

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Instituto de Ciencias Matemáticas

DISEÑO DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO MULTINIVEL PARA UN
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS
(PROVEEDOR-CD-CLIENTE)

INFORME DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

(dentro de una materia de la malla)

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Presentado por

HAMILTON MENDOZA MUÑOZ

OMAR RINCÓN PIN

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2012

AGRADECIMIENTOS

Cuando terminé mi secundaria uno de mis objetivos era graduarme de Ingeniero pero la Guía y Confianza que Dios me dio, hizo que me inscribiera en una de las mejores universidades y decidiera estudiar la ingeniería que estoy terminando.

Este proceso de formación se lo agradezco:

A Dios, por haberme dado todas esas fuerzas y fortaleza para salir adelante en las metas propuestas.

A mi familia por el apoyo brindado durante esta etapa de formación.

Al Ing. Víctor Vega por su innegable ayuda durante sus enseñanzas y consejos brindados como profesional y amigo.

A mis profesores por haber impartido toda su sapiencia en las materias impartidas.

A mis amigos en especial a Omar Rincón por haber compartido los buenos y malos momentos durante esta ardua tarea.

A las personas que estuvieron de manera directa e indirecta ayudando desde el inicio hasta el fin de esta etapa.

Hamilton Israel Mendoza Muñoz

AGRADECIMIENTOS

A mi papa Dios, por la gracia y misericordia que tiene para mí y con los míos, por las bendiciones inmerecidas que día a día recibo de Él y que permitieron el éxito de este proyecto. A mi familia, que con su amor y comprensión supieron ayudarme y motivarme durante este proceso de graduación. A mis profesores que gracias a sus conocimientos, experiencia profesional y calidez humana hicieron que esta etapa de aprendizaje coseche en mi éxito para toda la vida. Me permito agradecer especialmente a los Masters y grandes amigos, Víctor Vega y Guillermo Baquerizo, por su pronta disposición para guiarnos durante el desarrollo de este exitoso proyecto.

A mis amigos, quienes aun en mi ausencia estuvieron brindándome su apoyo incondicional y afecto fraternal, logrando que cada día cuando todo empezaba a tornarse gris, de pronto sus buenos deseos pintaran de color el día. A mi fiel compañero de estudio y mejor amigo, Hamilton Mendoza, con quien desarrollé este proyecto, por su amistad y paciencia que contribuyeron para que esta tarea final sea cumplida a cabalidad.

Omