se tengan que recorrer distancias largas. Requiere de un alto costo inicial por la inversión que ocupa su infraestructura de rieles.

Agua: Es un transporte lento y barato pero limitado. El traslado de productos se realiza mediante contenedores y necesita de otro modo de transporte complementario para llegar al destino final. Este tipo de transporte es utilizado frecuentemente en intercambios comerciales entre el viejo mundo (Europa/Asia) y el nuevo mundo (América), asimismo entre islas tales como Nueva Zelanda e Indonesia, Puerto Rico y el binomio República Dominicana/Haití, etc.

De acuerdo a su ubicación la elección de transporte se simplifica a seleccionar entre Agua y Aire. La inversión inicial es alta por el costo de las embarcaciones.

Tuberías: Transporte usado exclusivamente para productos líquidos o gaseosos tales como agua, petróleo, gas natural, etc. Requiere de un alto costo inicial por la inversión que ocupa su infraestructura.

Este medio de transporte se utiliza con frecuencia para productos con requerimientos estables y de alto volumen de consumo. El precio para este transporte se fija por dos componentes; renta o costo fijo por la utilización de la tubería y un cargo adicional de acuerdo a la cantidad transportada.

Intermodal: es el uso de cierta combinación de transportes para mover un producto de una ubicación a otra. Las combinaciones más comunes son: RIEL-TRAILER y AGUA-TRAILER. Otras combinaciones posibles pueden ser: Tubería-Trailer, Aire-Trailer, Tubería-Riel, Agua-Riel. El factor clave para este tipo de transporte es el intercambio de información tal que facilite las transferencias entre los diferentes medios de transporte de tal forma que se eviten demoras.

Las cualidades de cada tipo de transporte son:

Aire: Velocidad y Seguridad
Trailer: Disponibilidad y Frecuencia
Ferrocarril: Alta Capacidad
Agua: Alta Capacidad
Ductos: Seguridad y Frecuencia

Las desventajas de cada tipo de transporte son:

Aire: Alto costo, tamaño de carga restringido
Trailer: Riesgo de Siniestros
Ferrocarril: Restricciones de accesibilidad, lento.
Agua: Restricciones de accesibilidad, lento.
Ductos: Restricciones de accesibilidad.

De acuerdo a 6 Chopra (2001) el impacto y desempeño de cada tipo de transporte es:

Aire: Inventarios bajos, transportación rápida
Trailer: Inventarios Intermedios, transportación normal
Riel: Bajo costo transportación, Inventarios altos, transportación lenta
Agua: Bajo costo transportación, Inventarios altos, transportación lenta

2.3.2 SELECCIÓN SOBRE REDES DE TRANSPORTE

El movimiento eficiente de los productos es el objetivo parte de una correcta selección de rutas. Las redes organizacionales forman los canales de distribución y su estructura depende en gran parte de la naturaleza del producto con dirección a su destino final.

La distribución juega un papel muy importante tal que tenga que crear una utilidad al comprador en forma, lugar y tiempo. El diseño de una red debe permitir hacer llegar los productos a los consumidores de manera que se alcancen dos objetivos claves: nivel de servicio aceptable y minimizar costos.

De esta forma, a la hora de decidir la disposición de los almacenes, pensando en la posterior distribución de mercancía a partir de ellos, a la empresa se le presenta una decisión estratégica, ya que la ubicación dentro de la red logística configura la estructura de costo y capacidad de servicio.

Existen tres tipos de elementos para satisfacer el servicio al cliente que son: pre-transacción, nivel de cero disponibilidad, post-transacción.

Pre-transacción.- involucra los estatutos y políticas de la empresa abiertos para los clientes, estructura organizacional, sistema de flexibilidad y servicios técnicos.

Esto es parte de la negociación para fijar condiciones y claúsulas de un contrato con los clientes.

Es la base para crear un ambiente de confianza entre el comprador y proveedor, crear una relación de compra-venta larga o permanente y evitar malos entendidos durante el tiempo de la relación, buscar el trato ganar-ganar.

Por ejemplo en esta transacción se establecen los precios de acuerdo al volumen del pedido, se establece el tiempo de respuesta, se establece la forma de pago, créditos, políticas de devoluciones, etc.

Elemento del nivel de cero disponibilidad involucra la habilidad de respuesta, tiempo, cambio en tipo de transporte, eficiencia del sistema, conveniencias de órdenes y grado de substitución del producto.

Esto es parte del acontecer cotidiano debido a picos o bajas en la demanda que a la postre afecta el servicio o nivel de respuesta del proveedor al cliente tal que se comprometa la satisfacción del cliente. Es el proceso en el que el proveedor produce y envía la mercancia al cliente en base a un pedido.

La palabra "cambio" es una palabra mágica que involucra fobia e intimida a cualquiera de tal forma que produce un conflicto entre uno mismo para tomar la decisión más conveniente y esto muchas veces daña la relación cliente-proveedor.

Esto sucede cuando un cliente requiere de un cambio en la orden del pedido, cambio en el transporte, cambio en el tiempo de entrega, etc y el proveedor por diversas causas no lo puede ejecutar.

Algunas de estas causas son que al proveedor le afecta en su negocio en cuestión de dinero, porque el proceso no es flexible, o por terceros.

Un cambio requiere la conjunción de dos cosas: disposición y flexibilidad. Si el proceso es flexible pero el jefe no tiene la disposición al optar una actitud rigurista, no se va lograr el cambio, asimismo si se tiene disposición pero el proceso no tiene la flexibilidad para lograr la producción tampoco se va lograr el cambio.

Esto aplica en cualquier decisión que se tome ya sea en cambio de producción, cambio de transporte, cambio de producto, cambio de órden, etc.

Por ejemplo si se desea cambiar el tipo de transporte de trailer a avión de cierto pedido, el cambio se puede dar si se tiene la flexibilidad de poder alcanzar y detener el trailer por parte de la compañía terrestre pero siempre y cuando el jefe de embarques tenga la disponibilidad de poder avisar a las dos compañías del cambio y finalmente si la compañía aérea tiene tanto la flexibilidad como la disponibilidad de recoger el pedido y enviarlo ese mismo día.

Todo esto se tiene que dar o combinar para lograr el cambio. Con uno que falle, fracasa el cambio.

Post-transacción.- se refiere a la garantía, refacciones, mantenimiento, reposición de partes, rastreabilidad del producto, atención a quejas y devoluciones, empaque, etc.

Esto involucra la atención al cliente ya que el producto se encuentra en sus manos, en inglés lo llaman Customer Service. El cliente llama para solicitar si requiere mantenimiento de alguna máquina, si requiere de alguna refacción para el producto, si requiere colocar quejas sobre producto dañado, entrega incompleta, producto equivocado o sugerencias para mejorar el producto o servicio, si requiere el número de rastreo del transporte para saber la ubicación exacta del producto durante el envío, etc.

En la siguiente gráfica aparecen las quejas más comunes de los clientes hacia sus proveedores.

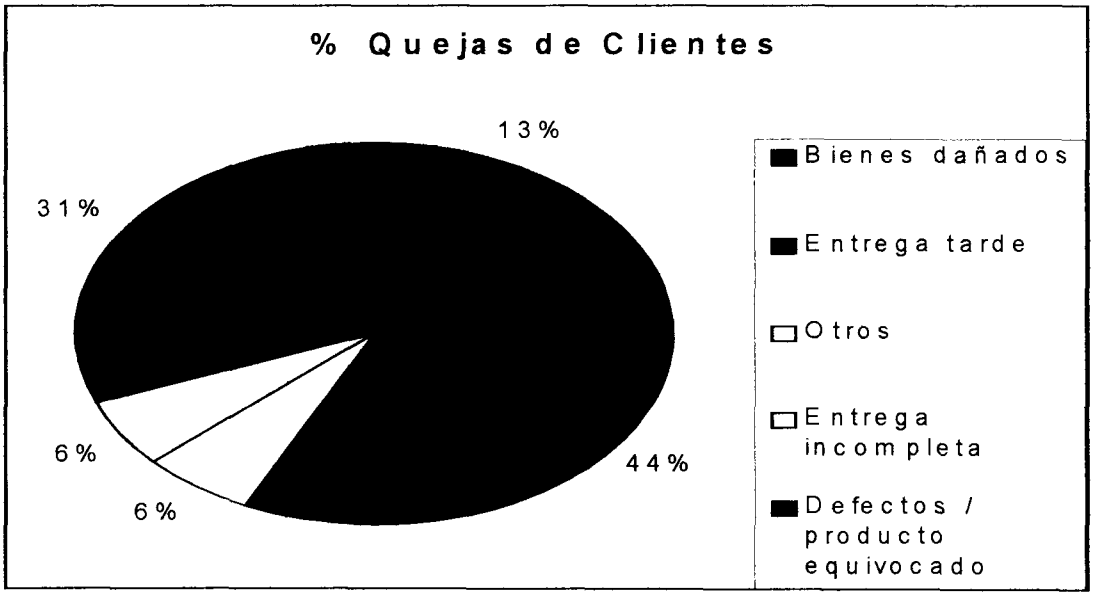


Figura 2.2

Hay dos tipos de redes más comunes: la centralizada y la descentralizada.

La red centralizada tiene de sus principales ventajas la utilización de un único almacén central, poca inversión inicial, reducción de stocks, el uso de elementos más especializados, sin embargo presenta mayores costos de transporte para poder llegar a diversos mercados y exige una gran agilidad en el movimiento de artículos para no perder el nivel de servicio.

La estrategia de un canal de distribución debe estar basada en los objetivos y estrategias competitivas de las empresas.

Debe incluir decisiones respecto a la intensidad de la distribución, canales directos o indirectos, servicios de intermediarios en cada área geográfica y planes de implementación.

7 Stock & Lambert (1987) proponen un proceso para el diseño de un canal de distribución:

- Establecer objetivos del canal
- Formular una estrategia del canal
- Determinar alternativas de estructuración del canal
- Evaluar dichas alternativas
- Seleccionar la óptima estructura
- Determinar alternativas para miembros de canales individuales
- Evaluar dichas alternativas
- Evaluar el rendimiento del canal
- Evaluar otras alternativas en caso de que el rendimiento no sea aceptable

Existen diferentes sistemas de rutas y análisis de costos para optimizar el proceso de redes. Este tipo de sistemas utiliza algoritmos y modelos matemáticos con costos de fletes estandarizados para la selección de medios de transporte óptimo.

Además hay sistemas de información geográfica para la toma de decisiones sobre rutas y proyección de información en mapas electrónicos.

Tipo de Redes

Transporte Directo- son los transportes estructurados para embarcar productos de Proveedores directamente a cada tienda. Esta red se utiliza frecuentemente cuando las tiendas son grandes tal que el óptimo reabastecimiento de tamaños de lote se encuentren cerca de una carga completa de trailer. Al no ocupar el trailer completo la utilización y los costos tienden a ser más altos aunque disminuyen los inventarios.

La mayor ventaja de dicha red es eliminar los almacenes intermediarios y la simplicidad de operación y coordinación. La decisión se debe tomar entre locaciones locales, por ende el tiempo y la distancia deben ser cortos.

Transporte Directo con Corridas Múltiples- es la ruta de un trailer para entregar productos a diferentes tiendas, o la ruta de recoger productos de diferentes proveedores para entregarlos a una cierta tienda. Dicha red se aplica cuando se tengan distancias largas y reabastecimiento de lotes a múltiples tiendas.

Transportes vía Centro de Distribución (CD)- es la red en la que se ubica un espacio intermediario entre proveedores y tiendas. De esta manera todos los embarques del proveedor son constantes hacia el centro de distribución la cual se encarga de canalizar cada producto a su respectivo destino.

El centro de distribución tiene dos funciones: la primera es almacenar inventario de seguridad y la segunda es como eslabón intermediario de transferencia.

Cualesquiera de las funciones ayudan a reducir los costos de la cadena cuando se tienen altos costos de transporte por distancias largas entre proveedores y tiendas.

La distancia larga debe ser la del proveedor- centro de distribución, de esta manera una ventaja es utilizar economías de escala de diferentes productos los cuales se almacenan en el centro de distribución con el fin de surtir los productos a los destinos finales.

Otra ventaja es la aplicación del principio de Centralización minimizando el costo total de transporte e incrementando el nivel de servicio.

Transporte vía Centro de Distribución (CD) con Corridas Múltiples- red que se utiliza cuando los lotes de entrega son pequeños para cada tienda. La consolidación de lotes reduce los costos de la transportación.

Redes Combinadas- es una combinación apropiada en las opciones previas con el fin de optimizar la respuesta y minimizar el costo de una cadena.

Crossdocking- es la red de intercambio de productos entre trailers en un Centro de Distribución para que cada uno de ellos surta productos inmediatamente a los destinos finales de diferentes proveedores.

Restricciones que Limitan la Solución Óptima de Ruteo

- ✓ Cada parada tiene un volumen que recolectar o bien entregar
- ✓ Múltiples vehículos son usados con diferentes capacidades
- ✓ Tiempo máximo de manejo permitido por descanso de 8 horas
- ✓ Las paradas deben permitir las recolecciones y entregas solo en ciertos períodos del día (horario de recepción y salida)
- ✓ Las recolecciones son permitidas en una ruta sólo después de que las entregas son hechas
- ✓ Los choferes tienen el derecho de tomar ciertos descansos ó comer su lonche en ciertos períodos del día.

A continuación en la Tabla 2.5 aparecen las ventajas y desventajas del uso de diferentes redes:

Redes de Transporte	Ventajas	Desventajas
Transporte Directo	Coordinación simple No intermediarios	Altos inventarios Altos costos en recibos Respuesta Intermedia
Transporte Directo con Corridas Múltiples	Bajos inventarios Bajo costo transporte	Complejidad en la Coordinación Respuesta Baja
Transporte vía CD	Bajo costo transporte en 1era fase	Altos inventarios Alto costo manejo CD Respuesta Alta
Transporte vía CD con Corridas Múltiples	Muy Bajo costo de transporte	Complejidad en la Coordinación Entregas Finales Respuesta Intermedia
Crossdocking	Bajos inventarios Muy Bajo costo de transporte	Alta complejidad en la Coordinación
Combinada	Selección óptima de respuesta y minimizar Costos	Alta complejidad en la Coordinación

TABLA 2.5

Principios para una Red y Programación de Transporte Eficiente

- ✓ Cargar camiones con paradas de volúmenes que se ubican más cerca uno de otro
- ✓ Arreglar paradas en diferentes días para producir conjuntos cercanos.
- ✓ Construir rutas empezando con la parada más lejana del almacén.
- ✓ La secuencia de paradas terrestre deben formar un patrón de una lágrima evitando cruces.
- ✓ Utilizar primero los vehículos con mayor capacidad disponibles.
- ✓ Las recolecciones deben mezclarse con rutas de entregas en vez de asignarlas al final de la ruta.
- ✓ Una parada que es removida de un conjunto de ruta es un candidato seguro para alternarlo como entrega.
- ✓ Se deben evitar las restricciones cortas de tiempo por parada.

2.3.3 TRANSPORTE PROPIO O POR FUENTES EXTERNAS (OUTSOURCING)

El negocio fundamental de la transportación consta en la diferencia entre el costo de transportar cierto producto a tiempo y la velocidad con la que se transporta.

Cabe señalar la proporcionalidad inversa de ambas variables, si aumenta una disminuye la otra o viceversa. Debido a esta lógica compleja se debe balancear las variables para llegar a una solución óptima o bien ser altamente eficiente en la planeación.

Existen dos tipos de decisiones en el transporte: la primera es la decisión a riesgo, la segunda es conservadora.

Una buena planeación permite arriesgar a utilizar los transportes más baratos (agua, riel) y en aquellos casos de urgencia utilizar el avión que compensará el costo de los transportes económicos.

La conservadora es utilizar los transportes más caros (trailer, avión) manteniendo solamente niveles de inventario que muy seguramente se van a vender.

El trailer usualmente se utiliza cuando son productos altamente densos ó baratos, el avión conviene cuando son productos poco densos y frecuentemente costosos.

Una vez tomada la decisión de encontrar la estrategia de transporte apropiada de la cadena se procede a seleccionar fuentes externas (outsourcing) para cada uno de ellos o bien la compra de una flotilla propia para el uso continuo del transporte.

Tradicionalmente la gran parte del transporte propio es el trailer, es decir, es muy raro encontrar empresas que cuenten con su propia flotilla de vagones, barcos y/o aviones justificado por el balance costo-beneficio. La inversión de dichos medios de transportes es muy alta y la utilidad baja, es decir, el kilo de naranja es muy costoso para el jugo que se le va exprimir.

Si a veces una flotilla de trailers no resultan convenientes para un negocio, mucho menos una flotilla de barcos, trenes, o aviones.

Por este motivo como regla general se establece que cualquier selección de medio de transporte que no sea trailer se debe contratar por fuentes externas (outsourcing).

Pasando específicamente al tema de los trailers, existe la controversia de saber cuando decidir por fuentes externas (outsourcing) y cuando por una flotilla.

Una flotilla de trailers será muy redituable cuando se tengan entregas frecuentes a distancias cortas. En caso de que sean distancias intermedias solamente podría ser conveniente cuando se unen al menos dos de estos tres factores: alta densidad, tamaño de lote grande, y alta utilización de retorno.

La utilización de retorno equivale a tener un alto porcentaje de clientes en la misma ubicación que un alto porcentaje de proveedores o bien cuando impere la logística de reversa.

Esto se refiere a aprovechar la vuelta de entregar productos en cierto destino (outbound) para regresar con materia prima de ciertos proveedores(inbound).

Contrario a esto, el "*Outsourcing*" será muy redituable cuando se tengan entregas de baja densidad a distancias largas.

La "*Paquetería*" se acostumbra con productos de baja densidad pero alta variedad con distancias largas.

La "*Consolidación*" se usa cuando se entregan productos de alta variedad con densidad y distancias intermedias.

Finalmente el "*Crossdocking*" es aconsejable cuando se entregan productos de alta densidad y distancias largas que reúnan los siguientes factores: tamaño de lote intermedio y baja utilización de retorno.

En la Tabla 2.4 Tenemos las opciones de decisión por transporte propio o por fuentes externas (outsourcing) de trailer de acuerdo a la densidad y distancia de los productos.

Factores	Distancia Corta (0-450 kms)	Distancia Media (451-900 kms)	Distancia Larga (901+kms)
Densidad alta (1 ton+)	Flota privada corridas múltiples	Trailer Directo corridas múltiples	Trailer Directo
Densidad media (0.001- 1 ton)	Flota privada con corridas múltiples	Crossdocking / Flota privada Directo con CD	Crossdocking / Trailer Directo con CD
Densidad baja (0-1 kg)	Flota privada Directo con corridas múltiples	Directo Trailer Parcial	Paquetería

Tabla 2.6

A continuación estos son algunos ejemplos de campo según su conexión externa (outbound) o interna (inbound):

Conexión Externa

Cerveza: Flota privada (Factores: tamaño de lote grande, retorno)

Conexión Interna

Supermercados: Crossdocking (Factores: tamaño de lote intermedio, baja utilización de retorno, y distancias largas)

Chips Computadoras: Paquetería (Factores: densidad baja, tamaño de lote pequeño y distancias largas)

Acero: Trailer Directo (Factores: alta densidad, distancia larga)

Libros: Trailer Parcial (Factores: baja densidad, variedad)

McMaster: Trailer Parcial con Centro de Distribución (Factores: baja densidad, alta variedad, distancias largas)

2.3.4 Agregación y Entregas Múltiples

La agregación de inventarios en un Centro de Distribución (CD) es una opción que permite contrarrestar los altos índices de variación de ciertos productos y al mismo tiempo reducir los inventarios de seguridad. Los factores críticos de decisión para invertir en un centro de distribución son:

- Productos con alto índice de variación
- Distancias largas (al menos intermedias)
- Conjunto de tiendas (retailers) alrededor del CD

El Centro de Distribución en conjunto con un buen sistema de información permitirá conocer ¿ cómo ? y ¿ dónde ? se mueven los inventarios en la cadena de tal manera que siempre se cumplan las órdenes de las diferentes locaciones (retailers). Por lo tanto se reduce el nivel de inventarios requerido mientras se confiere un alto nivel de disponibilidad al utilizar inventarios virtualmente agregados.

El beneficio de los Centros de Distribución está en el hecho de que la mayor parte de las órdenes se surten del lugar más cercano del cliente manteniendo los costos de transporte bajos. En caso de que el CD se quede sin inventario, otros CD o retailers podrán surtir la orden mejorando la disponibilidad del producto. Finalmente este sistema facilita el intercambio de productos entre tiendas (retailers) cuando una de ellas presente exceso de inventario y la otra se quede sin inventario.

Entregas Múltiples

El manejar entregas múltiples en la conexión interna (inbound) no es muy útil debido a que generalmente los centros de distribución se ubican lejos entre cada una para satisfacer diferentes zonas del país. En el caso de la conexión externa (outbound) si es muy común que se utilizen entregas múltiples mediante un plan de ruteo para surtir diario las órdenes de todas las tiendas (retailers). La diferencia está en que las órdenes de las tiendas son pequeñas en comparación con las del Centro de Distribución.

2.4 ESTRATEGIAS COMPETITIVAS

La estrategia competitiva se define como el conjunto de necesidades del cliente que se busca satisfacer mediante productos y servicios. Cada cadena según su giro tiene varias alternativas para atraer a los clientes. (Chopra, 2001)

La dirección estratégica de una compañía se establece de acuerdo a los objetivos financieros, de crecimiento, mercado propuestos. En base a esto se planea una logística que incluye tomar decisiones en base a especificar políticas de inventario, ubicación de almacenes, diseño de sistemas de información, selección en modos de transporte, entre otros.

La principal estrategia de la cadena es la corporativa que consiste en expresar claramente los objetivos, visión y misión de la compañía en cuanto a ganancia, sobrevivencia, retorno de la inversión, mercado, crecimiento, etc. de acuerdo a la selección de ciertos componentes tales como el giro de la empresa, proveedores, y a la ubicación de almacenes, consumidores y competidores. El siguiente paso es conocer fuerzas, debilidades, orientaciones y perspectivas de cada uno de estos componentes. Finalmente se establece la visión de la empresa.

La siguiente estrategia es la funcional que consiste en proceso creativos desarrollados para satisfacer la estrategia corporativa. Seleccionada la estrategia competitiva, es decir como voy a llegar al segmento elegido de mercado con el producto seleccionado, luego deben definirse las estrategias de la cadena de suministro para cada uno de los cuatro impulsores:

- Inventarios
- Facilidades
- Transporte
- Sistema de Información

Las estrategias de los impulsores (SCM) deben ser congruentes y ayudar a lograr el cumplimiento de las estrategias competitivas ya definidas.

En los capítulos posteriores consideraremos criterios de decisión para la elección de tamaños de pedidos y alternativas de transporte.

La reducción del capital consiste en minimizar el nivel de inversión en el sistema logístico, o bien, motivar una buena inversión al maximizar el retorno de la inversión.

El mejoramiento en el servicio implica reconocer que el margen de ganancia depende del nivel de logística utilizado. Para ser más efectivos el servicio se debe desarrollar de acuerdo al servicio que otorga la competencia.

En la figura 2.3 se describe la relación de estrategias entre Corporativas y Funcionales de Planeación. 8 Copacino & Rosenfield (1985)

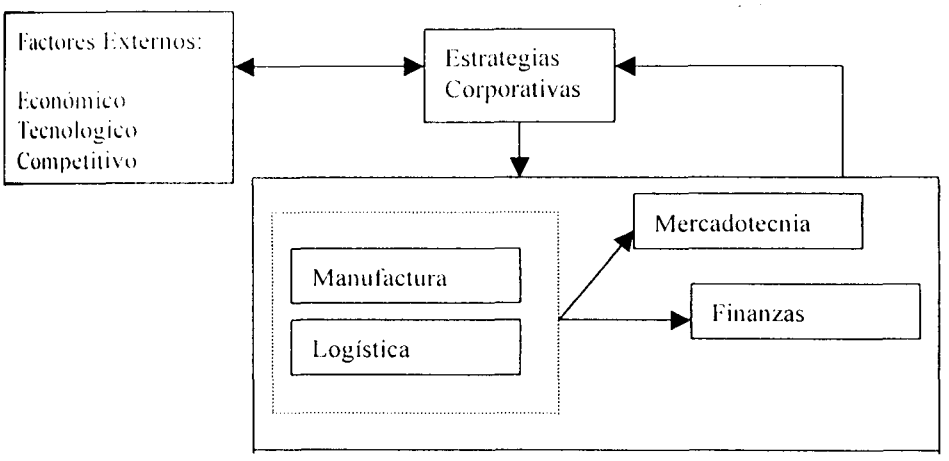


Figura 2.3

2.4.1 VALOR DE LA CADENA

El objetivo principal de una cadena de suministro es maximizar el valor generado en ella. Ese valor representa la diferencia de lo que el producto vale para el consumidor y el esfuerzo que la cadena gasta en satisfacer el pedido al cliente.

El valor de la cadena es sinónimo de la rentabilidad de la misma, es decir, la diferencia entre el dinero ingresado por los clientes y todos los gastos incurridos a través de la cadena para surtir los pedidos.

El éxito de la cadena está basado en la rentabilidad total de la cadena y no por la rentabilidad individual de algún eslabón.

Existen tres fases de decisiones en la cadena de suministro las cuales dependen estrictamente del horizonte de tiempo de planeación.

La primera fase es la Estrategia de la cadena, durante esta fase la compañía decide como estructurar la cadena, es decir, la asignación de responsabilidades de los procesos de cada eslabón. Las decisiones estratégicas incluyen ubicación de las plantas y centros de distribución, capacidades de producción, fabricación y almacenamiento de los productos, medios de transporte, y el tipo de sistemas de información a implementar.

Esta fase es en sí la que más se tarda en desarrollar porque involucra gastos fuertes que deben considerar las condiciones del mercado a largo plazo.

La segunda fase corresponde a la Planeación Táctica de la cadena que son las políticas que gobernarán las operaciones a mediano plazo.

La planeación se refiere a los pronósticos de demanda para el año actual, las facilidades que estarán surtiendo a los diferentes mercados, la decisión de los sistemas, reabastecimientos y políticas de inventarios, la subcontratación, y el período de tiempo para otorgar promociones de mercado.

La tercera fase se refiere a la Operación de la cadena. Parte de las operaciones a corto plazo de una cadena es el tamaño del horizonte para programar la producción: diaria, semanal, quincenal, etc. Esto incluye también la forma de programar los transportes de embarques diarios.

Debido a que estas actividades se realizan en poco tiempo, el objetivo de esta fase es reducir la incertidumbre y optimizar el desempeño mediante las variables ya establecidas en la etapa de planeación de la cadena. A este nivel la configuración de la cadena ya debe estar establecida con sus políticas definidas.

En la siguiente tabla se encuentran algunos ejemplos de las Decisiones Estratégicas, Tácticas y Operacionales para una cadena. 9 (Ballou, 1999)

Decisión	Estratégica	Táctica	Operacional
Ubicación	Facilidades: número y tamaño	Colocación de Inventario	Ruta, expedición y manejo de materiales
Transportación	Selección de tipos de transporte	Servicio consolidado	Cantidades de reabastecimiento y nivel de urgencia
Órdenes	Selección del sistema de información	Políticas de prioridad para órdenes de clientes	Expedición de órdenes
Servicio al cliente	Establecer estándares	Modificar turnos y prioridades	Atención telefónica, email
Almacenamiento	Selección del lugar y layout	Opciones de espacio estacionales	Cumplimiento de órdenes de producción
Compras	Políticas	Contratos	Liberación de órdenes

Tabla 2.7

El concepto de la cadena de valor fue popularizado por el profesor de Harvard, Michael E. Porter, quien la define como una herramienta para alcanzar y encontrar ventajas competitivas de una compañía.

Según Porter, cada firma puede ser entendida como una colección de actividades que abarcan el diseño, mercadeo, envío y soporte de un producto. La cadena de valor divide estas actividades en categorías de relevancia estratégica para de esta forma entender el comportamiento de los costos y las fuentes potenciales y existentes de la diferenciación.
10 (Porter,1985)

Las categorías de las que habla Porter se muestran en forma de cadena de valor en la (*figura 2.4*):

	Actividades Primarias					
Actividades De Soporte	**Infraestructura de la Compañia**					**M A R G E N**
	Administración del Recurso Humano					
	Desarrollo Tecnológico					
	Adquisiciones					
	Logística Interna	*Operaciones*	*Logística Interna*	*Mercadeo y Ventas*	*Servicio*	

Figura 2.4

Porter menciona que para escoger de mejor forma la estrategia de competencia más efectiva, una empresa debe conocer de manera precisa que es lo que da valor a sus clientes y que da valor a su forma interna de funcionar.

Todas las actividades de una empresa deben estar enlazadas en lo que él llama una cadena de valor. Así, analizando y definiendo cada actividad como aparece en la cadena de valor, la empresa puede entonces escoger una estrategia realista para competir exitosamente.

Las actividades primarias consisten en las siguientes:

- Logística Interna: recepción, manejo y almacenaje de componentes que crearan el producto.
- Operaciones: La producción, prueba y empaquetado del producto.
- Logística Externa: Almacenaje, distribución y envío del producto.
- Mercadotecnia y ventas: Anuncios, promociones y precio del producto.
- Servicio: Mantener el producto a través de reparaciones, proveer partes e instalación.

Las actividades de soporte en la cadena de valor son:

- **Adquisiciones:** La compra de los componentes del producto.
- **Desarrollo Tecnológico:** Cualquier esfuerzo diseñado para mejorar el producto actual y su oportunidad de venta.
- **Administración del Recurso Humano:** reclutamiento, contratos, entrenamiento y compensaciones del personal.
- **Infraestructura de la Empresa:** Procedimiento para la administración, planeación, finanzas y contabilidad de la empresa.

Cada enlace en la cadena de valor no se encuentra aislado. Todas las actividades tienen alguna relación entre sí.

Por lo tanto es crítico para una empresa el reconocer donde y como sus actividades se encuentran relacionadas y que posibles negociaciones tendrá que experimentar al enfatizar una actividad sobre otra.

2.4.2 NECESIDADES DEL CLIENTE

El estudio o investigación de mercados es una técnica muy útil para detectar ¿que? ¿dónde? ¿cuando? y ¿como? le gusta al cliente de ciertos productos o servicios. Otro punto importante de la mercadotecnia es conocer que prioridad e importancia le dan los clientes a los criterios ganadores de ciertos productos y servicios. Finalmente sirve para cuantificar el valor de la imagen y el diseño de los productos y servicios.

En resumen, la estrategia competitiva se debe definir tomando como base las prioridades del consumidor.

Las prioridades que puede manejar el consumidor sobre los atributos de cierto producto o servicio son:

- ✓ Tolerancia en el tiempo de respuesta
- ✓ Variedad de productos
- ✓ Nivel de servicio
- ✓ Precio
- ✓ Diseño e innovación
- ✓ Poder de reventa
- ✓ Calidad

Dependiendo el producto o servicio es el orden de las prioridades que los atributos deben seguir para tener una mayor probabilidad de éxito en ventas.

2.4.3 ALTERNATIVAS ESTRATEGICAS

Existen muchas combinaciones de estrategias competitivas basadas en el mercado, niveles socioeconómicos y poder de compra. Algunos ejemplos son:

Famsa: Atacar el nivel socioeconómico Medio Bajo y Bajo mediante variedad de productos de buena Marca y Calidad con Créditos Accesibles.

Auto Fin Auto: mismo caso que Famsa pero en Autos.

Honda: Ofrecer autos de alta calidad con mantenimiento bajo y alto poder de reventa a precios razonables

Wal-Mart: Atacar todos los niveles al ofrecer alta variedad de productos de calidad aceptable a precios bajos.

Grainger: Atacar a la industria con alta disponibilidad de productos y excelente nivel de servicio a precios competitivos.

Compaq: Ofrecer un nivel de servicio óptimo a buenos precios pero con poca variedad de modelos

Dell: Ofrecer un catálogo de una variedad de modelos para satisfacer exactamente lo que el cliente quiere con un nivel de servicio regular a precios competitivos.

Senscience: Atacar el nivel socioeconómico alto y medio alto con productos de alta calidad, tecnología y variedad a precios de exclusividad.

Armani Exchange: Atacar el nivel socioeconómico alto y medio alto mediante el diseño e innovación de moda casual de alta calidad a precios de exclusividad.

Para que las compañías logren el éxito deseado necesitan de una compatibilidad entre su estrategia competitiva y las estrategias de cada impulsor de la cadena.

Por ejemplo Wal-Mart tiene como estrategia competitiva los precios bajos pero si en la cadena tiene una estrategia de transporte que frecuente el avión, o trailers directos de cada proveedor, los gastos son mayores y nunca va poder canalizar y alcanzar su estrategia competitiva. De este modo se vuelve a recalcar la importancia de determinar criterios y alternativas para definir estrategias de los impulsores en la cadena que puedan respaldar y sustentar a la estrategia competitiva de la compañía.

Existen dos grandes extremos para obtener ganancias en la empresa, el primero es la típica empresa Japonesa, que por el espacio reducido están obligados a ser muy eficientes, esto puede implicar tener poca flexibilidad, poca variedad, pagos de contado, en otras palabras producir exactamente lo que se va vender, por lo tanto alta rotación o vueltas de inventario.

Las características más importantes de esta filosofía son:

- Responder a la demanda al más bajo costo posible
- Maximizar desempeño de manufactura
- Precios atractivos ignorando el margen
- Alta utilización, cero ocio de máquinas
- Minimizar los inventarios
- Lean Manufacturing (reducir tiempos de proceso y setups)
- Selección de proveedores con compromiso en calidad
- Materias primas de calidad a bajo costo
- Transportes de bajo costo
- Proveedores confiables

Por el otro lado se tiene a la empresa Americana y Latinoamericana donde sus ganancias generalmente son por margen de utilidad y busca ofrecer una respuesta inmediata para abarcar más terreno y mercado, por ende no perder ventas, lo cual implica tener mucho inventario para ofrecer una alta disponibilidad y variedad de productos.

Entre estos dos puntos existen muchas combinaciones que las empresas tratan de balancear para satisfacer ambas condiciones.

Las características más importantes de esta filosofía son:

- Responder a la demanda de inmediato
- Aplicar Posposición al Desempeño de manufactura
- Altos márgenes de ganancia
- Mantener cierta capacidad para ofrecer flexibilidad
- Utilizar buffers
- Lean Manufacturing (reducir tiempos de proceso y setups)
- Selección de proveedores flexibles, con alta respuesta y calidad
- Materias primas a costos competitivos
- Transportes de alta respuesta

2.4.4 CRITERIOS GANADORES

Los criterios ganadores de pedidos varían de acuerdo al producto o servicio. Actualmente los consumidores son más exigentes para tomar sus decisiones sobre su deseo de comprar ciertas marcas. La evolución de los criterios durante el siglo pasado es el siguiente:

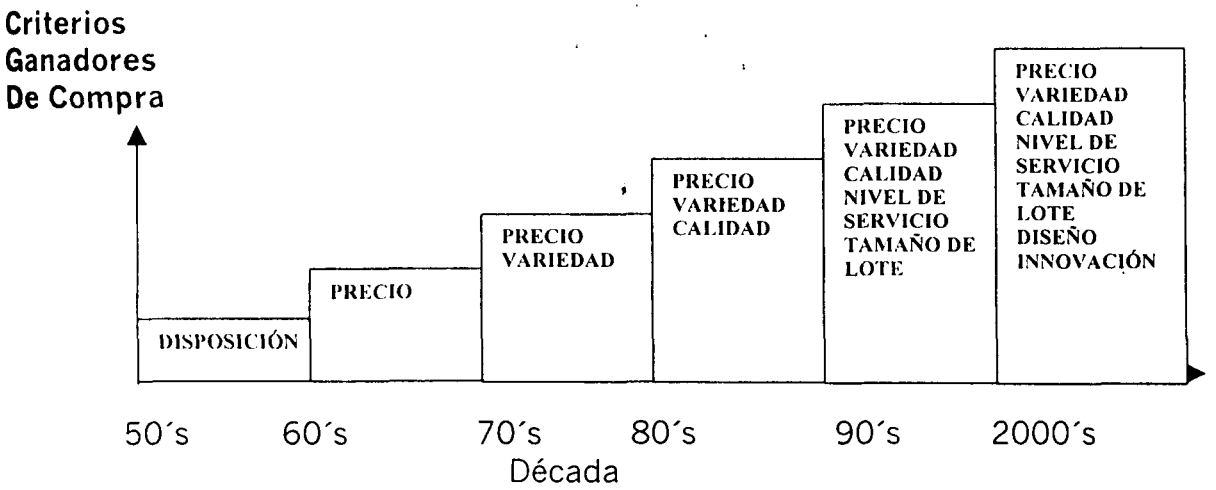


Figura 2.5

En la actualidad los criterios ganadores de compra son:

- ✓ Tamaño de lote
- ✓ Flexibilidad
- ✓ Variedad de productos
- ✓ Nivel de servicio
- ✓ Precio
- ✓ Diseño e innovación
- ✓ Poder de reventa
- ✓ Calidad

2.5 OBSTÁCULOS DE UNA CADENA DE SUMINISTRO

La habilidad de alcanzar un balance entre respuesta y eficiencia que mejor se relacione al tipo de demanda es el punto clave para soportar la estrategia competitiva. Actualmente las empresas sufren por difíciles obstáculos a través de la cadena para encontrar el balance ideal. El impacto que presente cada uno de ellos será crítico para que la cadena tenga la habilidad de sustentarlo y maximizar sus utilidades.

2.5.1 Incremento en la Variedad de Productos

En esta era los consumidores son más exigentes en sus necesidades. Cada vez los clientes ordenan artículos más personalizados con las características que ellos desean y al mismo tiempo existe mayor competencia para satisfacer novedades. Los artículos genéricos han pasado ha ser más específicos de acuerdo al nicho de mercado del mismo modo que las carreras profesionales se fueron fragmentando para ser más específicas.

La variedad cuesta satisfacerla y complica la certidumbre de la demanda a la cadena de tal forma que la tendencia es tener un menor horizonte o bien predicción del futuro.

Cuando existe este obstáculo, la única forma de estar en vanguardia es minimizar y consolidar inventarios, de otra forma la cadena estará tropezando por costos de obsoletos, remates y disponibilidad de productos.

2.5.2 Disminución de los Ciclos de Vida en los Productos

La tecnología ha avanzado mucho, ahora los cambios en los autos tienen mayor contraste de un modelo a otro que hace 20 años, es decir ahora cada año es un nuevo diseño con nuevos accesorios.

Por ejemplo tenemos el negocio del fútbol en las playeras de los equipos, hace 20 años era la misma playera cada temporada, ahora cada año notamos los cambios en los contrastes y diseño de la playera. Este obstáculo se desarrolló gracias a la evolución de la mercadotecnia que es la utilización de técnicas de mercado para atraer clientes frecuentes y clientes nuevos.

Debido a estos factores, las cadenas de suministro tienen que estar en constante innovación para ser competitivos, es decir, " si tu no lo haces, el de frente lo hará ".

La clave de este obstáculo es saber cuando y cómo hacer el cambio en la imagen del producto.

Si el cambio se hace antes de tiempo se quedarán inventarios sin vender, por su parte si se hace después de tiempo la competencia te habría ganado antes el mercado.

Sería tanto como decir en el baseball que el éxito del manager es contar con la habilidad de rotar a sus pitchers en el momento preciso; relevarlos ni un lanzamiento antes ni un lanzamiento después. Un lanzamiento antes causa no utilizar los recursos al 100%, es decir se tiene más riesgo de quedar sin pitchers y un lanzamiento después causa pérdidas al recibir carreras que no estaban previstas, es decir el contrario te gana.

Cuando existe este obstáculo, al igual que el anterior, se debe estar en vanguardia constantemente, esto es minimizar y consolidar inventarios, de otra forma la cadena estará tropezando por costos de obsoletos o remates y la probable agonía del mercado por la competencia.

El ciclo normal de un producto es el siguiente:

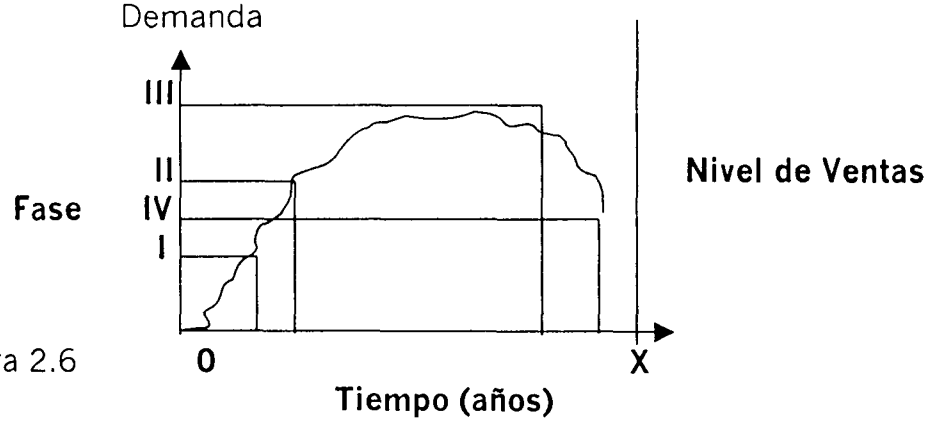


Figura 2.6

Fases	**Rango de Tiempo (min, max)**
I. Introducción	*X {0,100} Básicos*
II. Crecimiento	*X {0,50} Hogar, Abarrotes*
III. Madurez	*X {0,25} Alimentos*
IV. Declive	*X {0,10} Electrodomésticos*
	X {0,5} Arquitectura y Autos
	X {0,2} Tecnológicos
	X {0,1} Música y Moda

2.5.3 Picos de Demanda

Hoy en día, los clientes están demandando mejor servicio, entrega inmediata, mejor calidad y mejor funcionamiento de los productos por el mismo precio. El carecer de una respuesta rápida puede ocasionar que se pierdan mercados importantes.

La implementación apropiada de un buen sistema de información en conjunto con una red de transporte de rutas óptimas permite absorber los picos de demanda al satisfacer necesidades de almacenes consolidados que incrementarán la disponibilidad del producto a cuyos almacenes existan faltantes.

Para canalizar este obstáculo es crítico tener un excelente sistema de información evitando el efecto látigo.

2.5.4 Fragmentación de la Cadena

A través de las décadas muchas cadenas han disminuido su integración de forma vertical. Muchas compañías a menudo buscan tomar ventaja de clientes y proveedores competitivos por el desempeño del cual carecen.

Por ejemplo hay cadenas donde cada eslabón se dedica a extender lo más posible la fecha promesa de pago, hay situaciones de hasta 120 días de plazo.

Al incrementarse los accionistas en una cadena, cada uno establece sus propias políticas e intereses de tal forma que la cadena se convierte en una situación difícil de coordinar.

Otras veces tienen objetivos de optimización de procesos locales y solo evalúan el desempeño interno.

Generalmente esto causa que cada eslabón de la cadena trabaje sobre sus propios objetivos despreciando las estrategias globales de la cadena.

Para evitar la fragmentación de la cadena, que cada eslabón se mueva por su lado, se debe implementar un compromiso común de alta dirección por eslabón, ésta es la base fundamental.

Es fundamental la coordinación de la comunicación, los recursos y las estrategias mediante el aprovechamiento de la tecnología para mejorar la conexión entre los eslabones. Una cadena efectiva debe lograr una sociedad que brinde confianza entre los eslabones.

Los Efectos de que los eslabones trabajen de forma individual sin coordinación se indican a continuación:

- Incremento de Costos de Manufactura e Inventarios
- Aumento en el Tiempo de Reabastecimiento
- Incremento en Costos de Transporte
- Disminución en el Nivel de Disponibilidad del Producto
- Distancia en las Relaciones entre Eslabones (culpas unos con otros)
- Aumento de precios para contrarrestar la ineficiencia de la cadena

Las recomendaciones para mejorar la Coordinación Apropiada en la Cadena son:

- Compartir Estadísticas en los Puntos de Venta
- Planeación y Pronóstico Colaborativo
- Control de Reabastecimiento
- Estrategias de Redes de Transporte

2.5.5 COMPETENCIA DE LA GLOBALIZACIÓN

A partir de la década de los 90´s, cuando comenzó el derrumbe de la muralla económica entre el capitalismo y el socialismo, inicio el parteaguas de la nueva era de la globalización. El segundo mundo del socialismo fue derrocado y los países se vieron obligados a cambiar sus esquemas de comercialización a excepción de Cuba, China y Corea entre otros que mantuvieron sus ideales por la fuerza militar y represión que tienen sobre sus pobladores.

En esta nueva era la expansión hacia el negocio global ha creado beneficios tales como la habilidad de seleccionar proveedores de cualquier región del mundo que pueden ofrecer productos mejores y de menor precio que los proveedores locales.

Sin embargo, un obstáculo que provoca dolores de cabeza a las cadenas de suministro se debe a que los diferentes eslabones se pueden encontrar lejos entre sí, con diferentes lenguas y culturas provocando que la coordinación sea más compleja.

Por lo tanto la alta dirección de las diferentes compañías tienen que evaluar el costo-beneficio de contar con proveedores externos.

El segundo impacto de la globalización es el incremento de la competencia, ya no es solamente competir con los compatriotas locales sino con cualquier negocio alrededor del mundo.

Con la apertura del libre comercio las empresas fuertes se han convertido más agresivas para atacar nuevos mercados y regiones.

En ocasiones estas empresas fuertes compran a la competencia de otras regiones o bien se asocian con el fin de mantener o crecer la fuerza de ventas.

Algunos ejemplos de unión o compra en nuestro país son la adquisición y conexión de bancos City Bank – Banamex, BBV-Bancomer, Santander-Serfin, Internacional-HSBC, Banorte-Banpaís-Confía-Bancrecer. La unión de varias marcas de leche para formar lo que hoy es Grupo Lala. Cigarrera la Moderna que fue comprada por British Tobacco. La empresa Gigante que compró lo que era Azcúnaga, Astradescuento y Super-K

De esta forma, la situación de la competencia global obliga a la mayor parte de los negocios medianos y grandes a ser muy eficientes y ofrecer cada vez más criterios ganadores de compra para poder subsistir.

Por su parte la micro y pequeña empresa tiene que buscar proveedores competitivos que puedan respaldar su trabajo si desean continuar en el mercado.

ÍNDICE

	PAGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE	iii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes y Justificación	1
1.2 Objetivo y Alcance	3
1.3 Objetivos Específicos	3
1.4 Hipótesis	3
1.5 Cadena de Suministro	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Políticas de Inventarios	7
2.1.1 Definición de Sistemas de Inventarios	9
2.1.1.1 Sistema Pull	15
2.1.1.2 Sistema Push	17
2.1.1.3 Sistema JIT	19
2.1.1.4 Sistema ABC	21
2.1.2 Empresas Manufactureras	22
2.1.2.1 Patrón de la Demanda	22
2.1.2.2 Capacidad de Producción	23
2.1.2.3 Tiempo de Proceso	24
2.1.2.4 Tipo de Proceso	25

2.1.3 Definición de Tipos de Inventarios 26

2.1.3.1 Cíclicos 26

2.1.3.2 Seguridad 26

2.1.3.3 Máximos y Mínimos 26

2.1.3.4 ABC 27

2.2 Sistemas de Información 28

2.2.1 Definición de Sistemas de Información 29

2.2.1.1 EDI 30

2.2.1.2 INTERNET 30

2.2.1.3 ERP 31

2.2.1.4 SCM 32

2.2.1.5 E-Buisness 33

2.3 Transporte 34

2.3.1 Tipos de Transporte 36

2.3.2 Selección sobre Redes de Transporte 38

2.3.3 Transporte Propio o de Outsourcing 45

2.3.4 Agregación y Entregas Múltiples 48

2.4 Estrategias Competitivas 49

2.4.1 Valor de la Cadena 51

2.4.2 Necesidades del Cliente 55

2.4.3 Alternativas Estratégicas 56

2.4.4 Criterios Ganadores 59

2.5 Obstáculos de la SCM 60
2.5.1 Incremento en Variedad de Productos 60
2.5.2 Ciclos de Vida Cortos 60
2.5.3 Picos en la Demanda 62
2.5.4 Fragmentación de la Cadena 63
2.5.5 Competencia de Globalización 65

Capítulo III. MODELO INVENTARIOS-TRANSPORTE 67

3.1 Fórmula General Costos Totales 67
3.1.1 Fórmulas Secundarias 67

3.2 Definición de Unidades 68
3.2.1 Fórmula General 68
3.2.2 Fórmulas Secundarias 68

3.3 Empresas con Demanda Determinística 69
3.3.1 Políticas de Relleno 71
3.3.1.1 Push 72
3.3.1.2 Pull 72

3.4 Fórmula General 73
3.4.1 Valores a Utilizar 76
3.4.1.1 Costo por kilómetro 76
3.4.1.2 Tiempo de Tránsito 77

3.4.2 Definición de Variables 80
3.4.2.1 Demanda Annual 80
3.4.2.2 Fracción I 80
3.4.2.3 Costo por kilómetro 80
3.4.2.4 Relación Y 80
3.4.2.5 Tiempo de Tránsito 81
3.4.2.6 Distancia del Proveedor 82
3.4.2.7 Factor W 82
3.4.2.8 Costo de Flete 82
3.4.2.9 Costo Unitario 82
3.4.2.10 Costo de Transporte Unitario 83
3.4.3 Criterios para Determinar Y 83

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DEL MODELO 85

4.1 Análisis 1 Caso 1: Q Variable 85
4.1.1 Transporte Aire 86
4.1.2 Transporte Terrestre 88
4.1.3 Transporte Riel 90
4.1.4 Transporte Agua 92
4.1.5 Tabla Resumen 94

4.2 Análisis 1 Caso 2: Q Constante 96
4.2.1 Transporte Aire 96
4.2.2 Transporte Terrestre 97
4.2.3 Tabla Resumen 98

4.3 Análisis 2: Costo Unitario 99
4.3.1 Relación Costo Unitario – Q* 99
4.3.2 Relación Costo Unitario – Factor I 101
4.3.3 Relación Costo Unitario – Demanda 104

4.4 Análisis 3: Factor I 106
4.5 Análisis 4: Demanda 107
4.6 Análisis 5: Ubicación 108

4.7 Análisis 6: Lote Económico 109
4.7.1 Transporte Aire 111
4.7.2 Transporte Terrestre 114
4.7.3 Transporte Riel 117

4.8 Análisis 7: Lote Económico Corregido 120
4.8.1 Transporte Aire 122
4.8.2 Transporte Terrestre 125
4.8.3 Transporte Riel 128
4.8.4 Conclusión General 130

4.9 Comparación de Puntos de Quiebre 134
4.9.1 Ahorro Intermedio 136
4.9.2 Ahorro Bajo 138
4.9.3 Ahorro Alto 140
4.9.4 Tendencias 141

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y ESTUDIOS FUTUROS 142

5.1 Conclusiones de los Análisis 142

5.1.1 Análisis 1: Tamaño de Lote 142

5.1.2 Análisis 2: Costo Unitario 143

5.1.3 Análisis 3: Factor I 144

5.1.4 Análisis 4: Demanda 145

5.1.5 Análisis 5: Ubicación 145

5.1.6 Análisis 6: Lote Económico 145

5.1.7 Análisis 7: Lote Económico Corregido 146

5.2 Situaciones Mejores por Transporte 146

5.3 Situaciones Peores por Transporte 147

5.4 Mejor Combinación de Variables 147

5.5 Peor Combinación de Variables 148

5.6 Puntos de Quiebre 148

5.7 Solución a la Prueba de Hipótesis 149

5.8 Recomendaciones para Estudios Futuros 150

5.9 Conclusiones Generales 151

Bibliografía 153

Anexos 154

Anexo 1 155

Anexo 1A 156

Anexo 1B 157

Anexo 1C 158

Anexo 1D 159

Anexo 2 160

HOJA 1

Anexo 2A HOJA 1 161

Anexo 2B HOJA 1 162

Anexo 2C HOJA 1 163

HOJA 2

Anexo 2A HOJA 2 164

Anexo 2B HOJA 2 165

Anexo 2C HOJA 2 166

Anexo 2D HOJA 2 167

HOJA 3

Anexo 3A HOJA 3 168

HOJA 4

Anexo 4A HOJA 4 169

HOJA 5

Anexo 5A HOJA 5 170

Anexo 3 171

Anexo 3A 172

Anexo 3B 173

Anexo 3C 174

Anexo 4 175

Anexo 4A 176

Anexo 4B 177

Anexo 4C 178

Anexo 5 179

Anexo 5A 180

Anexo 6 181

HOJA 1

Anexo 6A HOJA 1 182

HOJA 2

Anexo 6A HOJA 2 183

HOJA 3

Anexo 6A HOJA 3 184

Anexo 7 185

HOJA 1

Anexo 7A HOJA 1 186

Anexo 7B HOJA 1 187

HOJA 2

Anexo 7A HOJA 1 188

Anexo 7B HOJA 2 189

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES, TENDENCIAS Y ESTUDIOS FUTUROS

La metodología seguida por estos análisis se desarrolló para distintos casos de valores como ayuda para la toma de decisiones dentro de la cadena de suministro.

El costo de los transportes son considerados respecto a la distancia pero también son variables respecto a peso y volúmen, lo cual no fue considerado en los análisis.

La variable de mayor peso y vulnerabilidad al tipo de transporte es el Costo Unitario, debido a esto fue la variable en la que se realizaron mayores iteraciones.

Los sistemas de transporte considerados son Agua, Riel, Terrestre y Aire.

Se parte de la suposición de que existe disponibilidad del servicio y capacidad de carga.

5.1 Conclusiones de los Análisis

5.1.1 Análisis 1: Tamaño de Lote

Valores Constantes

D = 1,000,000	U = 1000 kms
I = 25 %	W = 1
C = $ 12.6	Y = 1

Después de analizar ambos casos del Análisis 1 para encontrar el transporte Ideal iterando el tamaño de lote concluimos:

- ✓ El transporte ideal es Terrestre excepto cuando se usen frecuencias de tamaño de lote menores a 58,824 piezas, en este caso favorece Agua ó Riel si está disponible el servicio.
- ✓ El tamaño de lote ideal es 66,667 piezas para minimizar los costos totales utilizando transporte Terrestre.
- ✓ Para Tamaño de Lote arriba de 500,000 piezas, favorece utilizar Aire.

5.1.2 Análisis 2: Costo Unitario

Valores Constantes

D = 1,000,000 U = 1000 kms
I = 25 % W = 1
Q* = 111,111 (terrestre)

- ✓ El transporte agua/riel se favorece cuando el costo unitario es menor o igual a $ 4 pesos.
- ✓ El transporte terrestre se favorece cuando el costo unitario se encuentra entre $ 4 y $ 25 pesos.
- ✓ El transporte aire se favorece cuando el costo unitario supera $ 25 pesos.
- ✓ El rango del costo unitario es mayor y favorece al transporte agua / riel a medida que el tamaño de lote baja.
  Por ejemplo para un Q =43,478, el transporte agua / riel se favorece hasta $ 12.6 pesos. El rango es mayor que para una Q = 111,111.
- ✓ El rango del costo unitario es mayor y favorece al transporte aire a medida que el tamaño de lote aumenta.
  Por ejemplo para un Q = 290,411, el transporte aire se favorece a partir de $ 10 pesos.
- ✓ Para la Q* = 58,824, el transporte agua / riel sólo se favorece para costos unitarios hasta $ 11 pesos.
- ✓ El rango del costo unitario es mayor y favorece al transporte agua / riel a medida que el factor I disminuye.
  Por ejemplo para una I = 15 %, este transporte se favorece hasta $ 6 pesos.
- ✓ El rango del costo unitario es mayor y favorece al transporte aire a medida que el factor I aumenta.
  Por ejemplo para una I = 30 %, este transporte se favorece a partir de $ 21 pesos.

- ✓ El rango del costo unitario es mayor y favorece al transporte agua / riel a medida que la demanda disminuye.
  Por ejemplo para una D = 100,000 este transporte se favorece hasta $ 40 pesos.

- ✓ El rango del costo unitario es mayor y favorece al transporte aire a medida que la demanda aumenta.
  Por ejemplo para una D = 2,000,000, este transporte se favorece a partir de $ 13 pesos.

5.1.3 Análisis 3: Factor I

Valores Constantes

D = 1,000,000 U = 1000 kms W = 1
Q* = 111,111 (terrestre) C = 12.6

- ✓ El factor I no tuvo un impacto considerable para este caso, el transporte terrestre fue la mejor opción desde un 15 % hasta un 30 %.

- ✓ Para ciertos tamaños de lote, por ejemplo Q = 66,667 el factor I si afecta en el tipo de transporte

- ✓ Para ciertos costos unitarios, por ejemplo de 30 pesos, favorece el transporte Terrestre hasta un 20%, y favorece el transporte Aire a partir de un 20 %.

- ✓ A medida que el factor I aumenta es factible que afecte el tipo de transporte dependiendo del costo unitario. Existen rangos de costos unitarios en los que el factor I mantiene constante al transporte óptimo. Esto significa que en cierto rango de costo unitario para cualquier valor de I el transporte óptimo es el mismo.

- ✓ En cuestión de costos totales, el factor I si afecta, esto es a mayor factor I mayor costo.

5.1.4 Análisis 4: Demanda

Valores Constantes

U = 1000 kms W = 1 C = 12.6
Q* = 111,111 (terrestre) I = 25 %

- ✓ A medida que la demanda disminuye, favorece el transporte agua / riel y a medida que la demanda aumenta, favorece el transporte aire.
- ✓ En cuestión de costos totales, la demanda si afecta, a mayor demanda mayor costo.

5.1.5 Análisis 5: Ubicación

Valores Constantes

D = 1,000,000 W = 1 C = 12.6
Q* = 111,111 (terrestre) I = 25 %

- ✓ La ubicación no tuvo un impacto considerable para este caso, el transporte terrestre siempre fue la mejor opción salvo distancias internacionales arriba de 9000 kms.
- ✓ En cuestión de costos totales, la ubicación si afecta a mayor distancia mayor costo.

5.1.6 Análisis 6: Lote Económico

D = 1,000,000 W = 1
I = 25 %
C = 12.6

- ✓ Este procedimiento permite encontrar el tamaño de lote óptimo que minimiza solamente una parte de los costos totales y este aumenta a medida que aumenta el costo unitario, el factor I y la demanda.
- ✓ Para el caso estudiado, el transporte terrestre se favorece.
- ✓ Según la fórmula del Lote Económico el tamaño de lote óptimo es 90,851 para Terrestre pero no considera el costo de mantener inventarios en tránsito ni en almacén. (Ver Análisis 6)

5.1.7 Análisis 7: Lote Económico Corregido

Datos Constantes

D = 1,000,000 W = 1
I = 25 %
C = 12.6

- ✓ Es una alternativa más para conocer con mayor facilidad la Q* óptima
- ✓ Confirma que el Transporte Terrestre es el de menor costo para los datos que se utilizaron.
- ✓ Según la fórmula del Lote Económico el tamaño de lote óptimo es 64,421 para Terrestre. (Ver Análisis 7)

5.2 Situaciones Mejores para cada Sistema de Transporte

Conviene usar Aire cuando

- ✓ Existe una combinación muy alta de costo unitario y alta de factor I
- ✓ La demanda es alta
- ✓ La distancia es muy larga

Conviene usar Terrestre cuando

- ✓ Existe una combinación mediana de costo y mediana de factor I
- ✓ Existe una combinación baja de costo y alta de factor I
- ✓ La demanda es intermedia
- ✓ La distancia no es muy larga

Conviene usar Agua / Riel cuando

- ✓ Existe una combinación baja de costo y baja de factor I
- ✓ Existe una combinación mediana de costo y baja de factor I
- ✓ La demanda es baja y frecuente
- ✓ La distancia es intermedia

5.3 Situaciones Peores para cada Sistema de Transporte

No Conviene usar Aire cuando

- ✓ Se maneja costo unitario mediano o bajo
- ✓ Se maneja un factor bajo
- ✓ La demanda es baja y frecuente
- ✓ La distancia es intermedia o corta

No Conviene usar Terrestre cuando

- ✓ Se maneja un costo unitario muy alto o muy bajo.
- ✓ La demanda es muy alta o muy baja
- ✓ La distancia es muy larga

No Conviene usar Agua / Riel cuando

- ✓ Se maneja un costo unitario mediano o alto
- ✓ Se maneja un factor alto
- ✓ La distancia es muy larga

5.4 La Mejor Combinación de Variables en Cuestión de Costos Totales

Variable	Condición
Costo Unitario	bajo
Factor I	bajo
Ubicación	Nacional
Distancia	corta
Frecuencia de pedidos	Pequeña
Tiempo de Respuesta	Rápida
Número de pedidos por año	alto

Tabla 5.1

5.5 La Peor Combinación de Variables en Cuestión de Costos Totales

Variable	Condición
Costo Unitario	alto
Factor I	alto
Ubicación	Extranjero
Distancia	larga
Frecuencia de pedidos	grande
Tiempo de Respuesta	lenta
Número de pedidos por año	bajo

Tabla 5.2

5.6 Puntos de Quiebre

- ✓ Cuando el ahorro entre puntos de quiebre es pequeño, el tamaño de lote debe ser mayor al lote mínimo que explota el mejor costo unitario para obtener un mayor ahorro, por lo tanto Fr también es mayor.

- ✓ Cuando el ahorro es mediano, el tamaño de lote debe ser el mínimo que explote el precio menor para obtener un mayor ahorro, por lo tanto Fr también es mediano.
  El tamaño de lote intermedio porque si se maneja un lote pequeño se paga más caro la materia prima y si se pide un tamaño de lote muy grande se paga más por mantener inventario.

- ✓ Lo mismo ocurre cuando C es grande y el ahorro es grande.

- ✓ A medida que el ahorro sea grande entre los puntos de quiebre se favorece el utilizar el mínimo lote que aproveche el mejor costo unitario

- ✓ A medida que el ahorro sea pequeño entre los puntos de quiebre se favorece el utilizar lotes pequeños con entregas frecuentes ya que el costo de mantener inventarios es mayor al ahorro.

5.7 Solución a la Prueba de Hipótesis

Hipótesis: Se desea probar que el Costo de Mantener Inventarios afecta más que el Costo de Transporte en Industrias Manufactureras.

Se aprueba la hipótesis al comprobar que es más costoso mantener inventarios que pagar por transporte ya que por lo general es conveniente pedir lotes pequeños de manera frecuente como lo muestran las dos Martices 4.1 y 4.2.

La hipótesis no se aprueba bajo las siguientes condiciones en orden de importancia:

- ✓ Costos unitarios bajos
- ✓ Factor I bajo
- ✓ Demanda Baja

Con estas condiciones es factible que el costo del transporte sea mayor al costo de mantener inventarios por lo cual es conveniente pedir lotes grandes de manera no tan frecuente.

5.8 Recomendaciones para Estudios Futuros

Este estudio se puede profundizar para conocer el efecto que tienen estas variables mediante la metodología propuesta para otros ambientes o patrones de demanda. Como lo vimos en el transcurso de este estudio, existen otros patrones de demanda que no necesariamente siguen un consumo constante a través del año, sino son productos que tienen un consumo variable en cada lapso o época del año.

Además se puede incorporar al estudio la variable de inventario de seguridad cuando la empresa carece de proveedores 100 % confiables o tiene mucha variedad en su demanda a través del año.

En este caso se debe crear una metodología para determinar el inventario de seguridad más apropiado y agregarla al modelo para volver a iterar las variables con el fin de observar sus efectos.

El inventario de seguridad tiene muchos argumentos y cuestiones que se pueden definir para determinarlo. Algunas de esos argumentos es el desempeño de los proveedores o bien variabilidad en la demanda. Habría que enfocarse a cualquiera de estas dos opciones y desarrollar el modelo agregando inventario de seguridad para no crear confusiones entre ambos criterios.

Lo que si podemos inferir desde el punto de vista costo total es que los inventarios de seguridad aumentan el costo total de mantener inventarios, entonces habría que hacer un balance entre el costo de no tener contra el costo de sobre tener y determinar como afecta el inventario de seguridad al transporte, es decir que transporte es el más conveniente y en que circunstancias por ejemplo en que volúmenes de inventario.

Este análisis sería muy bueno para un estudio futuro, aunque podríamos atrevernos a inferir de este estudio que el inventario de seguridad va aumentar los costos de mantener inventario por lo cual la probabilidad de que resulte la misma solución pero sesgado a que se pidan lotes más pequeños y más frecuentes es muy alta y con esto la prueba de hipótesis se hace más contundente, es decir con menos excepciones como las que se presentaron en la solución de la misma en este estudio.

Finalmente como alternativa a este estudio se puede definir los costos de transporte en base a tres variables: distancia, peso y volúmen para ver los efectos en los resultados ya que este estudio solo contempla la variable más critica, la distancia, para determinar los costos de transporte.

5.9 Conclusiones Generales

En la siguiente matriz calculamos los tamaños de lote óptimos al variar el factor I y el Costo Unitario utilizando la Fórmula de Lote Económico Corregido. En colores aparecen los transporte óptimos.
VER ANEXO 7, hoja 1

MATRIZ DE OPTIMIZACIÓN					agua / riel terrestre
	Tamaño de Lote Q*				
D =	1,000,000			U= 1000 kms	colores
C vs I	15%	20%	25%	30%	
300	16,997	14,720			
$100.00	29,439	25,495	22,804	20,817	
$40.00	46,547	40,311	36,056	32,914	
$12.60	56,344	48,795	43,644	58,644	
$7.00	75,593	65,463	58,554	78,680	
$1.00	200,000	173,205	154,919	141,421	

Consideremos los siguientes Rangos de C y Factor I

Costos		**Factor I**	
$ 1 - $ 10	**Costo Bajo**	**15 %**	**Bajo**
$ 10 - $ 50	**Costo Mediano**	**20 – 25 %**	**Mediano**
$ 50 – x	**Costo alto**	**30 %**	**Alto**

Conviene usar Aire cuando

- ✓ Existe una combinación muy alta de costo unitario y alta de factor I

Conviene usar Terrestre cuando

- ✓ Existe una combinación mediana de costo y mediana de factor I
- ✓ Existe una combinación baja de costo y alta de factor I

Conviene usar Agua / Riel cuando

- ✓ Existe una combinación baja de costo y baja de factor I
- ✓ Existe una combinación mediana de costo y baja de factor I

En la siguiente matriz calculamos los tamaños de lote óptimos al variar la Ubicación del Proveedor utilizando la Fórmula de Lote Económico Corregido. En colores aparecen los transporte óptimos.
VER ANEXO 7, hoja 2

MATRIZ DE OPTIMIZACIÓN					terrestre
	Tamaño de Lote Q*				
D =	1,000,000	U = 3000 kms			colores
C vs I	15%	20%	25%	30%	
300	29,439				
$100.00	50,990	44,159	39,497	36,056	
$40.00	80,623	69,821	62,450	57,009	
$12.60			111,270	101,575	
$7.00				136,277	
$1.00					

Ubicación: Impacto en la Fórmula General, T (tiempo de tránsito) y F (costo de flete)

Si la Ubicación aumenta a 3,000 kms, el rango de Agua / Riel es menor y el del Aire es mayor, es decir, los colores de la matriz tienen un desplazamiento hacia abajo.

Si la Ubicación cambia de Extranjero a Nacional, el rango de Agua / Riel es mayor y el del Aire es menor, es decir, los colores de la matriz tienen un desplazamiento hacia arriba.

De acuerdo a las conclusiones del Análisis 4 inferimos lo siguiente:

Demanda: Impacto en la Fórmula General, D.

Si la Demanda aumenta de 1,000,000 de piezas, el rango de Agua / Riel es menor y el del Aire es mayor, es decir, los colores de la matriz tienen un desplazamiento hacia abajo

Si la Demanda disminuye de 1,000,000 de piezas, el rango de Agua / Riel es mayor y el del Aire es menor, es decir, los colores de la matriz tienen un desplazamiento hacia arriba.

Bibliografía Seleccionada

Ballou, Ronald (1998). Business Logistics Management, Prentice Hall, 4ta Edición.

Davis, Herbert & Drumm, William (1996), Logistics Cost and Customer Service Levels.

Anaya,J.J. (1998) La Gestión Operativa de la Empresa: Un Enfoque de la Logística Integral, ESIC.

Castán, María, Cabañero, Carlos & Nuñez, Ana (2000) La Logística en la Empresa, Pirámide.

Bowersox, Donald & Closs, David (1996) Logistical Management: The Integrated Supply Chain Integration a Reality, McGraw-Hill.

Hammer, Michael (1998) Succeding with SAP, Hammer Productions

Wilson, Rosalyn (1996) Transportation in America, 14th Edición, ENO.

Chopra, Sunil & Meindl, Peter (2001) Supply Chain Management, Prentice Hall

Copacino, William & Rosenfield, Donald, (1985) Analytic Tools for Strategic Planning, International Journal of Physical Distribution & Materials Management

Porter, Michael, (1985) Competitive Advantage, The Free Press.

Guía Roji 2000

LaLonde, Bernard & Zinszer, Paul, (1976) Customer Service: Meaning and Measurement Council of Physical Distribution Management

Harmon, Craig (1985), Bar Code Technology as a Data Communication Medium, Council of Logistics Management, Vol I

Artman, Les & Clancy, David, (1990) Transportation & Distribution

ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 1A

Iteraciones

Constantes

I	25%	
D	1,000,000	piezas
C	$12.60	
U	1000	kms
W	1	extranjero

K	$ / km	
K agua	6	$/km
K riel	9	$/km
K terrestre	13	$/km
K aire	25	$/km

F=	U*K	T=	W*TI	
Fagua	$6,000	Tagua	21	días
Friel	$9,000	Triel	16	días
Fterrestre	$13,000	Tterrestre	6	días
Faire	$25,000	Taire	2	días

Variables

L+T	para L = 35 días	
L+Tagua	56	días
L+Triel	51	días
L+Tterr	41	días
L+Taire	37	días

Q=	D/N
142857	piezas
125000	piezas
111111	piezas
100000	piezas

L+T	para L = 1 días	
L+Tagua	22	días
L+Triel	17	días
L+Tterr	7	días
L+Taire	3	días

Q=	D/N
58824	piezas
45455	piezas
18868	piezas
8197	piezas

R =	F / Q
Ragua	$0.04
Rriel	$0.07
Rterrestre	$0.12
Raire	$0.25

N=	365/(L+T)
Nagua	7.0
Nriel	8.0
Nterr	9.0
Naire	10.0

R =	F / Q
Ragua	$0.10
Rriel	$0.20
Rterrestre	$0.69
Raire	$3.05

N=	365/(L+T)
Nagua	17.0
Nriel	22.0
Nterr	53.0
Naire	122.0

ANEXO 1B

L+T	para L = 10 días	
L+Tagua	31	días
L+Triel	26	días
L+Tterr	16	días
L+Taire	12	días

Q=	D/N
83333	piezas
66667	piezas
43478	piezas
32258	piezas

L+T	para L = 20 días	
L+Tagua	41	días
L+Triel	36	días
L+Tterr	26	días
L+Taire	22	días

Q=	D/N
111111	piezas
90909	piezas
66667	piezas
58824	piezas

R =	F / Q
Ragua	$0.07
Rriel	$0.14
Rterrestre	$0.30
Raire	$0.78

N=	365/(L+T)
Nagua	12.0
Nriel	15.0
Nterr	23.0
Naire	31.0

R =	F / Q
Ragua	$0.05
Rriel	$0.10
Rterrestre	$0.20
Raire	$0.43

N=	365/(L+T)
Nagua	9.0
Nriel	11.0
Nterr	15.0
Naire	17.0

ANEXO 1C

L+T	para L = 50 días	
L+Tagua	71	días
L+Triel	66	días
L+Tterr	56	días
L+Taire	52	días

Q=	D/N
166667	piezas
166667	piezas
142857	piezas
125000	piezas

R =	F / Q
Ragua	$0.04
Rriel	$0.05
Rterrestre	$0.09
Raire	$0.20

N=	365/(L+T)
Nagua	6.0
Nriel	6.0
Nterr	7.0
Naire	8.0

L+T	para L = 100 días	
L+Tagua	121	días
L+Triel	116	días
L+Tterr	106	días
L+Taire	102	días

Q=	D/N
333333	piezas
250000	piezas
250000	piezas
250000	piezas

R =	F / Q
Ragua	$0.02
Rriel	$0.04
Rterrestre	$0.05
Raire	$0.10

N=	365/(L+T)
Nagua	3.0
Nriel	4.0
Nterr	4.0
Naire	4.0

ANEXO 1D

L	Qagua	Qriel	Qterrestre	Qaire	Agua	Riel	Terrestre	Aire	Q* óptimo
1	58824	45455	18868	8197	**$469,277**	$480,389	$801,840	$3,096,205	***58,824***
10	83333	66667	43478	32258	$516,483	**$484,207**	$489,362	$896,998	**66,667**
20	111111	90909	66667	58824	$585,983	$524,571	**$458,406**	$630,679	**66,667**
35	142857	125000	111111	100000	$673,983	$604,957	**$520,406**	$585,385	**111,111**
50	166667	166667	125000	142857	$742,983	$718,207	**$594,406**	$614,135	**142,857**
100	33333	250000	250000	250000	$1,249,983	$962,707	**$892,906**	$907,885	**250,000**

ITERANDO CON EL MISMO TAMAÑO DE LOTE

					Fr	ICQ/2	
Q	**Agua**	**Riel**	**Terrestre**	**Aire**	**días**	**Costo Fijo**	
15,000	N/A	N/A	N/A	$1,710,677	**5**	$23,625.00	$1,734,301.94
30,000	N/A	N/A	**$533,989**	$900,969	**11**	$47,250.00	$581,239.16
58,824	$376,630	$384,854	**$367,052**	$538,030	**21**	$92,647.80	$459,699.65
66,667	$376,983	$379,207	**$353,405**	$500,384	**24**	$105,000.53	$458,405.90
111,111	$410,983	$395,207	**$345,406**	$471,278	**41**	$174,999.83	$520,405.59
142,857	$448,983	$427,207	**$369,406**	$420,385	**52**	$224,999.78	$594,405.46
250,000	$599,733	$568,957	**$499,156**	$514,135	**91**	$393,750.00	$892,905.82
350,000	$750,376	$716,171	**$641,799**	$643,064	**128**	$551,250.00	$1,193,048.68
500,000	$981,483	$944,707	$866,906	**$857,885**	**183**	$787,500.00	$1,645,385.27

ANEXO 2

ANEXO 2

HOJA 1

D	[redacted]
I	
días / año	

L = 35

	Q*	Frecuencia	T
Agua	**142,857**	**7**	**21**
Riel	**125,000**	**8**	**16**
Terrestre	**111,111**	**9**	**6**
Aire	**100,000**	**10**	**2**
kms	Flete	R	
1000	**$6,000.00**	**$0.042**	
1000	**$9,000.00**	**$0.072**	
1000	**$13,000.00**	**$0.117**	
1000	**$25,000.00**	**$0.250**	

L=35

C	Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.10	$47,759.78	$77,345.89	$121,813.74	$255,761.99
$0.50	$67,798.92	$94,229.45	$134,568.68	$266,309.93
$1.00	$92,847.85	$115,333.90	$150,512.37	$279,494.86
$2.50	$167,994.62	$178,647.26	$198,343.42	$319,049.66
$4.00	$243,141.39	$241,960.62	$246,174.47	$358,604.45
$5.00	$293,239.24	$284,169.52	$278,061.83	$384,974.32
$7.50	$418,483.86	$389,691.78	$357,780.25	$450,898.97
$10.00	$543,728.47	$495,214.04	$437,498.67	$516,823.63
$12.60	$673,982.88	$604,957.19	$520,405.82	$585,385.27
$15.00	$794,217.71	$706,258.56	$596,935.50	$648,672.95
$20.00	$1,044,706.95	$917,303.08	$756,372.34	$780,522.26
$50.00	$2,547,642.37	$2,183,570.21	$1,712,993.34	$1,571,618.15
$100.00	$5,052,534.74	$4,294,015.41	$3,307,361.68	$2,890,111.30
$500.00	$25,091,673.68	$21,177,577.05	$16,062,308.41	$13,438,056.51
$1,000.00	$50,140,597.36	$42,282,029.11	$32,005,991.82	$26,622,988.01

Rojo *Ejercicio Desarrollado en Capítulo*

Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

C	Costo	Transporte ópitmo
$0.10	$47,759.78	Agua / Riel
$0.50	$67,798.92	Agua / Riel
$1.00	$92,847.85	Agua / Riel
$2.50	$167,994.62	Agua / Riel
$4.00	$241,960.62	Agua / Riel
$5.00	$278,061.83	Terrestre
$7.50	$357,780.25	Terrestre
$10.00	$437,498.67	Terrestre
$12.60	$520,405.82	Terrestre
$15.00	$596,935.50	Terrestre
$20.00	$756,372.34	Terrestre
$50.00	$1,571,618.15	Aire
$100.00	$2,890,111.30	Aire
$500.00	$13,438,056.51	Aire
$1,000.00	$26,622,988.01	Aire

ANEXO 2B (HOJA 1)

L=10

	Q*	Frecuencia	T
Agua	**83,333**	**12**	**21**
Riel	**66,667**	**15**	**16**
Terrestre	**43,478**	**23**	**6**
Aire	**32,258**	**31**	**2**
kms	Flete	R	
1000	**$6,000.00**	**$0.072**	
1000	**$9,000.00**	**$0.135**	
1000	**$13,000.00**	**$0.299**	
1000	**$25,000.00**	**$0.775**	

L=10

C	Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.10	$76,271.69	$138,887.56	$302,122.92	$779,068.44
$0.50	$90,358.45	$149,937.79	$308,114.58	$782,842.19
$1.00	$107,966.89	$163,750.57	$315,604.15	$787,559.38
$2.50	$160,792.24	$205,188.93	$338,072.89	$801,710.95
$4.00	$213,617.58	$246,627.28	$360,541.62	$815,862.52
$5.00	$248,834.47	$274,252.85	$375,520.77	$825,296.90
$7.50	$336,876.71	$343,316.78	$412,968.66	$848,882.84
$10.00	$424,918.95	$412,380.71	$450,416.54	$872,468.79
$12.60	$516,482.88	$484,207.19	$489,362.34	$896,998.18
$15.00	$601,003.42	$550,508.56	$525,312.31	$919,640.69
$20.00	$777,087.90	$688,636.42	$600,208.09	$966,812.58
$50.00	$1,833,594.75	$1,517,403.54	$1,049,582.71	$1,249,843.96
$100.00	$3,594,439.50	$2,898,682.08	$1,798,540.43	$1,721,562.91
$500.00	$17,681,197.49	$13,948,910.39	$7,790,202.13	$5,495,314.57
$1,000.00	$35,289,644.98	$27,761,695.78	$15,279,779.26	$10,212,504.14

C	Costo	Transporte ópitmo
$0.10	$76,271.69	Agua / Riel
$0.50	$90,358.45	Agua / Riel
$1.00	$107,966.89	Agua / Riel
$2.50	$160,792.24	Agua / Riel
$4.00	$213,617.58	Agua / Riel
$5.00	$248,834.47	Agua / Riel
$7.50	$336,876.71	Agua / Riel
$10.00	$412,380.71	Terrestre
$12.60	$484,207.19	Terrestre
$15.00	$525,312.31	Terrestre
$20.00	$600,208.09	Terrestre
$50.00	$1,049,582.71	Terrestre
$100.00	$1,721,562.91	Aire
$500.00	$5,495,314.57	Aire
$1,000.00	$10,212,504.14	Aire

ANEXO 2.C (HOJA 1)

L=100

	Q*	Frecuencia	T
Agua	**331,507**	**3**	**21**
Riel	**317,808**	**3**	**16**
Terrestre	**290,411**	**3**	**6**
Aire	**279,452**	**4**	**2**
kms	Flete	R	
1000	**$6,000.00**	**$0.018**	
1000	**$9,000.00**	**$0.028**	
1000	**$13,000.00**	**$0.045**	
1000	**$25,000.00**	**$0.089**	

L=100

C	Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.10	$28,575.20	$38,485.06	$54,060.38	$99,709.07
$0.50	$67,479.31	$74,649.44	$84,745.32	$128,202.22
$1.00	$116,109.45	$119,854.92	$123,101.48	$163,818.66
$2.50	$261,999.86	$255,471.36	$238,169.97	$270,667.98
$4.00	$407,890.27	$391,087.80	$353,238.47	$377,517.29
$5.00	$505,150.54	$481,498.76	$429,950.79	$448,750.17
$7.50	$748,301.23	$707,526.16	$621,731.62	$626,832.36
$10.00	$991,451.91	$933,553.55	$813,512.44	$804,914.55
$12.60	$1,244,328.63	$1,168,622.05	$1,012,964.49	$990,120.03
$15.00	$1,477,753.28	$1,385,608.35	$1,197,074.08	$1,161,078.93
$20.00	$1,964,054.65	$1,837,663.14	$1,580,635.73	$1,517,243.32
$50.00	$4,881,862.87	$4,549,991.91	$3,882,005.59	$3,654,229.62
$100.00	$9,744,876.57	$9,070,539.86	$7,717,622.03	$7,215,873.46
$500.00	$48,648,986.16	$45,234,923.42	$38,402,553.53	$35,709,024.14
$1,000.00	$97,279,123.15	$90,440,402.87	$76,758,717.92	$71,325,462.50

C	Costo	Transporte ópitmo
$0.10	$28,575.20	Agua / Riel
$0.50	$67,479.31	Agua / Riel
$1.00	$116,109.45	Agua / Riel
$2.50	$238,169.97	Terrestre
$4.00	$353,238.47	Terrestre
$5.00	$429,950.79	Terrestre
$7.50	$621,731.62	Terrestre
$10.00	$804,914.55	Terrestre
$12.60	$990,120.03	Terrestre
$15.00	$1,161,078.93	Terrestre
$20.00	$1,517,243.32	Aire
$50.00	$3,654,229.62	Aire
$100.00	$7,215,873.46	Aire
$500.00	$35,709,024.14	Aire
$1,000.00	$71,325,462.50	Aire

ANEXO 2

HOJA 2

D			Q*	Frecuencia	T	kms	Flete	R
I		Agua	153,425	7	21	1000	$6,000.00	$0.039
días / año		Riel	139,726	8	16	1000	$9,000.00	$0.064
		Terrestre	112,329	9	6	1000	$13,000.00	$0.116
		Aire	101,370	10	2	1000	$25,000.00	$0.247

I =.15

C	Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.10	$42,721.44	$67,840.20	$118,637.98	$250,099.03
$0.50	$55,379.00	$78,853.90	$126,364.02	$256,510.00
$1.00	$71,200.94	$92,621.02	$136,021.57	$264,523.71
$2.50	$118,666.77	$133,922.38	$164,994.23	$288,564.83
$4.00	$166,132.60	$175,223.75	$193,966.88	$312,605.96
$5.00	$197,776.49	$202,757.99	$213,281.98	$328,633.38
$7.50	$276,886.21	$271,593.60	$261,569.74	$368,701.92
$10.00	$355,995.93	$340,429.20	$309,857.50	$408,770.47
$12.60	$438,270.03	$412,018.23	$360,076.77	$450,441.75
$15.00	$514,215.36	$478,100.41	$406,433.02	$488,907.56
$20.00	$672,434.80	$615,771.63	$503,008.54	$569,044.64
$50.00	$1,621,751.40	$1,441,798.90	$1,082,461.64	$1,049,867.18
$100.00	$3,203,945.75	$2,818,511.02	$2,048,216.81	$1,851,238.07
$500.00	$15,861,500.55	$13,832,208.01	$9,774,258.18	$8,262,205.19
$1,000.00	$31,683,444.04	$27,599,329.24	$19,431,809.89	$16,275,914.10

Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

C	Costo	Transporte ópitmo
$0.10	$42,721.44	Agua / Riel
$0.50	$55,379.00	Agua / Riel
$1.00	$71,200.94	Agua / Riel
$2.50	$118,666.77	Agua / Riel
$4.00	$166,132.60	Agua / Riel
$5.00	$197,776.49	Agua / Riel
$7.50	$261,569.74	Agua / Riel
$10.00	$309,857.50	Terrestre
$12.60	$360,076.77	Terrestre
$15.00	$406,433.02	Terrestre
$20.00	$503,008.54	Terrestre
$50.00	$1,049,867.18	Aire
$100.00	$1,851,238.07	Aire
$500.00	$8,262,205.19	Aire
$1,000.00	$16,275,914.10	Aire

ANEXO 2B (HOJA 2)

I =.2

C	Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.10	$43,926.24	$68,983.01	$119,606.81	$251,258.28
$0.50	$60,802.98	$83,667.94	$129,908.20	$259,806.23
$1.00	$81,898.90	$102,024.10	$142,784.94	$270,491.18
$2.50	$145,186.68	$157,092.59	$181,415.15	$302,546.01
$4.00	$208,474.45	$212,161.07	$220,045.35	$334,600.85
$5.00	$250,666.30	$248,873.39	$245,798.82	$355,970.74
$7.50	$356,145.93	$340,654.20	$310,182.50	$409,395.47
$10.00	$461,625.55	$432,435.01	$374,566.18	$462,820.19
$12.60	$571,324.36	$527,887.05	$441,525.20	$518,381.91
$15.00	$672,584.80	$615,996.63	$503,333.54	$569,669.64
$20.00	$883,544.04	$799,558.24	$632,100.89	$676,519.10
$50.00	$2,149,299.52	$1,900,927.94	$1,404,705.03	$1,317,615.81
$100.00	$4,258,891.99	$3,736,544.11	$2,692,378.59	$2,386,110.33
$500.00	$21,135,631.71	$18,421,473.42	$12,993,767.08	$10,934,066.49
$1,000.00	$42,231,556.37	$36,777,635.07	$25,870,502.70	$21,619,011.70

Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

C	Costo	Transporte ópitmo
$0.10	$43,926.24	Agua / Riel
$0.50	$60,802.98	Agua / Riel
$1.00	$81,898.90	Agua / Riel
$2.50	$145,186.68	Agua / Riel
$4.00	$208,474.45	Agua / Riel
$5.00	$245,798.82	Terrestre
$7.50	$310,182.50	Terrestre
$10.00	$374,566.18	Terrestre
$12.60	$441,525.20	Terrestre
$15.00	$503,333.54	Terrestre
$20.00	$632,100.89	Terrestre
$50.00	$1,317,615.81	Aire
$100.00	$2,386,110.33	Aire
$500.00	$10,934,066.49	Aire
$1,000.00	$21,619,011.70	Aire

ANEXO 2C (HOJA 2)

I =.3

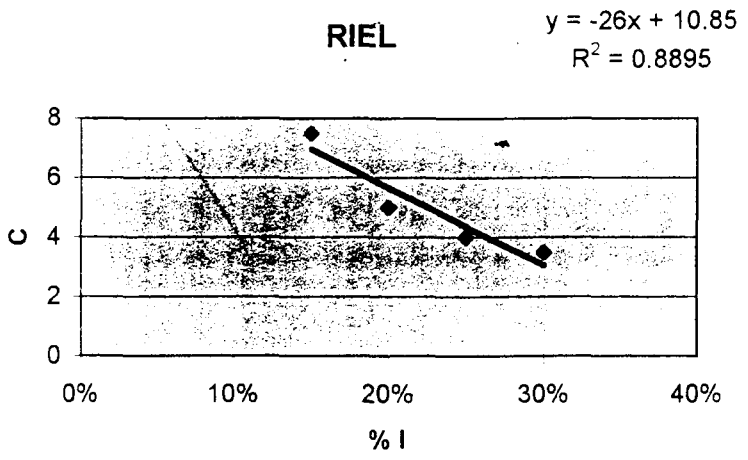
C	Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.10	$46,335.83	$71,268.63	$121,544.49	$253,576.77
$0.50	$71,650.94	$93,296.02	$136,996.57	$266,398.71
$1.00	$103,294.83	$120,830.26	$156,311.67	$282,426.12
$2.50	$198,226.49	$203,432.99	$214,256.98	$330,508.38
$4.00	$293,158.15	$286,035.72	$272,202.29	$378,590.63
$5.00	$356,445.93	$341,104.20	$310,832.50	$410,645.47
$7.50	$514,665.36	$478,775.41	$407,408.02	$490,782.56
$10.00	$672,884.80	$616,446.63	$503,983.54	$570,919.64
$12.60	$837,433.01	$759,624.69	$604,422.07	$654,262.22
$15.00	$989,323.67	$891,789.05	$697,134.57	$731,193.82
$20.00	$1,305,762.54	$1,167,131.48	$890,285.60	$891,468.00
$50.00	$3,204,395.75	$2,819,186.02	$2,049,191.81	$1,853,113.07
$100.00	$6,368,784.45	$5,572,610.27	$3,980,702.15	$3,455,854.85
$500.00	$31,683,894.04	$27,600,004.24	$19,432,784.89	$16,277,789.10
$1,000.00	$63,327,781.03	$55,134,246.71	$38,747,888.32	$32,305,206.90

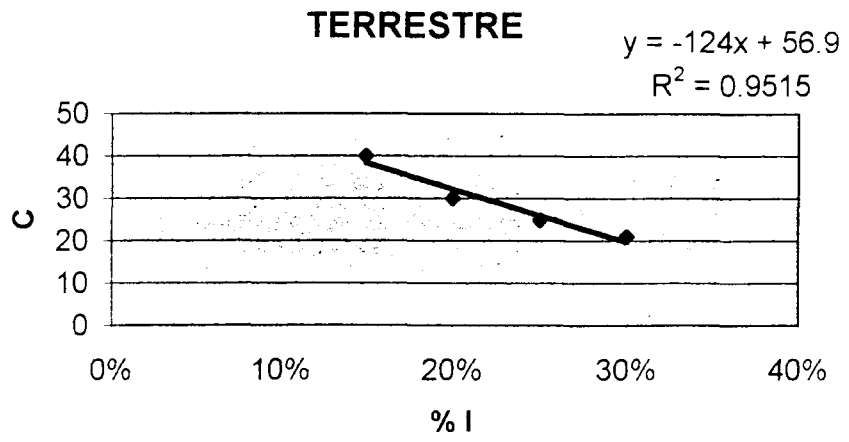
Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

C	Costo	Transporte ópitmo
$0.10	$46,335.83	Agua / Riel
$0.50	$71,650.94	Agua / Riel
$1.00	$103,294.83	Agua / Riel
$2.50	$198,226.49	Agua / Riel
$4.00	$272,202.29	Terrestre
$5.00	$310,832.50	Terrestre
$7.50	$407,408.02	Terrestre
$10.00	$503,983.54	Terrestre
$12.60	$604,422.07	Terrestre
$15.00	$697,134.57	Terrestre
$20.00	$890,285.60	Terrestre
$50.00	$1,853,113.07	Aire
$100.00	$3,455,854.85	Aire
$500.00	$16,277,789.10	Aire
$1,000.00	$32,305,206.90	Aire

ANEXO 2D (HOJA 2)

Fracción	Riel	Terrestre
I	C	C
15%	7.5	40
20%	5	30
25%	4	25
30%	3.5	21





ANEXO 2

HOJA 3

D			Q*	Frecuencia	T	kms	Flete	R
I		**Agua**	**15,343**	**7**	**21**	**1000**	**$6,000.00**	**$0.391**
días / año		**Riel**	**13,973**	**8**	**16**	**1000**	**$9,000.00**	**$0.644**
		Terrestre	**11,233**	**9**	**6**	**1000**	**$13,000.00**	**$1.157**
		Aire	**10,137**	**10**	**2**	**1000**	**$25,000.00**	**$2.466**

D = 100,000

C	Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.10	$40,384.45	$65,995.68	$117,678.39	$250,013.41
$0.50	$42,494.05	$67,831.30	$118,966.06	$251,081.91
$1.00	$45,131.04	$70,125.82	$120,575.65	$252,417.52
$2.50	$53,042.01	$77,009.38	$125,404.43	$256,424.38
$4.00	$60,952.98	$83,892.94	$130,233.20	$260,431.23
$5.00	$66,226.96	$88,481.98	$133,452.39	$263,102.47
$7.50	$79,411.91	$99,954.58	$141,500.35	$269,780.56
$10.00	$92,596.87	$111,427.18	$149,548.31	$276,458.65
$12.60	$106,309.22	$123,358.69	$157,918.18	$283,403.87
$15.00	$118,966.77	$134,372.38	$165,644.23	$289,814.83
$20.00	$145,336.68	$157,317.59	$181,740.15	$303,171.01
$50.00	$303,556.11	$294,988.80	$278,315.66	$383,308.10
$100.00	$567,255.17	$524,440.82	$439,274.86	$516,869.92
$500.00	$2,676,847.64	$2,360,056.98	$1,726,948.42	$1,585,364.44
$1,000.00	$5,313,838.22	$4,654,577.19	$3,336,540.37	$2,920,982.59

Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

C	Costo	Transporte ópitmo
$0.10	$40,384.45	Agua / Riel
$0.50	$42,494.05	Agua / Riel
$1.00	$45,131.04	Agua / Riel
$2.50	$53,042.01	Agua / Riel
$4.00	$60,952.98	Agua / Riel
$5.00	$66,226.96	Agua / Riel
$7.50	$79,411.91	Agua / Riel
$10.00	$92,596.87	Agua / Riel
$12.60	$106,309.22	Agua / Riel
$15.00	$118,966.77	Agua / Riel
$20.00	$145,336.68	Agua / Riel
$50.00	$278,315.66	Terrestre
$100.00	$439,274.86	Terrestre
$500.00	$1,585,364.44	Aire
$1,000.00	$2,920,982.59	Aire

ANEXO 2

HOJA 4

D			Q*	Frecuencia	T	kms	Flete	R
I		Agua	76,713	7	21	1000	$6,000.00	$0.078
días / año		Riel	69,863	8	16	1000	$9,000.00	$0.129
		Terrestre	56,165	9	6	1000	$13,000.00	$0.231
		Aire	50,685	10	2	1000	$25,000.00	$0.493

D = 500,000

C	Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.10	$42,494.05	$67,831.30	$118,966.06	$251,081.91
$0.50	$53,042.01	$77,009.38	$125,404.43	$256,424.38
$1.00	$66,226.96	$88,481.98	$133,452.39	$263,102.47
$2.50	$105,781.82	$122,899.78	$157,596.27	$283,136.74
$4.00	$145,336.68	$157,317.59	$181,740.15	$303,171.01
$5.00	$171,706.58	$180,262.79	$197,836.06	$316,527.20
$7.50	$237,631.35	$237,625.79	$238,075.86	$349,917.65
$10.00	$303,556.11	$294,988.80	$278,315.66	$383,308.10
$12.60	$372,117.87	$354,646.32	$320,165.05	$418,034.18
$15.00	$435,405.64	$409,714.81	$358,795.26	$450,089.01
$20.00	$567,255.17	$524,440.82	$439,274.86	$516,869.92
$50.00	$1,358,352.35	$1,212,796.88	$922,152.44	$917,555.36
$100.00	$2,676,847.64	$2,360,056.98	$1,726,948.42	$1,585,364.44
$500.00	$13,224,809.97	$11,538,137.80	$8,165,316.23	$6,927,837.04
$1,000.00	$26,409,762.88	$23,010,738.83	$16,213,275.99	$13,605,927.80

Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

C	Costo	Transporte ópitmo
$0.10	$42,494.05	Agua / Riel
$0.50	$53,042.01	Agua / Riel
$1.00	$66,226.96	Agua / Riel
$2.50	$105,781.82	Agua / Riel
$4.00	$145,336.68	Agua / Riel
$5.00	$171,706.58	Agua / Riel
$7.50	$237,625.79	Riel
$10.00	$278,315.66	Terrestre
$12.60	$320,165.05	Terrestre
$15.00	$358,795.26	Terrestre
$20.00	$439,274.86	Terrestre
$50.00	$917,555.36	Aire
$100.00	$1,585,364.44	Aire
$500.00	$6,927,837.04	Aire
$1,000.00	$13,605,927.80	Aire

ANEXO 2

HOJA 5

D			Q*	N	T	kms	Flete	R
I		**Agua**	**306,850**	**7**	**21**	**1000**	**$6,000.00**	**$0.020**
días / año		**Riel**	**279,452**	**8**	**16**	**1000**	**$9,000.00**	**$0.032**
		Terrestre	**224,658**	**9**	**6**	**1000**	**$13,000.00**	**$0.058**
		Aire	**202,740**	**10**	**2**	**1000**	**$25,000.00**	**$0.123**

D = 2,000,000

C	Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.10	$50,405.02	$74,714.86	$123,794.84	$255,088.76
$0.50	$92,596.87	$111,427.18	$149,548.31	$276,458.65
$1.00	$145,336.68	$157,317.59	$181,740.15	$303,171.01
$2.50	$303,556.11	$294,988.80	$278,315.66	$383,308.10
$4.00	$461,775.55	$432,660.01	$374,891.18	$463,445.19
$5.00	$567,255.17	$524,440.82	$439,274.86	$516,869.92
$7.50	$830,954.23	$753,892.84	$600,234.05	$650,431.73
$10.00	$1,094,653.29	$983,344.86	$761,193.25	$783,993.55
$12.60	$1,368,900.31	$1,221,974.96	$928,590.81	$922,897.84
$15.00	$1,622,051.40	$1,442,248.90	$1,083,111.64	$1,051,117.18
$20.00	$2,149,449.52	$1,901,152.94	$1,405,030.03	$1,318,240.81
$50.00	$5,313,838.22	$4,654,577.19	$3,336,540.37	$2,920,982.59
$100.00	$10,587,819.38	$9,243,617.60	$6,555,724.28	$5,592,218.89
$500.00	$52,779,668.70	$45,955,940.89	$32,309,195.51	$26,962,109.30
$1,000.00	$105,519,480.34	$91,846,345.00	$64,501,034.55	$53,674,472.32

Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

C	Costo	Transporte ópitmo
$0.10	$50,405.02	Agua / Riel
$0.50	$92,596.87	Agua / Riel
$1.00	$145,336.68	Agua / Riel
$2.50	$278,315.66	Terrestre
$4.00	$374,891.18	Terrestre
$5.00	$439,274.86	Terrestre
$7.50	$600,234.05	Terrestre
$10.00	$761,193.25	Terrestre
$12.60	$922,897.84	Aire
$15.00	$1,051,117.18	Aire
$20.00	$1,318,240.81	Aire
$50.00	$2,920,982.59	Aire
$100.00	$5,592,218.89	Aire
$500.00	$26,962,109.30	Aire
$1,000.00	$53,674,472.32	Aire

ANEXO 3

D			Q*	N	T	kms	Flete	R
C		**Agua**	**142,857**	**7**	**21**	**1000**	**$6,000.00**	**$0.042**
días / año		**Riel**	**125,000**	**8**	**16**	**1000**	**$9,000.00**	**$0.072**
C		**Terrestre**	**111,111**	**9**	**6**	**1000**	**$13,000.00**	**$0.117**
C		**Aire**	**100,000**	**10**	**2**	**1000**	**$25,000.00**	**$0.250**

C=12.6

I	Agua	Riel	Terrestre	Aire
15%	$421,189.73	$391,774.32	$359,043.49	$451,231.16
16%	$446,469.04	$413,092.60	$375,179.73	$464,646.58
17%	$471,748.36	$434,410.89	$391,315.96	$478,061.99
18%	$497,027.67	$455,729.18	$407,452.19	$491,477.40
19%	$522,306.99	$477,047.47	$423,588.42	$504,892.81
20%	$547,586.30	$498,365.75	$439,724.66	$518,308.22
21%	$572,865.62	$519,684.04	$455,860.89	$531,723.63
22%	$598,144.93	$541,002.33	$471,997.12	$545,139.04
23%	$623,424.25	$562,320.62	$488,133.36	$558,554.45
24%	$648,703.56	$583,638.90	$504,269.59	$571,969.86
25%	$673,982.88	$604,957.19	$520,405.82	$585,385.27
26%	$699,262.19	$626,275.48	$536,542.05	$598,800.68
27%	$724,541.51	$647,593.77	$552,678.29	$612,216.10
28%	$749,820.82	$668,912.05	$568,814.52	$625,631.51
29%	$775,100.14	$690,230.34	$584,950.75	$639,046.92
30%	$800,379.45	$711,548.63	$601,086.99	$652,462.33

Rojo *Ejercicio Desarrollado en Capítulo*
Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

ANEXO 3E

C=1

I	Agua	Riel	Terrestre	Aire
15%	$72,508.71	$98,000.34	$137,107.42	$267,696.92
16%	$74,542.62	$99,733.70	$138,447.91	$268,876.71
17%	$76,576.54	$101,467.05	$139,788.41	$270,056.51
18%	$78,610.45	$103,200.41	$141,128.90	$271,236.30
19%	$80,644.36	$104,933.77	$142,469.40	$272,416.10
20%	$82,678.28	$106,667.12	$143,809.89	$273,595.89
21%	$84,712.19	$108,400.48	$145,150.39	$274,775.68
22%	$86,746.11	$110,133.84	$146,490.88	$275,955.48
23%	$88,780.02	$111,867.19	$147,831.38	$277,135.27
24%	$90,813.93	$113,600.55	$149,171.87	$278,315.07
25%	$92,847.85	$115,333.90	$150,512.37	$279,494.86
26%	$94,881.76	$117,067.26	$151,852.86	$280,674.66
27%	$96,915.68	$118,800.62	$153,193.36	$281,854.45
28%	$98,949.59	$120,533.97	$154,533.85	$283,034.25
29%	$100,983.50	$122,267.33	$155,874.35	$284,214.04
30%	$103,017.42	$124,000.68	$157,214.84	$285,393.84

Rojo *Ejercicio Desarrollado en Capítulo*
Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

C=30

I	Agua	Riel	Terrestre	Aire
15%	$944,211.25	$832,435.27	$691,947.60	$726,532.53
16%	$1,004,358.67	$883,130.96	$730,277.44	$758,301.37
17%	$1,064,506.09	$933,826.64	$768,607.28	$790,070.21
18%	$1,124,653.50	$984,522.33	$806,937.12	$821,839.04
19%	$1,184,800.92	$1,035,218.01	$845,266.96	$853,607.88
20%	$1,244,948.34	$1,085,913.70	$883,596.80	$885,376.71
21%	$1,305,095.75	$1,136,609.38	$921,926.64	$917,145.55
22%	$1,365,243.17	$1,187,305.07	$960,256.48	$948,914.38
23%	$1,425,390.59	$1,238,000.75	$998,586.32	$980,683.22
24%	$1,485,538.00	$1,288,696.44	$1,036,916.16	$1,012,452.05
25%	$1,545,685.42	$1,339,392.12	$1,075,246.00	$1,044,220.89
26%	$1,605,832.84	$1,390,087.81	$1,113,575.84	$1,075,989.73
27%	$1,665,980.25	$1,440,783.49	$1,151,905.68	$1,107,758.56
28%	$1,726,127.67	$1,491,479.18	$1,190,235.53	$1,139,527.40
29%	$1,786,275.09	$1,542,174.86	$1,228,565.37	$1,171,296.23
30%	$1,846,422.50	$1,592,870.55	$1,266,895.21	$1,203,065.07

Rojo *Ejercicio Desarrollado en Capítulo*
Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

ANEXO 3C

Fracción	Costo unitario	
I	C	Transporte Óptimo
15-30%	1	agua
15-30%	12.6	terrestre
15-20%	30	terrestre
20-30%	30	aire

ANEXO 4

Constantes

I	[illegible]
días / año	[illegible]
C	[illegible]

	kms	Flete	R
Agua	1000	$6,000.00	$0.420
Riel	1000	$9,000.00	$0.720
Terrestre	1000	$13,000.00	$1.170
Aire	1000	$25,000.00	$2.500

T
21
16
6
2

D	Q*	Frecuencia			
100,000	14,286	7			
100,000	12,500	8			
100,000	11,111	9			
100,000	10,000	10			
50,000	7,143	7			
50,000	6250	8			
50,000	5556	9			
50,000	5000	10			
250,000	35714	7			
250,000	31250	8			
250,000	27778	9			
250,000	25000	10			
500,000	71429	7			
500,000	62500	8			
500,000	55556	9			
500,000	50000	10			
1,000,000	142857	7			
1,000,000	125000	8			
1,000,000	111111	9			
1,000,000	100000	10			
1,250,000	178571	7			
1,250,000	156250	8			
1,250,000	138889	9	2,500,000	250000	10
1,250,000	125000	10	3,000,000	428571	7
1,500,000	214286	7	3,000,000	375000	8
1,500,000	187500	8	3,000,000	333333	9
1,500,000	166667	9	3,000,000	300000	10
1,500,000	150000	10	4,000,000	571429	7
2,000,000	285714	7	4,000,000	500000	8
2,000,000	250000	8	4,000,000	444444	9
2,000,000	222222	9	4,000,000	400000	10
2,000,000	200000	10	5,000,000	714286	7
2,500,000	357143	7	5,000,000	625000	8
2,500,000	312500	8	5,000,000	555556	9
2,500,000	277778	9	5,000,000	500000	10

ANEXO 4B

	Q			
D	Agua	Riel	Terrestre	Aire
50,000	7143	6250	5556	5000
100,000	14286	12500	11111	10000
250,000	35714	31250	27778	25000
500,000	71429	62500	55556	50000
750,000	107143	93750	83333	75000
1,000,000	142857	125000	111111	100000
1,250,000	178571	156250	138889	125000
1,500,000	214286	187500	166667	150000
2,000,000	285714	250000	222222	200000
2,500,000	357143	312500	277778	250000
3,000,000	428571	375000	333333	300000
4,000,000	571429	500000	444444	400000
5,000,000	714286	625000	555556	500000

R			
Agua	Riel	Terrestre	Aire
$0.8400	$1.4400	$2.3400	$5.0000
$0.4200	$0.7200	$1.1700	$2.5000
$0.1680	$0.2880	$0.4680	$1.0000
$0.0840	$0.1440	$0.2340	$0.5000
$0.0560	$0.0960	$0.1560	$0.3333
$0.0420	$0.0720	$0.1170	$0.2500
$0.0336	$0.0576	$0.0936	$0.2000
$0.0280	$0.0480	$0.0780	$0.1667
$0.0210	$0.0360	$0.0585	$0.1250
$0.0168	$0.0288	$0.0468	$0.1000
$0.0140	$0.0240	$0.0390	$0.0833
$0.0105	$0.0180	$0.0293	$0.0625
$0.0084	$0.0144	$0.0234	$0.0500

RESULTADOS

L =35
C= 12.6 e I =25%

D	Agua	Riel	Terrestre	Aire
50,000	$74,311.64	$99,716.61	$138,714.04	$269,738.01
100,000	$105,873.29	$126,308.22	$158,803.08	$286,351.03
250,000	$200,558.22	$206,083.05	$219,070.21	$336,190.07
500,000	$358,366.44	$339,041.10	$319,515.41	$419,255.14
750,000	$516,174.66	$471,999.14	$419,960.62	$502,320.21
1,000,000	$673,982.88	$604,957.19	$520,405.82	$585,385.27
1,250,000	$831,791.10	$737,915.24	$620,851.03	$668,450.34
1,500,000	$989,599.32	$870,873.29	$721,296.23	$751,515.41
2,000,000	$1,305,215.75	$1,136,789.38	$922,186.64	$917,645.55
2,500,000	$1,620,832.19	$1,402,705.48	$1,123,077.05	$1,083,775.68
3,000,000	$1,936,448.63	$1,668,621.58	$1,323,967.47	$1,249,905.82
4,000,000	$2,567,681.51	$2,200,453.77	$1,725,748.29	$1,582,166.10
5,000,000	$3,198,914.38	$2,732,285.96	$2,127,529.11	$1,914,426.37

Rojo *Ejercicio Desarrollado en Capítulo*
Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

D	Costo	Trans. ópitmo
50,000	$74,311.64	Agua / Riel
100,000	$105,873.29	Agua / Riel
250,000	$200,558.22	Agua / Riel
500000	$319,515.41	Agua / Riel
750,000	$419,960.62	Terrestre
1,000,000	$520,405.82	Terrestre
1,250,000	$620,851.03	Terrestre
1,500,000	$721,296.23	Terrestre
2,000,000	$917,645.55	Terrestre
2,500,000	$1,083,775.68	Aire
3,000,000	$1,249,905.82	Aire
4,000,000	$1,582,166.10	Aire
5,000,000	$1,914,426.37	Aire

ANEXO 5

Constantes

D	1,000,000		T	$/km
I	0.25	Agua	21	$6.00
días / año	365	Riel	16	$9.00
C	12.8	Terrestre	6	$13.00
		Aire	2	$25.00

Nacional

U	1000	2000	3000
W	0.5	1	1.5
Agua	$495,366.44	$626,116.44	$725,866.44
Riel	$501,166.10	$609,041.10	$711,416.10
Terrestre	$472,515.41	$613,140.41	$731,765.41
Aire	$573,118.77	$829,880.14	$1,083,005.14

Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

Extranjero

U	1000	2000	3000	4500	9000
W	1	1.5	2	2.5	3
Agua	$673,982.88	$779,732.88	$903,482.88	$949,607.88	$1,191,482.88
Riel	$604,957.19	$716,332.19	$828,457.19	$975,644.69	$1,183,207.19
Terrestre	$520,405.82	$639,030.82	$762,405.82	$920,843.32	$1,335,405.82
Aire	$585,385.27	$838,510.27	$1,091,635.27	$1,471,322.77	$2,420,385.27

Rojo *Ejercicio Desarrollado en Capítulo*
Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

T	T, 1000	T, 2000	T, 3000
Agua	10.5	21	31.5
Riel	8	16	24
Terrestre	3	6	9
Aire	1	2	3
N	N,1000	N, 2000	N, 3000
Agua	9	7	6
Riel	9	8	7
Terrestre	10	9	9
Aire	11	10	10
Q	Q,1000	Q, 2000	Q, 3000
Agua	111111	142857	166667
Riel	111111	125000	142857
Terrestre	100000	111111	111111
Aire	90909	100000	100000
R	1000	2000	3000
Agua	$0.05	$0.08	$0.11
Riel	$0.08	$0.14	$0.19
Terrestre	$0.13	$0.23	$0.35
Aire	$0.28	$0.50	$0.75

T	T, 1000	T, 2000	T, 3000	T, 4500	T, 9000
Agua	21	31.5	42	52.5	63
Riel	16	24	32	40	48
Terrestre	6	9	12	15	18
Aire	2	3	4	5	6
N	N,1000	N, 2000	N, 3000	N, 4500	N, 9000
Agua	7.00	6.00	5.00	5.00	4.00
Riel	8.00	7.00	6.00	5.00	5.00
Terrestre	9.00	9.00	8.00	8.00	7.00
Aire	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00
Q	Q,1000	Q, 2000	Q, 3000	Q, 4500	Q, 9000
Agua	142857	166667	200000	200000	250000
Riel	125000	142857	166667	200000	200000
Terrestre	111111	111111	125000	125000	142857
Aire	100000	100000	100000	100000	111111
R	1000	2000	3000	4500	9000
Agua	$0.04	$0.07	$0.09	$0.14	$0.22
Riel	$0.07	$0.13	$0.16	$0.20	$0.41
Terrestre	$0.12	$0.23	$0.31	$0.47	$0.82
Aire	$0.25	$0.50	$0.75	$1.13	$2.03

ANEXO 6

ANEXO 6

HOJA 1

ANEXO 6A (HOJA 1)

Transporte Terrestre
Período Total
6 meses

I = 25%
D = 500,000

Perído I	D	Q	C	Fr (días)	Ahorro	Ahorro Total
15 días	500,000	41667	19	15	0	0
1 mes	500,000	83333	15	30	4	2000000
36 días	500,000	100000	12	36	7	3500000
2 meses	500,000	166666	12	60	7	3500000
3 meses	500,000	249999	12	90	7	3500000
4 meses	500,000	333332	12	120	7	3500000
5 meses	500,000	416665	12	150	7	3500000
6 meses	500,000	499998	12	180	7	3500000

Costo mínimo

N	Costo Transporte	Costo de Mantener	Costo TOTAL
12	156000	98957.9	254957.9
6	78000	156249.4	-1765750.6
5	65,000	150000.0	-3285000.0
3	39000	249999.0	-3211001.0
2	26000	374998.5	-3099001.5
2	26000	499998.0	-2974002.0
2	26000	624997.5	-2849002.5
1	13000	749997.0	-2737003.0

Costo mínimo

ANEXO 6
HOJA 2

ANEXO 6A (HOJA 2)

Transporte Terrestre
Período Total
6 meses

I = 25%
D = 500,000

Perído I	D	Q	C	Fr (días)	Ahorro	Ahorro Total
15 días	500,000	41667	1.9	15	0	0
1 mes	500,000	83333	1.5	30	0.4	200000
2 meses	500,000	166666	1.2	60	0.7	350000
3 meses	500,000	249999	1.2	90	0.7	350000
4 meses	500,000	333332	1.2	120	0.7	350000
5 meses	500,000	416665	1.2	150	0.7	350000
6 meses	500,000	499998	1.2	180	0.7	350000

Costo mínimo

N	Costo Transporte	Costo de Mantener	Costo TOTAL
12	156000	9895.8	165895.8
6	78000	15624.9	-106375.1
3	39000	24999.9	-286000.1
2	26000	37499.9	-286500.2
2	26000	49999.8	-274000.2
2	26000	62499.8	-261500.3
1	13000	74999.7	-262000.3

Costo mínimo

ANEXO 6

HOJA 3

ANEXO 6A (HOJA 3)

Transporte Terrestre
Período Total
6 meses

I = 25%
D = 500,000

Perído I	D	Q	C	Fr (días)	Ahorro	Ahorro Total
15 días	500,000	41667	190	15	0	0
1 mes	500,000	83333	150	30	40	20000000
2 meses	500,000	166666	120	60	70	35000000
3 meses	500,000	249999	120	90	70	35000000
4 meses	500,000	333332	120	120	70	35000000
5 meses	500,000	416665	120	150	70	35000000
6 meses	500,000	499998	120	180	70	35000000

Costo mínimo

N	Costo Transporte	Costo de Mantener	Costo TOTAL
12	156000	989579.4	1145579.4
6	78000	1562493.8	-18359506.3
3	39000	2499990.0	-32461010.0
2	26000	3749985.0	-31224015.0
2	26000	4999980.0	-29974020.0
2	26000	6249975.0	-28724025.0
1	13000	7499970.0	-27487030.0

Costo mínimo

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA, ITERACIÓN Y ANÁLISIS DEL MODELO

4.1 ANALISIS 1 CASO 1: ITERANDO Q* VARIABLE

Iterando: Q (desde 8,000 hasta 300,000)*

RESTRICCIÓN: RELLENAR CADA PERÍODO L+T

Ejemplo de Cálculo para L = 35 días

Datos Constantes (valores elegidos)

D = 1,000,000
I = 25 %
C = $ 12.6 pesos / pieza

Definir el Tiempo de Lead Time Proveedor (L)

L = 5 semanas = 35 días (iteración)

Cálculo de Tiempo de Tránsito (Ti)

U =1000 kms (Internacional) y W = 1

Tagua = 21 días
Triel = 16 días
Tterr = 6 días
Taire = 2 días

4.1.1 Transporte Aire

Constantes (valores elegidos)

D = 1,000,000
I = 25 %
C = $ 12.6 pesos / pieza
L = 5 semanas = 35 días
U =1000 kms (Internacional) y W = 1
Taire = 2 días
Y=1

Cálculo de Número de Pedidos al Año (N)

N = 365 / (L+T)
N = 365 / 37 = 10

Definir la Frecuencia de Pedidos (Fr)

Fr = L + T

Fr = 35 + 2 = 37 días

L = 35 días = tiempo de respuesta del proveedor

T = TixW = 2 días x 1 con W = 1 y Taire = 2 días

T = 2 días

L+T = 37 días

Fr = 37 días, esto significa una frecuencia de 5.2 semanas.

Fr = período de relleno o time bucket

Cálculo de Q*

L + T = 35 + 2 = 37

N = 365 / (L+T) = 365 / 37 = 10 pedidos (se redondea al siguiente entero)

Q= Y x Q* = 1 x Q*

Q = Q* = D / N = 1,000,000 / 10 = *100,000 piezas por pedido o surtido*

R = F / Q* = 25,000 / 100,000 = $ 0.25 / pieza

F = U x K = 1000 kms x $ 25 / km = $ 25,000

C = 12.6 y C´= 12.85

Costos Totales = R*D + IC´Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365

Sustituyendo:

Costos Totales = 0.25 * 1,000,000 + 0.25 * 12.85 * 100,000 / 2 + 0.25 * 12.6 * 100,000 / 2 + 0.25 * 12.6 * 1,000,000 * 2 / 365

Costos Totales = $ 585,385

4.1.2 Transporte Terrestre

Constantes (valores elegidos)

D = 1,000,000
I = 25 %
C = $ 12.6 pesos / pieza
L = 5 semanas = 35 días
U =1000 kms (Internacional) y W = 1
Tterrestre = 6 días
Y = 1

L = 35 días
T = 6 días
L+T = 41 días

Cálculo de Q*

L + T = 35 + 6 = 41 días

La frecuencia de pedidos se incrementa a casi 6 semanas debido al tiempo de tránsito que es más largo al utilizar transporte terrestre.

Los pedidos nuevos al año son:

N = 365 / L+T = 365 / 41 = 9 pedidos (se redondea al siguiente entero)

El tamaño de lote cambia a

Q= Y * Q* = 1 x Q*

Q = Q* = 111,111 piezas = 1,000,000 / 9

R = F / Q* = 13,000 / 111,111 = $ 0.117

F = U * K = 1000 kms * $ 13 / km = $ 13,000

C = 12.6 y C´= 12.717

T = 6 días

Costos Totales = R*D + IC´Q*/2 + + ICQ*/2 + ICDT / 365

Costos Totales = 0.117 * 1,000,000 + 0.25 * 12.6 * 111,111 / 2 + 0.25 * 12.717 * 111,111 / 2 + 0.25 * 12.6 * 1,000,000 * 6 / 365

Costos Totales = $ 520,406

4.1.3 Transporte Riel

Constantes (valores elegidos)

D = 1,000,000
I = 25 %
C = $ 12.6 pesos / pieza
L = 5 semanas = 35 días
U =1000 kms (Internacional) y W = 1
Triel = 16 días
Y= 1

L = 35 días
T = 16 días
L+T = 51 días
N = 365 / L + T = 365 / 51 = 8 pedidos (se redondea al siguiente entero)
Q= Y * Q* = 1 * Q*
Q* = 1,000,000 / 8 = 125,000

La frecuencia de pedidos se incrementa a casi 7.5 semanas debido al tiempo de tránsito que es más largo al utilizar transporte riel.

Los pedidos nuevos al año son:

El tamaño de lote cambia a

Q* = 125,000 piezas

R = F / Q* = 9000 / 125,000 = $ 0.072

F = U * K = 1000 kms * $ 9 / km = $ 9,000

C = 12.6 y C´= 12.85

T = 16 días

Costos Totales = R*D + IC´Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365

Costos Totales = 0.072 * 1,000,000 + 0.25 * 12.672 * 139,726 / 2 + 0.25 * 12.6 * 1,000,000 * 16 / 365

Costos Totales = $ 604,957

La solución es utilizar el transporte terrestre por tener el costo más bajo, por su parte aire tiene un mayor costo y riel tiene el costo más alto.

4.1.4 Transporte Agua

Constantes (valores elegidos)

D = 1,000,000
I = 25 %
C = $ 12.6 pesos / pieza
L = 5 semanas = 35 días
U =1000 kms (Internacional) y W = 1
Tagua = 21 días
Y= 1

L = 35 días

T = 21 días

L+T = 56 días

Cálculo de Q*

L + T = 35 + 21 = 56 días

Los pedidos nuevos al año son:

N = 365 / Fr = 365 / 56 = 7 pedidos (se redondea al siguiente entero)
Q= Y * Q* = 1 * Q*
Q* = 1,000,000 / 7 = *142,857*

La frecuencia de pedidos se incrementa 8 semanas debido al tiempo de tránsito que es más largo al utilizar transporte agua.

El tamaño de lote cambia a

Q* = 142,857 piezas

R = F / Q* = 6,000 / 142,857 = $ 0.042

F = U * K = 1000 kms * $ 6 / km = $ 6,000

C = 12.6 y C´= 12.642

T = 21 días

Costos Totales = R*D + IC´Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365

Costos Totales = 0.042 * 1,000,000 + 0.25 * 12.642 * 154,425 / 2 + 0.25 * 12.6 * 1,000,000 * 21 / 365

Costos Totales = $ 673,983

Agua tiene el costo aún mas alto.

4.1.5 Tabla Resumen

En la siguiente tabla aparecen los costos para los cuatro transportes al hacer una iteración en la Q*, tamaño de lote ordenado de la materia prima.

L	Agua	Riel	Terrestre	Aire	Q* utilizada al menor costo
1	**$469,277**	$480,389	$801,840	$3,096,205	***58,824 (agua)***
10	$516,483	**$484,207**	$489,362	$896,998	**66,667 (riel)**
20	$585,983	$524,571	**$458,406**	$630,679	**66,667 (terrestre)**
35	$673,983	$604,957	**$520,406**	$585,385	**111,111 (terrestre)**
50	$742,983	$718,207	**$594,406**	$614,135	**142,857 (terrestre)**
100	$1,249,983	$962,707	**$892,906**	$907,885	**250,000 (terrestre)**

Tabla 4.1 (VER ANEXO 1)

Q* que minimiza los costos totales es 66,667 usando Transporte Terrestre porque tiene el menor costo de todos los valores de costos totales de la tabla 4.1, su restricción es que el proveedor responda cada 20 días.

Del Anexo 1 se obtienen los tamaños de lote mínimos según el tiempo de tránsito de cada transporte cuando el tiempo de respuesta es 1 día.

El tamaño de lote mínimo para cada transporte es proporcional al tiempo en que se pueden surtir en un año:

Cálculo de Q proporcional al tiempo de respuesta y tránsito (L + T)

Q = D x (365 / L + T) = 1,000,000 x (365 / 22) = Qagua = 58,824

Q = D x (365 / L + T) = 1,000,000 x (365 / 16) = Qriel = 45,455

Agua: 58,824 (L+T= 22 días) T = 21 días para U =1000 kms
Riel: 45,455 (L+T= 17 días) T = 16 días
Terr: 18,868 (L+T= 7 días) T = 6 días
Aire: 8,197 (L+T= 3 días) T = 2 días (ver Tabla 3.5)

Los tiempos de tránsito se estiman de acuerdo a la Tabla 3.5

Para estos tamaños de lote resulta más barato pedir lotes de 58,824 cada 22 días por agua que pedir lotes de 18,868 cada 7 días por terrestre o 8,197 cada 3 días por aire. **En este caso el costo del transporte afecta y pesa más que el mantener inventarios.**

Por su parte para otros tamaños de lote, por decir los siguientes lotes cuando el tiempo de respuesta es de 35 días son:

Agua: 142,857 (L+T = 56 días)
Riel: 125,000 (L+T = 51 días)
Terr: 111,111 (L+T = 41 días)
Aire: 100,000 (L+T = 37 días)

Para estos tamaños de lote resulta más barato pedir lotes de 111,111 por terrestre que pedir lotes de 142,857 por agua. **En este caso el costo de mantener inventarios afecta y pesa más que el de transporte excepto para aire.**

Si se desea optimizar los costos totales se deben de pedir lotes de 66,667 piezas por vía Terrestre con un L = 20 días

Los tiempos de respuesta (L) que optimizan el costo total para cada tipo de transporte y su comportamiento son:

Agua: 1 día ($ 469,277) Recta Ascendente
Riel: 4 días ($ 475,997) Parábola corta (forma U)
Terr: 20 días ($ 458,406) Parábola media (forma U)
Aire: 32 días ($ 581,706) Parábola larga (forma U)

Si se utilizan estos tiempos de respuesta óptimos cualquier transporte puede ser buena opción ya que la diferencia en costos es pequeña a excepción del aire.

Conclusión;

En cuestión de costos totales, es mejor pedir lotes pequeños y constantes ya que los costos son más bajos, existe un punto óptimo en los tamaños de lote pequeños, en este caso es de 66,667 piezas.

A medida que el proveedor responda de forma inmediata hay más factibilidad de utilizar un transporte lento, en un rango grande de tamaños de lote es conveniente usar Transporte Terrestre. Para lotes muy pequeños podría ser factible Agua ó Riel.

Para lotes muy grandes y tiempo de respuesta muy largo, aire será más factible debido a la tendencia que muestra la Tabla 3.10. A medida que aumenta el tamaño de lote el costo total del transporte Terrestre aumenta y en contraste el transporte Aire disminuye.

4.2 ANÁLISIS 1 CASO 2: ITERANDO Q* CONSTANTE

Iteración con el MISMO TAMAÑO DE LOTE

RESTRICCIÓN: FR ES MUY GRANDE RESPECTO A L, Q constante para cualquier transporte.

Costos Totales = RxD + IC´Q*/2 + ICDT / 365

4.2.1 Transporte Aire

Valores Constantes

L es muy pequeño respecto a Fr
D = 1,000,000
I = 25 %
C = $ 12.6 pesos / pieza
Q = 30,000 (definida por el usuario)
U = 1000 kms (extranjero)
W = 1
Y= 1
Q = 30,000 x 1 = 30,000*
N = D / Q = 1,000,000 / 30,000 = 33 veces*
Fr = 365 / N = 365 / 33 = 11 días
T = 2 días
Fr = período de relleno o time bucket

R = F / Q* = 25,000 / 30,000 = $ 0.83 / pieza
F = U x K = 1000 kms x $ 25 / km = $ 25,000
C = 12.6 y C´= 13.43

Costos Totales = RxD + IC´Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365

Sustituyendo:

Costos Totales = 0.83 * 1,000,000 + 0.25 * 13.43 * 30,000 / 2 + 0.25 * 12.6 * 1,000,000 * 2 / 365

Costos Totales = $ 900,969 y Costo Fijo = $ 47,250

4.2.2 Transporte Terrestre

Valores Constantes

L es muy pequeño respecto a Fr
D = 1,000,000
I = 25 %
C = $ 12.6 pesos / pieza
Q = 30,000 (definida por el usuario)
U = 1000 kms (extranjero)
W = 1
Y = 1
Q = Q x Y = 30,000 x 1 = 30,000*
N = D / Q = 1,000,000 / 30,000 = 33 veces
Fr = 365 / N = 365 / 33 = 11 días
T = 6 días
Fr = período de relleno o time bucket

R = F / Q* = 13,000 / 30,000 = $ 0.43 / pieza

F = U x K = 1000 kms x $ 13 / km = $ 13,000

C = 12.6 y C´= 13.03

Costos Totales = RxD + IC´Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365

Sustituyendo:

Costos Totales = 0.43 * 1,000,000 + 0.25 * 13.03 * 30,000 / 2 + 0.25 * 12.6 * 1,000,000 * 2 / 365

Costos Totales = $ 533,989

Costo Fijo = $ 47,250

4.2.3 Tabla Resumen

					Fr	ICQ/2
Q	**Agua**	**Riel**	**Terrestre**	**Aire**	**días**	**Costo Fijo**
15,000	N/A	N/A	N/A	$1,710,677	**5**	$23,625.00
30,000	N/A	N/A	**$533,989**	$900,969	**11**	$47,250.00
58,824	$376,630	$384,854	**$367,052**	$538,030	**21**	$92,647.80
66,667	$376,983	$379,207	**$353,405**	$500,384	**24**	**$105,000.53**
111,111	$410,983	$395,207	**$345,406**	$471,278	**41**	$174,999.83
142,857	$448,983	$427,207	**$369,406**	$420,385	**52**	$224,999.78
250,000	$599,733	$568,957	**$499,156**	$514,135	**91**	$393,750.00
350,000	$750,376	$716,171	**$641,799**	$643,064	**128**	$551,250.00
500,000	$981,483	$944,707	$866,906	**$857,885**	**183**	$787,500.00

TABLA 4.3 (VER ANEXO 1)

Conclusión;

En cuestión de tamaños de lote, existe un tamaño de lote óptimo que minimiza los costos totales, en este caso es **66,667.** El costo de mantener inventarios afecta más que el costo de transporte excepto por aire cuando se piden lotes mayores a 500,000 piezas.

Con esto se confirma del resultado del Análisis 1 que el transporte Agua es óptimo siempre y cuando el resto de los transportes manejen un tamaño de lote menor a 58,824 ya que si se pide el mismo tamaño de lote entonces Terrestre es más barato como lo muestra la Tabla 4.3. El costo total en Terrestre para ese tamaño de lote es de $ 459,699 por $ 469,277 para agua.

Cuando se piden lotes iguales en todos los transportes resulta ser el transporte terrestre el más conveniente, aunque en lotes muy grandes aire es más conveniente.

Cabe recordar que a los costos de la Tabla 4.3 para calcular el costo total hay que agregarles el costo fijo ICQ/2 que en este caso es el mismo para los cuatro transportes debido a que manejan el mismo tamaño de lote.

4.3 ANÁLISIS 2: ITERANDO EL COSTO UNITARIO C

4.3.1 Iterando Sólo Costo Unitario

En la siguiente tabla aparecen los costos para los cuatro transportes al hacer una iteración en el costo unitario de la materia prima. (Ver Anexo 1, hoja 1)

Datos:
I = 25% U = 1000 kms
D = 1,000,000 L = 35 días Y = 1 W = 1

L=35	Q = 111,111			
C	**Agua**	**Riel**	**Terrestre**	**Aire**
$0.10	$47,759.78	$77,345.89	$121,813.74	$255,761.99
$0.50	$67,798.92	$94,229.45	$134,568.68	$266,309.93
$1.00	$92,847.85	$115,333.90	$150,512.37	$279,494.86
$2.50	$167,994.62	$178,647.26	$198,343.42	$319,049.66
$4.00	$243,141.39	$241,960.62	$246,174.47	$358,604.45
$5.00	$293,239.24	$284,169.52	$278,061.83	$384,974.32
$7.50	$418,483.86	$389,691.78	$357,780.25	$450,898.97
$10.00	$543,728.47	$495,214.04	$437,498.67	$516,823.63
$12.60	**$673,982.88**	**$604,957.19**	**$520,405.82**	**$585,385.27**
$15.00	$794,217.71	$706,258.56	$596,935.50	$648,672.95
$20.00	$1,044,706.95	$917,303.08	$756,372.34	$780,522.26
$50.00	$2,547,642.37	$2,183,570.21	$1,712,993.34	$1,571,618.15
$100.00	$5,052,534.74	$4,294,015.41	$3,307,361.68	$2,890,111.30
$500.00	$25,091,673.68	$21,177,577.05	$16,062,308.41	$13,438,056.51
$1,000.00	$50,140,597.36	$42,282,029.11	$32,005,991.82	$26,622,988.01
Rojo	*Ejercicio Desarrollado en Capítulo*			
Azul	*Transportes con Costo Más Bajo*			

Tabla 4.4 (Ver anexo 2, hoja 1)

Conclusión: Conviene utilizar productos con precio unitario bajo, a medida que aumenta el costo unitario de materia prima el transporte aire se vuelve más factible. Como se mencionó en la iteración anterior, a medida que baja el tiempo de respuesta los costos totales bajan y se vuelve más factible utilizar transportes lentos.

Rangos de Costo Unitario para la Optimización de Transporte

Los rangos que permiten tomar la decisión del tipo de transporte óptimo para diferentes Q* son:

L=10 días, Q = 66,667

Rango ($) Costo unitario	Tipo de Transporte
0 - 7.5	Agua / Riel
7.5 - 87	Terrestre
>= 88	Aire

Tabla 4.5 (Ver Anexo 2, hoja 1)

Esto significa

Si la materia prima cuesta menos de $ 7.5, conviene utilizar AGUA / RIEL

Si la materia prima cuesta más de $ 88, conviene utilizar AIRE

L=35 días Q = 111,111

Rango ($) Costo unitario	Tipo de Transporte
0 - 4	Agua / Riel
4 -25	Terrestre
>= 26	Aire

Tabla 4.6 (Ver Tabla 4.4 ó Anexo 2, hoja 1)

L=100 días Q = 290,411

Rango ($) Costo unitario	Tipo de Transporte
0 - 1	Agua / Riel
1 - 10	Terrestre
>= 10	Aire

Tabla 4.7 (Ver Anexo 2, hoja 1)

4.3.2 Iterando Costo Unitario con Varios Valores de Factor I

Datos Constantes:

U = 1000 kms Y = 1
D = 1,000,000 L = 35 días W = 1

I =.15				
C	**Agua**	**Riel**	**Terrestre**	**Aire**
$0.10	$42,721.44	$67,840.20	$118,637.98	$250,099.03
$0.50	$55,379.00	$78,853.90	$126,364.02	$256,510.00
$1.00	$71,200.94	$92,621.02	$136,021.57	$264,523.71
$2.50	$118,666.77	$133,922.38	$164,994.23	$288,564.83
$4.00	$166,132.60	$175,223.75	$193,966.88	$312,605.96
$5.00	$197,776.49	$202,757.99	$213,281.98	$328,633.38
$7.50	$276,886.21	$271,593.60	$261,569.74	$368,701.92
$10.00	$355,995.93	$340,429.20	$309,857.50	$408,770.47
$12.60	$438,270.03	$412,018.23	$360,076.77	$450,441.75
$15.00	$514,215.36	$478,100.41	$406,433.02	$488,907.56
$20.00	$672,434.80	$615,771.63	$503,008.54	$569,044.64
$50.00	$1,621,751.40	$1,441,798.90	$1,082,461.64	$1,049,867.18
$100.00	$3,203,945.75	$2,818,511.02	$2,048,216.81	$1,851,238.07
$500.00	$15,861,500.55	$13,832,208.01	$9,774,258.18	$8,262,205.19
$1,000.00	$31,683,444.04	$27,599,329.24	$19,431,809.89	$16,275,914.10
Azul	*Transportes con Costo Más Bajo*			

Tabla 4.8 (Ver Anexo 2, hoja 2)

Rangos de Costo Unitario para la Optimización de Transporte

Los rangos que permiten tomar la decisión del tipo de transporte óptimo para diferentes factores I son:

I = 15 % Rango ($) Costo unitario	**Tipo de Transporte**
0 – 6	**Agua / Riel**
6 –40	**Terrestre**
>= 40	**Aire**

Tabla 4.9 (Ver Tabla 4.8 o Anexo 2, hoja 2)

I = 20 % Rango ($) Costo unitario	Tipo de Transporte
0 – 4.7	Agua / Riel
4.7 –30	Terrestre
>= 31	Aire

Tabla 4.10 (Ver Anexo 2, hoja 2)

I = 25 % Rango ($) Costo unitario	Tipo de Transporte
0 – 4.1	Agua / Riel
4.1 – 25	Terrestre
>= 25	Aire

Tabla 4.11 (Ver Tabla 4.4 ó Anexo 2, hoja 1)

I = 30 % Rango ($) Costo unitario	Tipo de Transporte
0 – 3.5	Agua / Riel
3.5 – 21	Terrestre
>= 21	Aire

Tabla 4.12 (Ver Anexo 2, hoja 2)

Correlaciones entre Costo Unitario y Factor I

La correlación entre costo unitario máximo para optimizar los costos totales utilizando el transporte de riel / agua variando la fracción de inventario es:

$$B = -26 \times I + 10.85$$

Donde

I = fracción de mantener inventarios
B = costo unitario máximo para optimizar Riel / Agua

La correlación entre costo unitario máximo para optimizar los costos totales utilizando el transporte terrestre variando la fracción de inventario es:

$$D = -124 \times I + 56.9$$

Donde

I = fracción de mantener inventarios
D = costo unitario máximo para optimizar Terrestre

Conclusiones

Los costos unitarios máximos para Riel y Transporte en relación con la tasa I son:

Fracción	Riel	Terrestre
I	C	C
15%	6	40
20%	4.7	30
25%	4.1	25
30%	3.5	21

Tabla 4.13 (Ver Tablas 4.9 – 4.12)

El transporte AIRE es óptimo utilizando cualquier costo unitario mayor a los que vienen en la columna de Terrestre de acuerdo a su fracción de mantener inventarios correspondiente. Por ejemplo para la fracción de un 20 %, el mínimo costo unitario que se requiere para utilizar AIRE es de $ 31, mismo que aparece en la Tabla 3.16

4.3.3 Iterando Costo Unitario con Varios Valores de Demanda (D)

Datos Constantes:

I = 25% U = 1000 kms L = 35 días Y = 1 W =1

D = 100,000				
C	**Agua**	**Riel**	**Terrestre**	**Aire**
$0.10	$40,384.45	$65,995.68	$117,678.39	$250,013.41
$0.50	$42,494.05	$67,831.30	$118,966.06	$251,081.91
$1.00	$45,131.04	$70,125.82	$120,575.65	$252,417.52
$2.50	$53,042.01	$77,009.38	$125,404.43	$256,424.38
$4.00	$60,952.98	$83,892.94	$130,233.20	$260,431.23
$5.00	$66,226.96	$88,481.98	$133,452.39	$263,102.47
$7.50	$79,411.91	$99,954.58	$141,500.35	$269,780.56
$10.00	$92,596.87	$111,427.18	$149,548.31	$276,458.65
$12.60	$106,309.22	$123,358.69	$157,918.18	$283,403.87
$15.00	$118,966.77	$134,372.38	$165,644.23	$289,814.83
$20.00	$145,336.68	$157,317.59	$181,740.15	$303,171.01
$50.00	$303,556.11	$294,988.80	$278,315.66	$383,308.10
$100.00	$567,255.17	$524,440.82	$439,274.86	$516,869.92
$500.00	$2,676,847.64	$2,360,056.98	$1,726,948.42	$1,585,364.44
$1,000.00	$5,313,838.22	$4,654,577.19	$3,336,540.37	$2,920,982.59

Tabla 4.14 (Ver anexo 2, hoja 3)

Rangos de Costo Unitario para la Optimización de Transporte

Los rangos que permiten tomar la decisión del tipo de transporte óptimo para diferentes valores de demanda (D) son:

D = 100,000 **I = 25 %** **Rango ($)** **Costo unitario**	**Tipo de Transporte**
0 – 40	**Agua / Riel**
41 – 240	**Terrestre**
>= 240	**Aire**

Tabla 4.15 (Ver Tabla 4.14 o Anexo 2, hoja 3)

D = 500,000 I = 25 % Rango ($) Costo unitario	Tipo de Transporte
0 – 7.5	Agua / Riel
8 – 47	Terrestre
>= 48	Aire

Tabla 4.16 (Ver Anexo 2, hoja 4)

D = 2,000,000 I = 25 % Rango ($) Costo unitario	Tipo de Transporte
0 – 2.5	Agua / Riel
2.6 – 12.6	Terrestre
>= 13	Aire

Tabla 4.17 (Ver Anexo 2, hoja 5)

Conclusiones

Los costos unitarios máximos para Riel y Transporte en relación con la demanda anual son:

Demanda	Riel	Terrestre
D	C	C
100,000	40	240
500,000	7.5	47
1,000,000	4.5	25
2,000,000	2.5	13.

Tabla 4.18 (Ver Tablas 4.15 – 4.17)

El transporte AIRE es óptimo utilizando cualquier costo unitario mayor a los que vienen en la columna de Terrestre de acuerdo a su demanda anual correspondiente para una tasa fija del 25 %. Por ejemplo para la demanda de 500,000 unidades, el mínimo costo unitario que se requiere para utilizar AIRE es de $ 48, mismo que aparece en la Tabla 4.16

ANÁLISIS 3: ITERANDO LA FRACCIÓN I

En las siguientes tablas aparecen los rangos de costo unitario para utilizar el tipo de transporte óptimo al hacer una iteración en la I anual.
(Ver Anexo 3, hoja 1)

Valores Constantes

C= 12.6 U = 1000 kms
D = 1,000,000 L = 35 días

C=12.6

I	Agua	Riel	Terrestre	Aire
15%	$421,189.73	$391,774.32	$359,043.49	$451,231.16
16%	$446,469.04	$413,092.60	$375,179.73	$464,646.58
17%	$471,748.36	$434,410.89	$391,315.96	$478,061.99
18%	$497,027.67	$455,729.18	$407,452.19	$491,477.40
19%	$522,306.99	$477,047.47	$423,588.42	$504,892.81
20%	$547,586.30	$498,365.75	$439,724.66	$518,308.22
21%	$572,865.62	$519,684.04	$455,860.89	$531,723.63
22%	$598,144.93	$541,002.33	$471,997.12	$545,139.04
23%	$623,424.25	$562,320.62	$488,133.36	$558,554.45
24%	$648,703.56	$583,638.90	$504,269.59	$571,969.86
25%	$673,982.88	$604,957.19	$520,405.82	$585,385.27
26%	$699,262.19	$626,275.48	$536,542.05	$598,800.68
27%	$724,541.51	$647,593.77	$552,678.29	$612,216.10
28%	$749,820.82	$668,912.05	$568,814.52	$625,631.51
29%	$775,100.14	$690,230.34	$584,950.75	$639,046.92
30%	$800,379.45	$711,548.63	$601,086.99	$652,462.33

Rojo *Ejercicio Desarrollado en Capítulo*
Azul *Transportes con Costo Más Bajo*

Tabla 4.19 (ver anexo 3)

Fracción	Costo Unitario	
I	C	Transporte Óptimo
15-30%	1	Agua
15-30%	12.6	Terrestre
15-20%	30	Terrestre
20-30%	30	Aire

Tabla 4.20 (Ver Anexo 3)

Conclusión: El costo unitario pequeño combinado con una fracción baja favorece el transporte lento, por su parte al aumentar el costo unitario y la fracción aumenta favorece el transporte rápido.

ANÁLISIS 4: ITERANDO LA DEMANDA ANUAL D

Se considera una I = 25 % (constante)

En las siguientes tablas aparecen los rangos de costo unitario para utilizar el tipo de transporte óptimo al hacer una iteración en la D anual.
(Ver Anexo 4)

L =35				
C= 12.6 e I =25%				
D	**Agua**	**Riel**	**Terrestre**	**Aire**
50,000	$74,311.64	$99,716.61	$138,714.04	$269,738.01
100,000	$105,873.29	$126,308.22	$158,803.08	$286,351.03
250,000	$200,558.22	$206,083.05	$219,070.21	$336,190.07
500,000	$358,366.44	$339,041.10	$319,515.41	$419,255.14
750,000	$516,174.66	$471,999.14	$419,960.62	$502,320.21
1,000,000	**$673,982.88**	**$604,957.19**	**$520,405.82**	**$585,385.27**
1,250,000	$831,791.10	$737,915.24	$620,851.03	$668,450.34
1,500,000	$989,599.32	$870,873.29	$721,296.23	$751,515.41
2,000,000	$1,305,215.75	$1,136,789.38	$922,186.64	$917,645.55
2,500,000	$1,620,832.19	$1,402,705.48	$1,123,077.05	$1,083,775.68
3,000,000	$1,936,448.63	$1,668,621.58	$1,323,967.47	$1,249,905.82
4,000,000	$2,567,681.51	$2,200,453.77	$1,725,748.29	$1,582,166.10
5,000,000	$3,198,914.38	$2,732,285.96	$2,127,529.11	$1,914,426.37
Rojo	*Ejercicio Desarrollado en Capítulo*			
Azul	*Transportes con Costo Más Bajo*			

Tabla 4.21 (Ver Anexo 4)

Demanda	
D	Transporte Óptimo
0 - 500,000	Agua
500,000 – 2,000,000	Terrestre
2,000,000 – x	Aire

Tabla 4.22 (Ver Tabla 4.21)

Conclusión: A medida que la demanda aumenta, los transportes rápidos son más convenientes.

ANÁLISIS 5: ITERANDO LA UBICACIÓN DEL PROVEEDOR U

Valores Constantes

C= 12.6 I = 25 %
D = 1,000,000 L = 35 días

Nacional			
U	**1000**	**2000**	**3000**
W	**0.5**	**1**	**1.5**
Agua	$495,366.44	$626,116.44	$725,866.44
Riel	$501,166.10	$609,041.10	$711,416.10
Terrestre	$472,515.41	$613,140.41	$731,765.41
Aire	$573,118.77	$829,880.14	$1,083,005.14
Azul	*Transportes con Costo Más Bajo*		

Tabla 4.23 (Ver Anexo 5)

Extranjero					
U	**1000**	**2000**	**3000**	**4500**	**9000**
W	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**
Agua	$673,982.88	$779,732.88	$903,482.88	$949,607.88	$1,191,482.88
Riel	$604,957.19	$716,332.19	$828,457.19	$975,644.69	$1,183,207.19
Terrestre	$520,405.82	$639,030.82	$762,405.82	$920,843.32	$1,335,405.82
Aire	$585,385.27	$838,510.27	$1,091,635.27	$1,471,322.77	$2,420,385.27
Rojo	*Ejercicio Desarrollado en Capítulo*				
Azul	*Transportes con Costo Más Bajo*				

Tabla 4.24 (Ver Anexo 5)

Conclusión: El transporte más conveniente es terrestre salvo a distancias muy largas se puede usar riel siempre cuando cumpla con las condiciones de las constantes.

4.7 Análisis 6: Lote Económico

Se va considerar la alternativa de considerar el valor de Q* por medio de la fórmula de Lote económico.

Para este procedimiento se parte de un tamaño de lote óptimo que a la vez tendrá la restricción de L (tiempo de respuesta) que se calcula de acuerdo al tamaño de lote ideal.

Fórmula Lote Económico (Ballou, 1999)

Q* = Y x sqrt (2 x S x D / I x C)

Esta fórmula está desarrollada para optimizar solamente los costos totales de ordenar y de mantener inventarios como sigue:

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

Esta fórmula de Q* óptimo se desarrollo a partir de calcular la derivada de la ecuación de costos totales, igualarla a cero y despejar Q*

CT = D x S / Q* + I x C x Q* / 2

Derivando e igualando a cero respecto a Q*, tenemos

$0 = -1 \times D \times S / Q^{*2} + I \times C / 2$

Despejando Q*

$-1 \times D \times S / Q^{*2} = -I \times C / 2$

$Q^{*2} \times I \times C / 2 = D \times S$

$Q^{*2} \times I \times C = 2 \times D \times S$

$\mathbf{Q^{*2} = 2 \times D \times S / I \times C}$

Q* = sqrt (2 x D x S / I x C)

Ahora se va analizar los segmentos de la fórmula general que se utilizó como base para calcular Q* óptimo y que es la siguiente:

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

El primer término significa el costo total de embarques en el año, D / Q significa N, es decir las veces que se coloca una orden al proveedor y S es el costo de transporte.

El segundo término es el costo promedio de mantener inventarios en la planta. (término ya conocido en la fórmula utilizada en análisis anteriores)

Esta metodología no considera el costo de mantener inventarios en tránsito ni en el almacén.

En el siguiente Análisis se va probar que tan significativo es usar la fórmula de Lote Económico para optimizar los Costos Totales incluyendo los cuatro segmentos vistos en análisis anteriores.

Una restricción importante para esta prueba es que la frecuencia de pedidos es mayor a tiempo de respuesta y de tránsito del proveedor.

Restricción: Fr > L + T

Fórmulas Secundarias

N = D / Q*

Fr = 365 / N

L = Fr · T

S = F

F = costo de flete

F = U x k

U = distancia total

K = costo por kilómetro según transporte

ITERANDO POR Q LOTE ECONÓMICO*

Datos Constantes

D = 1,000,000
I = 25 %
U = 1000 kms
Y = 1
C = 12.6

4.7.1 Transporte Aire

F = U x k = 1000 x $ 25 = 25,000
S = costo por ordenar (costo de flete) = F
S = $ 25,000

Q* = sqrt (2 x S x D / I x C)

Q* = sqrt (2 x 25,000 x 1,000,000 / 0.25 x 12.6)

Q* = 125,988

N = D / Q* = 1,000,000 / 125,988 = 8

Fr = 365 / N = 365 / 8 = 46 días

L = Fr – T = 46 – 2 = 44 días.

El proveedor debe tener un tiempo de respuesta no mayor a 44 días para considerar este transporte.

R = F / Q* = 25,000 / 125,988 = $ 0.1984

F = U x K = 1000 kms x $ 25 / km = $ 25,000

C = 12.6 y C´= 12.7984

Los costos totales para este tamaño de Lote son:

Costos Totales = 0.1984 x 1,000,000 + 0.25 x 12.7984 x 125,988 / 2 + 0.25 x 12.6 x 125,988 / 2 + 0.25 x 12.6 x 1,000,000 x 2 / 365

Costos Totales = 615,646

Conclusión: *Al utilizar los mismos datos, si comparamos el valor de costo total con los valores que se calcularon en el Análisis 1 caso 1 = $ 585,385 y caso 2 = $ 646,278 confirmamos que la metodología propuesta de encontrar el tamaño de lote es muy útil y válida para optimizar costos y tamaños de lote y que el Lote Económico es otra herramienta comparativa que también se aproxima a los resultados de la fórmula estudiada.*

En la siguiente aparecen los tiempos de respuesta que aplican para cada uno de estos valores:

L máx	Análisis	Q*	Costo Total
35 días	**Análisis Caso 1**	**100,000**	**$ 585,385**
39 días	**Análisis Caso 2**	**111,111**	**$ 646,278**
44 días	**Lote Económico**	**125,988**	**$ 615,646**

Tabla 4.25

La mejor opción es Q* = 100,000 piezas para cuando se utilize Aire con Restricción de que el tiempo de respuesta máximo del proveedor es L = 35 días, para proveedores con L = 44 días la mejor opción sería la del Lote Económico.

Ahora utilizando Q* = 100,000, Q* = 111,111 y Q* = 125,988 considerando solamente costos de transporte y costo promedio de mantener inventarios a la cual la fórmula de lote económico aplica tenemos:

Con Q* = 100,000

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

CT = 1,000,000 x 25,000 / 100,000 + 0.25 x 12.6 x 100,000 / 2

CT = 250,000 + 157,500

CT = 407,500

Con Q* = 111,111

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

CT = 1,000,000 x 25,000 / 111,111 + 0.25 x 12.6 x 111,111 / 2

CT = 225,000 + 175,000

CT = 400,000

Con Q* = 125,988

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

CT = 1,000,000 x 25,000 / 125,988 + 0.25 x 12.6 x 125,988 / 2

CT = 198,431 + 198,431

CT = 396,862

4.7.2 Terrestre

S = costo por ordenar (costo de flete)

S = $ 13,000 = F

Y = 1

D = 1,000,000

I = 0.25

C = 12.6

Q* = Y x sqrt (2 x S x D / I x C)

Q* = 1 x sqrt (2 * 13,000 * 1,000,000 / 0.25 * 12.6)

Q* = 90,851

N = D / Q* = 1,000,000 / 90,851 = 11

Fr = 365 / N = 365 / 11 = 33 días

L = Fr – T = 33 – 6 = 27 días

El proveedor debe tener un tiempo de respuesta no mayor a 27 días para considerar este transporte.

R = F / Q* = 13,000 / 90,851 = $ 0.143

F = U * K = 1000 kms * $ 13 / km = $ 13,000

C = 12.6 y C´= 12.743

Los costos totales para este tamaño de Lote son:

Costos Totales = R*D + IC´Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365

Costos Totales = 0.143 x 1,000,000 + 0.25 x 12.743 x 90,851 / 2 + 0.25 x 12.6 x 90,851 / 2 + 0.25 * 12.6 x 1,000,000 x 6 / 365

Costos Totales = 482,585.4

Conclusión: *Al utilizar los mismos datos, si comparamos el valor de costo total con los valores que se calcularon en el Análisis 1 caso 1 = $ 520,406 y caso 2 = $ 458,405 confirmamos que la metodología propuesta de encontrar el tamaño de lote es muy útil y válida para optimizar costos y tamaños de lote y que el Lote Económico es otra herramienta comparativa que también se aproxima a los resultados de la fórmula estudiada.*

En la siguiente aparecen los tiempos de respuesta que aplican para cada uno de estos valores:

L máx	Análisis	Q*	Costo Total
35 días	**Análisis Caso 1**	**111,111**	**$ 520,406**
18 días	**Análisis Caso 2**	**66,667**	**$ 458,405**
27 días	**Lote Económico**	**90,851**	**$ 482,585**

Tabla 4.26

La mejor opción es Q* = 66,667 piezas para cuando se utilize Terrestre con Restricción de que el tiempo de respuesta máximo del proveedor es L = 24 días, para proveedores con L = 33 días la mejor opción sería la del Lote Económico.

Ahora utilizando Q* = 111,111, Q* = 66,667 y Q* = 90,851 considerando solamente costos de transporte y costo promedio de mantener inventarios tenemos:

Con Q* = 111,111

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2,

CT = 1,000,000 x 13,000 / 111,111 + 0.25 x 12.6 x 111,111 / 2

CT = 117,000 + 175,000

CT = 292,000

Con Q* = 66,667

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

CT = 1,000,000 x 13,000 / 66,667 + 0.25 x 12.6 x 66,667 / 2

CT= 195,000 + 105,000

CT = 300,000

Con Q* = 90,851

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

CT = 1,000,000 x 13,000 / 90,851 + 0.25 x 12.6 x 90,851 / 2

CT = 143,091 + 143,091

CT = 286,188

4.7.3 Riel

S = costo por ordenar (costo de flete)

S = $ 9,000 = F

D = 1,000,000

I = 0.25

C = 12.6

Q* = sqrt (2 * S * D / I * C)

Q* = sqrt (2 * 9,000 * 1,000,000 / 0.25 * 12.6)

Q* = 75,593

N = D / Q* = 1,000,000 / 75,593 = 13

Fr = 365 / N = 365 / 13 = 28 días

L = Fr – T = 28 – 16 = 12 días

El proveedor debe tener un tiempo de respuesta no mayor a 12 días para considerar este transporte.

R = F / Q* = 9,000 / 75,593 = $ 0.119

F = U * K = 1000 kms * $ 9 / km = $ 9,000

C = 12.6 y C´= 12.719

Los costos totales para este tamaño de Lote son:

Costos Totales = R*D + IC´Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365

Costos Totales = 0.119 x 1,000,000 + 0.25 x 12.719 x 75,593 / 2 + 0.25 x 12.6 x 75,593 / 2 + 0.25 * 12.6 x 1,000,000 x 16 / 365

Costos Totales = 496,324

Conclusión: *Al utilizar los mismos datos, si comparamos el valor de costo total con los valores que se calcularon en el Análisis 1 caso 1 = $ 604,957 y caso 2 = $ 484,207 confirmamos que la metodología propuesta de encontrar el tamaño de lote es muy útil y válida para optimizar costos y tamaños de lote y que el Lote Económico es otra herramienta comparativa que también se aproxima a los resultados de la fórmula estudiada. En el caso del transporte Riel resultó ser la mejor alternativa para calcular el costo y tamaño de lote óptimo.*

En la siguiente aparecen los tiempos de respuesta y tamaños de lote que aplican para cada uno de estos valores:

L máx	Análisis	Q*	Costo Total
35 días	Análisis Caso 1	125,000	$ 604,957
8 días	Análisis Caso 2	66,667	$ 484,207
12 días	Lote Económico	75,593	$ 496,324

Tabla 4.27

La mejor opción es Q* = 66,667 piezas para cuando se utilize Riel con Restricción de que el tiempo de respuesta máximo del proveedor es L = 24 días, para proveedores con L = 35 días la mejor opción sería la del Análisis 1 Caso 1.

Ahora utilizando Q* = 125,111, Q* = 66,667 y Q* = 75,593 considerando solamente costos de transporte y costo promedio de mantener inventarios tenemos:

Con Q* = 125,000

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

CT = 1,000,000 x 9,000 / 125,000 + 0.25 x 12.6 x 125,000 / 2

CT = 72,000 + 196,875

CT = 268,875

Con Q* = 66,667

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

CT = 1,000,000 x 9,000 / 66,667 + 0.25 x 12.6 x 66,667 / 2

CT= 135,000 + 105,000

CT = 240,000

Con Q* = 75,593

CT = D x S / Q + I x C x Q / 2

CT = 1,000,000 x 9,000 / 75,593 + 0.25 x 12.6 x 75,593 / 2

CT = 119,058 + 119,058

CT = 238,117

4.8 ANÁLISIS 7: LOTE ECONÓMICO CORREGIDO

Debido a que la fórmula de Lote Económico solamente cubre dos segmentos de la fórmula general, procederemos a desarrollar una nueva fórmula de Lote Económico que considere los cuatro segmentos de la fórmula general.

Partiendo de la fórmula general:

$$CT = RxD + IxC'xQ^*/2 + IxCxQ^*/2 + IxCxDxT / 365$$

Y utilizando las siguiente fórmulas secundarias para sustituir R y C´ tenemos:

$$R = F / Q^*$$

$$C' = C + R = C + F / Q^*$$

Sustituyendo y despejando CT:

$$CT = F \times D / Q^* + I \times C' \times Q^*/2 + I \times C \times Q^*/2 + I \times C \times D \times T / 365$$

$$CT = F \times D / Q^* + I \times (C + F/Q^*) \times Q^*/2 + I \times C \times Q^*/2 + I \times C \times D \times T/365$$

$$CT = F \times D / Q^* + I \times C \times Q^* / 2 + I \times F/Q^* \times Q^* / 2 + I \times C \times Q^*/2 + I \times C \times D \times T / 365$$

$$CT = F \times D / Q^* + I \times C \times Q^* / 2 + I \times F / 2 + I \times C \times Q^*/2 + I \times C \times D \times T / 365$$

Derivando con respecto a Q*

$$0 = -1 \times D \times S / Q^{*2} + I \times C / 2 + I \times C / 2$$

Los factores $I \times F / 2$ y $I \times C \times D \times T / 365$ se eliminan ya que no contienen Q*

Despejando Q*

$1 \times D \times S / Q^{*2} = I \times C / 2 + I \times C / 2$

$1 \times D \times S / Q^{*2} = I \times C$

$Q^{*2} \times I \times C = D \times S$

$Q^{*2} \times I \times C = D \times S$

$\mathbf{Q^{*2} = D \times S / I \times C}$

$\boldsymbol{Q^* = sqrt(D \times S / I \times C)}$

4.8.1 Transporte Aire

Datos Constantes

D = 1,000,000
I = 25 %
U = 1000 kms
Y = 1
C = 12.6

F = U x k = 1000 x $ 25 = 25,000
S = costo por ordenar (costo de flete) = F
S = $ 25,000

Q* = sqrt (S x D / I x C)

Q* = sqrt (25,000 x 1,000,000 / 0.25 x 12.6)

Q* = 89,087

N = D / Q* = 1,000,000 / 89087 = 11

Fr = 365 / N = 365 / 8 = 33 días

L = Fr – T = 33 – 2 = 31 días.

El proveedor debe tener un tiempo de respuesta no mayor a 44 días para considerar este transporte.

R = F / Q* = 25,000 / 89,087 = $ 0.28

F = U x K = 1000 kms x $ 25 / km = $ 25,000

C = 12.6 y C´= 12.88

Los costos totales para este tamaño de Lote son:

Costos Totales = 0.28 x 1,000,000 + 0.25 x 12.88 x 89087 / 2 + 0.25 x 12.6 x 89,087 / 2 + 0.25 x 12.6 x 1,000,000 x 2 / 365

Costos Totales = 581,002

Conclusión: *Al utilizar los mismos datos, si comparamos el valor de costo total con los valores que se calcularon en el Análisis 1 caso 1 = $ 585,385 y caso 2 = $ 646,278 confirmamos que la metodología propuesta de encontrar el tamaño de lote óptimo para minimizar los costos es una herramienta que facilita los cálculos para entontrar Q* que optimiza los costos para el transporte Aire.*

En la siguiente aparecen los tiempos de respuesta que aplican para cada uno de estos valores:

L máx	Análisis	Q*	Costo Total
35 días	**Análisis Caso 1**	**100,000**	**$ 585,385**
41 días	**Análisis Caso 2**	**111,111**	**$ 646,278**
44 días	**Lote Económico**	**125,988**	**$ 615,646**
31 días	**Lote E. Corregido**	**89,087**	**$ 581,002**

Tabla 4.28

La mejor opción es Q* = 89,087 piezas para cuando se utilize Aire con Restricción de que el tiempo de respuesta máximo del proveedor es L = 31 días, para proveedores con L = 44 días la mejor opción sería la del Lote Económico Normal.

Para comprobar que efectivamente la fórmula de Lote Económico Corregida es óptima vamos hacer también una prueba con una Q menor, en este caso proponemos Q* = 83,333 para comprobar que el costo total es mayor a $ 581,002

N = D / Q* = 1,000,000 / 83,333 = 12

Fr = 365 / N = 365 / 12 = 30 días

L = Fr – T = 30 – 2 = 28 días.

El proveedor debe tener un tiempo de respuesta no mayor a 28 días para considerar este transporte.

R = F / Q* = 25,000 / 83,333 = $ 0.3

F = U x K = 1000 kms x $ 25 / km = $ 25,000

C = 12.6 y C´= 12.9

Los costos totales para este tamaño de Lote son:

Costos Totales = 0.3 x 1,000,000 + 0.25 x 12.9 x 83333 / 2 + 0.25 x 12.6 x 83333 / 2 + 0.25 x 12.6 x 1,000,000 x 2 / 365

Costos Totales = 582,884

4.8.2 Terrestre

Datos Constantes

D = 1,000,000
I = 25 %
U = 1000 kms
Y = 1
C = 12.6

S = costo por ordenar (costo de flete)

S = $ 13,000 = F

Y = 1

D = 1,000,000

I = 0.25

C = 12.6

Q* = Y x sqrt (S x D / I x C)

Q* = 1 x sqrt (13,000 * 1,000,000 / 0.25 * 12.6)

Q* = 64,241

N = D / Q* = 1,000,000 / 64,241 = 15.5

Fr = 365 / N = 365 / 15.5 = 23 días

L = Fr – T = 23 – 6 = 17 días

El proveedor debe tener un tiempo de respuesta no mayor a 18 días para considerar este transporte.

R = F / Q* = 13,000 / 64,241 = $ 0.202

F = U x K = 1000 kms x $ 13 / km = $ 13,000

C = 12.6 y C´= 12.802

Los costos totales para este tamaño de Lote son:

Costos Totales = R*D + IC´Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365

Costos Totales = 0.202 x 1,000,000 + 0.25 x 12.802 x 64,241/ 2 + 0.25 x 12.6 x 64,241 / 2 + 0.25 * 12.6 x 1,000,000 x 6 / 365

Costos Totales = 457,762

Conclusión: *Al utilizar los mismos datos, si comparamos el valor de costo total con los valores que se calcularon en el Análisis 1 caso 1 = $ 520,406 y caso 2 = $ 458,405 confirmamos que la metodología propuesta de encontrar el tamaño de lote óptimo para minimizar los costos es una herramienta que facilita los cálculos para entontrar Q* que optimiza los costos para el transporte Aire.*

En la siguiente aparecen los tiempos de respuesta que aplican para cada uno de estos valores:

L máx	Análisis	Q*	Costo Total
35 días	Análisis Caso 1	111,111	$ 520,406
18 días	Análisis Caso 2	66,667	$ 458,405
27 días	Lote Económico	90,851	$ 482,585
17 días	Lote E. Corregido	64,241	$ 457,762

Tabla 4.29

La mejor opción es Q* = 64,241 piezas para cuando se utilize Terrestre con Restricción de que el tiempo de respuesta máximo del proveedor es L = 17 días, para proveedores con L = 27 días la mejor opción sería la del Lote Económico Normal.

Para comprobar que efectivamente la fórmula de Lote Económico Corregida es óptima vamos hacer también una prueba con una Q menor, en este caso proponemos Q* = 60,000 para comprobar que el costo total es mayor a $ 457,762

N = D / Q* = 1,000,000 / 60,000 = 16.6

Fr = 365 / N = 365 / 16.6 = 22 días

L = Fr – T = 22 – 6 = 16 días.

El proveedor debe tener un tiempo de respuesta no mayor a 16 días para considerar este transporte.

R = F / Q* = 13,000 / 60,000 = $ 0.2166

F = U x K = 1000 kms x $ 13 / km = $ 13,000

C = 12.6 y C´= 12.8166

Los costos totales para este tamaño de Lote son:

Costos Totales = 0.2166 x 1,000,000 + 0.25 x 12.8166 x 60000 / 2 + 0.25 x 12.6 x 60000 / 2 + 0.25 x 12.6 x 1,000,000 x 6 / 365

Costos Totales = 459,000

4.8.3 Riel

Datos Constantes

D = 1,000,000
I = 25 %
U = 1000 kms
Y = 1
C = 12.6

S = costo por ordenar (costo de flete)
S = $ 9,000 = F

Q* = sqrt (S x D / I x C)

Q* = sqrt (9,000 x 1,000,000 / 0.25 * 12.6)

Q* = 53,452

N = D / Q* = 1,000,000 / 53,452 = 19

Fr = 365 / N = 365 / 19 = 19 días

L = Fr – T = 19 · 16 = 3 días

El proveedor debe tener un tiempo de respuesta no mayor a 3 días para considerar este transporte.

R = F / Q* = 9,000 / 53,452 = $ 0.168

F = U * K = 1000 kms * $ 9 / km = $ 9,000

C = 12.6 y C´= 12.768

Los costos totales para este tamaño de Lote son:

Costos Totales = R*D + IC´Q*/2 + ICQ*/2 + ICDT / 365

Costos Totales = 0.168 x 1,000,000 + 0.25 x 12.768 x 53,452 / 2 + 0.25 x 12.6 x 53,452 / 2 + 0.25 * 12.6 x 1,000,000 x 16 / 365

Costos Totales = 475,578

Conclusión: *Al utilizar los mismos datos, si comparamos el valor de costo total con los valores que se calcularon en el Análisis 1 caso 1 = $ 604,957 y caso 2 = $ 484,20, confirmamos que la metodología propuesta de encontrar el tamaño de lote óptimo para minimizar los costos es una herramienta que facilita los cálculos para entontrar Q* que optimiza los costos para el transporte Aire*

En la siguiente aparecen los tiempos de respuesta y tamaños de lote que aplican para cada uno de estos valores:

L máx	Análisis	Q*	Costo Total
35 días	Análisis Caso 1	125,000	$ 604,957
8 días	Análisis Caso 2	66,667	$ 484,207
12 días	Lote Económico	75,593	$ 496,324
3 días	Lote E. Corregido	53,452	$ 475,578

Tabla 4.30

La mejor opción es Q* = 53,452 piezas para cuando se utilize Riel con Restricción de que el tiempo de respuesta máximo del proveedor es L = 3 días, para proveedores con L = 35 días la mejor opción sería la del Análisis 1 Caso 1.

Para comprobar que efectivamente la fórmula de Lote Económico Corregida es óptima vamos hacer también una prueba con una Q menor, en este caso proponemos Q* = 50,000 para comprobar que el costo total es mayor a $ 475,578

N = D / Q* = 1,000,000 / 50,000 = 20

Fr = 365 / N = 365 / 20 = 18 días

L = Fr – T = 18 – 16 = 2 días.

El proveedor debe tener un tiempo de respuesta no mayor a 2 días para considerar este transporte.

R = F / Q* = 9,000 / 50,000 = $ 0.18

F = U x K = 1000 kms x $ 13 / km = $ 13,000

C = 12.6 y C´= 12.78

Los costos totales para este tamaño de Lote son:

Costos Totales = 0.18 x 1,000,000 + 0.25 x 12.78 x 50000 / 2 + 0.25 x 12.6 x 50000 / 2 + 0.25 x 12.6 x 1,000,000 x 16 / 365

Costos Totales = 476,707

4.8.4 Conclusión General

Los tamaños de lote óptimos calculados por la Fórmula de Lote Económico Corregida que minimizan los costos para cada transporte son:

L máx	Transporte	Q*	Costo Total
31 días	**Aire**	**89,087**	**$ 604,957**
17 días	**Terrestre**	**64,241**	**$ 484,207**
3 días	**Riel**	**53,452**	**$ 496,324**

Tabla 4.31

Con esto confirmamos que el Transporte Terrestre es el óptimo para los datos constantes que manejamos:

D = 1,000,000
I = 25 %
C = 12.6
U = 1000 kms

En la siguiente matriz calculamos los tamaños de lote óptimos al variar el factor I y el Costo Unitario utilizando la Fórmula de Lote Económico Corregido. En colores aparecen los transporte óptimos.
VER ANEXO 7, hoja 1

MATRIZ DE OPTIMIZACIÓN					**agua / riel** terrestre
	Tamaño de Lote Q*				
D =	1,000,000			**U= 1000 kms**	**colores**
C vs I	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	
300	16,997	14,720			
$100.00	29,439	25,495	22,804	20,817	
$40.00	46,547	40,311	36,056	32,914	
$12.60	58,344	48,786	43,644	58,644	
$7.00	75,583	65,485	58,584	78,680	
$1.00	200,000	173,205	154,919	141,421	

Matriz 4.1 (Ver Anexo 7, hoja 1)

Consideremos los siguientes Rangos de C y Factor I

Costos		**Factor I**	
$ 1 - $ 10	**Costo Bajo**	**15 %**	**Bajo**
$ 10 - $ 50	**Costo Mediano**	**20 – 25 %**	**Mediano**
$ 50 – x	**Costo alto**	**30 %**	**Alto**

Conviene usar Aire cuando

- ✓ Existe una combinación muy alta de costo unitario y alta de factor I

Conviene usar Terrestre cuando

- ✓ Existe una combinación mediana de costo y mediana de factor I
- ✓ Existe una combinación baja de costo y alta de factor I

Conviene usar Agua / Riel cuando

- ✓ Existe una combinación baja de costo y baja de factor I
- ✓ Existe una combinación mediana de costo y baja de factor I

En la siguiente matriz calculamos los tamaños de lote óptimos al variar la Ubicación del Proveedor utilizando la Fórmula de Lote Económico Corregido. En colores aparecen los transporte óptimos.
VER ANEXO 7, hoja 2

MATRIZ DE OPTIMIZACIÓN					**agua / riel**
					terrestre
	Tamaño de Lote Q*				
D =	1,000,000	**U = 3000 kms**			**colores**
C vs I	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	
300	29,439				
$100.00	50,990	44,159	39,497	36,056	
$40.00	80,623	69,821	62,450	57,009	
$12.60	97,590	84,515	111,270	101,575	
$7.00	130,931	113,369	101,419	136,277	
$1.00	346,410	300,000	268,328	244,949	

Matriz 4.2 (Ver Anexo 7, hoja 2)

Ubicación: Impacto en la Fórmula General, T (tiempo de tránsito) y F (costo de flete)

Si la Ubicación aumenta a 3,000 kms, el rango de Agua / Riel es menor y el del Aire es mayor, es decir, los colores de la matriz tienen un desplazamiento hacia abajo.

Si la Ubicación cambia de Extranjero a Nacional, el rango de Agua / Riel es mayor y el del Aire es menor, es decir, los colores de la matriz tienen un desplazamiento hacia arriba.

De acuerdo a las conclusiones del Análisis 4 inferimos lo siguiente:

Demanda: Impacto en la Fórmula General, D.

Si la Demanda aumenta de 1,000,000 de piezas, el rango de Agua / Riel es menor y el del Aire es mayor, es decir, los colores de la matriz tienen un desplazamiento hacia abajo

Si la Demanda disminuye de 1,000,000 de piezas, el rango de Agua / Riel es mayor y el del Aire es menor, es decir, los colores de la matriz tienen un desplazamiento hacia arriba.

4.9 Comparación a diferentes precios por el tamaño de lote

Criterio: Lote Mínimo de Punto de Quiebre

Si tenemos los siguientes datos para una determinada materia prima:

Tamaño de Lote	Costo Unitario
0-50,000	$ 19
50,001 -99,999	$ 15
Mayor a 100,000	$ 12

Tabla 4.32

El punto de quiebre significa un rango de tamaño de lote en que se fija un costo unitario, para ciertos rangos el costo unitario es menor siguiendo el patrón de que a medida que aumenta el tamaño de lote disminuye el costo unitario.

Para calcular si conviene explotar economías de escala se desarrollará siguiente procedimiento:

Comparar el ahorro de costo unitario vs costo de mantener inventarios y transporte

COSTO TOTAL = Costo de Transporte + Costo Mantener – Ahorro Total

COSTO TOTALi = N x F + I x C x Q / 2 – D x (Calto – Ci)

Donde i = alto, medio, bajo para los diferentes costos unitarios

Definir constantes

Y = 1
D= 1,000,000
I = 25 %
Fr = iteración desde 15 días hasta 6 meses
Q = D / Fr
N = 365 / Fr
N = 12
Q = 1,000,000 / 12 = 83,333 piezas
U = 1000 kms
W = 1

Transporte Terrestre
K = $13 / km
F = $ 13,000

VARIABLES

Calto $ 12
Cbajo $ 19

P = Período = 6 meses a evaluar

Di = D x P / 12 = 1,000,000 x 6 / 12 = 500,000 proporcional al período

Q es proporcional a la frecuencia
Q = 1,000,000 x Fr / 365

La frecuencia se va iterar.

C = Costo es proporcional a Q

Ahorro = (Calto – Cbajo)
Ahorro Total = Ahorro x Di

Ni = P / Fr = número de transportes en el período

Costo de Transporte = F x Ni
Costo de Mantener = IxCxQ / 2

4.9.1 Ahorro Intermedio

Ejemplo C = 12, para FR = 1 mes y P = 6 meses

Di = 500,000
Q = 83,333
C = 15
Ahorro= $19 - $15 = $ 4
Ahorro Total = $ 4 x 500,000 = 2,000,000
Ni = P / Fr = 6 meses / 1 mes = 6
Costo de Transporte = F x Ni = 13,000 x 6 = $ 78,000
Costo de Mantener = I x C x Q / 2 = 0.25 x 15 x 83,333 = $ 156,249

COSTO TOTAL = Costo de Transporte + Costo Mantener – Ahorro Total
COSTO TOTAL = D x S / Q + I x C x Q / 2 – D x (Calto – C)

En la siguiente tabla aparecen los costos totales para diferentes frecuencias:

Transporte Terrestre
Período Total
6 meses

I = 25%
D = 500,000

Fr	Di	Q	C	Fr (días)	Ahorro	Ahorro Total
15 días	500,000	41667	19	15	0	0
1 mes	500,000	83333	15	30	4	2000000
2 meses	**500,000**	**166666**	**12**	**60**	**7**	**3500000**
3 meses	500,000	249999	12	90	7	3500000
4 meses	500,000	333332	12	120	7	3500000
5 meses	500,000	416665	12	150	7	3500000
6 meses	500,000	499998	12	180	7	3500000

Costo mínimo

N	Costo Transporte	Costo de Mantener	Costo TOTAL
12	156000	98957.9	254957.9
6	78000	156249.4	-1765750.6
3	**39000**	**249999.0**	**-3211001.0**
2	26000	374998.5	-3099001.5
2	26000	499998.0	-2974002.0
2	26000	624997.5	-2849002.5
1	13000	749997.0	-2737003.0

Rojo: Costo mínimo

Tabla 4.33 (Ver Anexo 6, hoja 1)

Conclusión: Tomar el time bucket mínimo que satisfaga el mayor ahorro en precios. Una mejor opción es utilizar Q* = 100,000 y Fr = 36 días. El costo total es: - 3,285,000

Cuando C está dentro de un rango mediano, el tamaño de lote debe ser el mínimo que explote el precio menor para obtener un mayor ahorro, por lo tanto Fr también es mediano. Se necesita de un tamaño de lote mínimo que explote el mejor precio de tal forma que el ahorro de ese tamaño de lote es suficiente para obtener el menor costo total ya que un lote mayor aumenta mucho el costo de mantener inventarios y un lote menor aumenta el costo total al no explotar un precio menor. El mínimo lote sería de 100,000 piezas, el cual tiene el menor precio de $ 12

4.9.2 Ahorro Bajo

ITERANDO COSTOS BAJOS

Si tenemos los siguientes datos para una determinada materia prima:

Tamaño de Lote	Costo Unitario
0-50,000	$ 1.9
50,001 -99,999	$ 1.5
Mayor a 100,000	$ 1.2

Tabla 3.31

Estos costos son 10 veces menores al del ejercicio anterior y tenemos;

Transporte Terrestre
Período Total
6 meses

I = 25%
D = 500,000

Perido I	D	Q	C	Fr (días)	Ahorro	Ahorro Total
15 días	500,000	41667	1.9	15	0	0
1 mes	500,000	83333	1.5	30	0.4	200000
2 meses	500,000	166666	1.2	60	0.7	350000
3 meses	**500,000**	**249999**	**1.2**	**90**	**0.7**	**350000**
4 meses	500,000	333332	1.2	120	0.7	350000
5 meses	500,000	416665	1.2	150	0.7	350000
6 meses	500,000	499998	1.2	180	0.7	350000

Costo mínimo

N	Costo Transporte	Costo de Mantener	Costo TOTAL
12	156000	9895.8	165895.8
6	78000	15624.9	-106375.1
3	39000	24999.9	-286000.1
2	**26000**	**37499.9**	**-286500.2**
2	26000	49999.8	-274000.2
2	26000	62499.8	-261500.3
1	13000	74999.7	-262000.3

Costo mínimo

Tabla 4.34 (Ver Anexo 6, hoja 2)

Conclusión: En este caso el costo unitario no es tan significativo tal que se requiere de un tamaño de lote mayor para obtener un mayor ahorro.

Cuando C es chico, el tamaño de lote debe ser mayor para obtener un mayor ahorro, por lo tanto Fr también es mayor. Debido a que los costos unitarios son bajos, y el ahorro es pequeño, en este caso se necesita de un tamaño de lote mayor al lote mínimo que explota el mejor precio de tal forma que haga que el ahorro sea mayor para que compense los costos de mantener y transportar el inventario.

4.9.3 Ahorro Alto

Si tenemos los siguientes datos para una determinada materia prima:

Tamaño de Lote	Costo Unitario
0-50,000	$ 190
50,001 -99,999	$ 150
Mayor a 100,000	$ 120

Tabla 4.35

Estos costos son 10 veces mayores al del ejercicio inicial y tenemos;

Transporte Terrestre
Período Total
6 meses

I = 25%
D = 500,000

Perído I	D	Q	C	Fr (días)	Ahorro	Ahorro Total
15 días	500,000	41667	190	15	0	0
1 mes	500,000	83333	150	30	40	20000000
2 meses	**500,000**	**166666**	**120**	**60**	**70**	**35000000**
3 meses	500,000	249999	120	90	70	35000000
4 meses	500,000	333332	120	120	70	35000000
5 meses	500,000	416665	120	150	70	35000000
6 meses	500,000	499998	120	180	70	35000000

Costo mínimo

N	Costo Transporte	Costo de Mantener	Costo TOTAL
12	156000	989579.4	1145579.4
6	78000	1562493.8	-18359506.3
3	**39000**	**2499990.0**	**-32461010.0**
2	26000	3749985.0	-31224015.0
2	26000	4999980.0	-29974020.0
2	26000	6249975.0	-28724025.0
1	13000	7499970.0	-27487030.0

Costo mínimo

Tabla 4.36 (Ver Anexo 6, hoja 3)

Conclusión: En este caso el costo unitario es muy significativo tal que los costos de mantener inventario son mayores al ahorro, por lo tanto se requiere el menor tamaño de lote para obtener un mayor ahorro.

Cuando C es grande, el tamaño de lote debe ser el mínimo que explote el precio menor para obtener un mayor ahorro, por lo tanto Fr también es mediano.

Se necesita de un tamaño de lote mínimo que explote el mejor precio de tal forma que el ahorro es suficiente para obtener el menor costo total ya que un lote mayor aumenta mucho el costo de mantener inventarios y un lote menor aumenta el costo total al no explotar un precio menor. El mínimo lote sería de 100,000 piezas, el cual tiene el menor precio de $ 12

4.9.4 Tendencias

- ✓ A medida que el ahorro sea grande entre los puntos de quiebre se favorece el utilizar el mínimo lote que aproveche el mejor costo unitario

- ✓ A medida que el ahorro sea pequeño entre los puntos de quiebre se favorece el utilizar lotes pequeños con entregas frecuentes ya que el costo de mantener inventarios es mayor al ahorro.

ANEXO 7

ANEXO 7

HOJA 1

ANEXO 7A (HOJA 1)

Datos Constantes

D	1,000,000
U	1,000
W	1

	agua	riel	terrestre	aire
F	6000	9000	13000	25,000
T	21	16	6	2

Datos Variables

C	I
$100.00	**15%**
$40.00	**20%**
$12.60	**25%**
$7.00	**30%**
$1.00	

Q* óptima = sqrt (D*F / I*C)

CT = fórmula general

C	I	Q*agua	Q*riel	Q*terrestre	Q*aire	CTagua	CTriel	CTterrestre	CTaire	Q* óptimo	Transporte Óptimo	CT Óptimo
$300	**15%**	11547	14142	16997	23570	$3,628,722	$3,246,070	**$2,270,407**	$2,369,771	16997	Terrestre	$2,270,407
$100.00	**15%**	20000	24495	29439	40825	$1,463,464	$1,393,056	**$1,130,726**	$1,308,812	29439	Terrestre	$1,130,726
$40.00	**15%**	31623	38730	46547	64550	$725,129	$728,447	**$658,175**	$809,348	46547	Terrestre	$658,175
$12.60	**15%**	56344	69007	82936	115011	**$322,169**	$344,369	$345,540	$446,972	56344	Agua/Riel	$322,169
$7.00	**15%**	75593	92582	111270	154303	**$219,606**	$241,125	$251,902	$331,665	75593	Agua/Riel	$219,606
$1.00	**15%**	200000	244949	294392	408248	**$69,080**	$80,735	$91,758	$125,171	200000	Agua/Riel	$69,080
$300	**20%**	10000	12247	14720	20412	$4,652,655	$4,100,731	**$2,753,954**	$2,780,757	14720	Terrestre	$2,753,954
$100.00	**20%**	17321	21213	25495	35355	$1,844,105	$1,726,140	**$1,349,871**	$1,526,303	25495	Terrestre	$1,349,871
$40.00	**20%**	27386	33541	40311	55902	$899,052	$888,241	**$777,787**	$940,763	40311	Terrestre	$777,787
$12.60	**20%**	48795	59761	71824	99602	**$391,513**	$412,563	$404,719	$518,304	48795	Agua/Riel	$391,513
$7.00	**20%**	65465	80178	96362	133631	**$264,451**	$286,769	$294,128	$384,337	65465	Agua/Riel	$264,451
$1.00	**20%**	173205	212132	254951	353553	**$81,389**	$94,520	$106,568	$145,017	173205	Agua/Riel	$81,389
$300.00	**25%**	8944	10954	13166	18257	$5,657,459	$4,931,964	$3,209,343	**$3,152,697**	18257	Aire	$3,152,697
$100.00	**25%**	15492	18974	22804	31623	$2,213,703	$2,045,699	**$1,552,759**	$1,721,250	22804	Terrestre	$1,552,759
$40.00	**25%**	24495	30000	36056	50000	$1,065,990	$1,039,481	**$887,119**	$1,057,920	36056	Terrestre	$887,119
$12.60	**25%**	43644	53452	64242	89087	**$456,937**	$475,956	$458,128	$581,634	43644	Agua/Riel	$456,937
$7.00	**25%**	58554	71714	86189	119523	**$306,374**	$328,835	$332,054	$431,044	58554	Agua/Riel	$306,374
$1.00	**25%**	154919	189737	228035	316228	**$92,593**	$106,952	$119,752	$162,609	154919	Agua/Riel	$92,593
$300.00	**30%**	8165	10000	12019	16667	$6,648,676	$5,746,555	$3,644,733	**$3,496,901**	16667	Aire	$3,496,901
$100.00	**30%**	14142	17321	20817	28868	$2,575,456	$2,355,649	**$1,744,100**	$1,900,184	20817	Terrestre	$1,744,100
$40.00	**30%**	22361	27386	32914	45644	$1,227,967	$1,184,644	**$989,147**	$1,164,949	32914	Terrestre	$989,147
$12.60	**30%**	39841	48795	58644	81325	$519,577	$535,939	**$507,438**	$639,279	58644	Terrestre	$507,438
$7.00	**30%**	53452	65465	78680	109109	$346,221	$368,359	**$366,925**	$473,514	78680	Terrestre	$346,221
$1.00	**30%**	141421	173205	208167	288675	**$103,013**	$118,424	$131,781	$178,599	141421	Agua/Riel	$103,013

ANEXO 7B (HOJA 1)

MATRIZ DE OPTIMIZACIÓN

Tamaño de Lote Q*

D = 1,000,000

C vs I	15%	20%	25%	30%
300	16,997	14,720		
$100.00	29,439	25,495	22,804	20,817
$40.00	46,547	40,311	36,056	32,914
$12.60	56,344	48,795	43,644	58,644
$7.00	75,593	65,465	58,554	78,680
$1.00	200,000	173,205	154,919	141,421

agua / riel

terrestre

colores

ANEXO 7

HOJA 2

ANEXO 7A (HOJA 2)

Datos Constantes

D	1,000,000
U	3,000
W	2

	agua	riel	terrestre	aire
F	18000	27,000	39,000	75,000
T	42	32	12	4

Datos Variables

C		I	
	$100.00		**15%**
	$40.00		**20%**
	$12.60		**25%**
	$7.00		**30%**
	$1.00		

Q* óptima = sqrt (D*F / I*C)

CT = fórmula general

C	I	Q*agua	Q*riel	Q*terrestre	Q*aire	CTagua	CTriel	CTterrestre	CTaire	Q* óptimo	Transporte Óptimo	CT Óptimo
$300	**15%**	20000	24495	29439	40825	$6,979,432	$6,151,771	**$4,131,905**	$4,173,010	29439	Terrestre	$4,131,905
$100.00	**15%**	34641	42426	50990	70711	$2,766,608	$2,589,886	**$2,025,782**	$2,291,329	50990	Terrestre	$2,025,782
$40.00	**15%**	54772	67082	80623	111803	$1,349,028	$1,333,037	**$1,167,656**	$1,413,019	80623	Terrestre	$1,167,656
$12.60	**15%**	97590	119523	143649	199205	**$587,720**	$619,520	$608,054	$779,331	97590	Agua/Riel	$587,720
$7.00	**15%**	130931	160357	192725	267261	**$397,126**	$430,829	$442,168	$578,380	130931	Agua/Riel	$397,126
$1.00	**15%**	346410	424264	509902	707107	**$122,533**	$142,455	$160,827	$219,401	346410	Agua/Riel	$122,533
$300	**20%**	17321	21213	25495	35355	$8,984,371	$7,808,558	$5,035,914	**$4,907,675**	35355	Aire	$4,907,675
$100.00	**20%**	30000	36742	44159	61237	$3,503,170	$3,225,819	**$2,427,786**	$2,676,168	44159	Terrestre	$2,427,786
$40.00	**20%**	47434	58095	69821	96825	$1,681,295	$1,633,586	**$1,384,053**	$1,644,365	69821	Terrestre	$1,384,053
$12.60	**20%**	84515	103510	124403	172516	**$717,730**	$745,321	$713,742	$904,599	84515	Agua/Riel	$713,742
$7.00	**20%**	113389	138873	166905	231455	**$480,386**	$514,284	$517,260	$670,917	113389	Agua/Riel	$480,386
$1.00	**20%**	300000	367423	441588	612372	**$144,814**	$167,204	$187,111	$254,641	300000	Agua/Riel	$144,814
$300.00	**25%**	15492	18974	22804	31623	$10,956,177	$9,424,767	$5,891,155	**$5,574,709**	31623	Aire	$5,574,709
$100.00	**25%**	26833	32863	39497	54772	$4,220,603	$3,838,323	**$2,801,635**	$3,021,960	39497	Terrestre	$2,801,635
$40.00	**25%**	42426	51962	62450	86603	$2,001,463	$1,919,318	**$1,582,642**	$1,851,015	62450	Terrestre	$1,582,642
$12.60	**25%**	75593	92582	111270	154303	$840,951	$862,806	**$809,436**	$1,016,007	111270	Terrestre	$809,436
$7.00	**25%**	101419	124212	149284	207020	**$558,585**	$591,541	$584,903	$753,122	101419	Agua/Riel	$558,585
$1.00	**25%**	268328	328634	394968	547723	**$165,181**	$189,610	$210,578	$285,976	268328	Agua/Riel	$165,181
$300.00	**30%**	14142	17321	20817	28868	$12,904,449	$11,012,152	$6,711,753	**$6,193,704**	28868	Aire	$6,193,704
$100.00	**30%**	24495	30000	36056	50000	$4,924,449	$4,434,187	**$3,155,482**	$3,340,017	36056	Terrestre	$3,155,482
$40.00	**30%**	38730	47434	57009	79057	$2,313,038	$2,194,525	**$1,768,581**	$2,040,123	57009	Terrestre	$1,768,581
$12.60	**30%**	69007	84515	101575	140859	$959,348	$974,384	**$898,030**	$1,117,569	101575	Terrestre	$898,030
$7.00	**30%**	92582	113389	136277	188982	$633,188	$664,395	**$647,255**	$827,989	136277	Terrestre	$633,188
$1.00	**30%**	244949	300000	360555	500000	**$184,190**	$210,351	$232,046	$314,538	244949	Agua/Riel	$184,190

ANEXO 7A (HOJA 2)

MATRIZ DE OPTIMIZACIÓN

Tamaño de Lote Q*

D = 1,000,000 U = 3000 kms

C vs I	15%	20%	25%	30%
$300.00	29,439			
$100.00	50,990	44,159	39,497	36,056
$40.00	80,623	69,821	62,450	57,009
$12.60	**97,590**	**84,515**	111,270	101,575
$7.00	**130,931**	**113,389**	**101,419**	136,277
$1.00	**346,410**	**300,000**	**268,328**	**244,949**

agua / riel

terrestre

colores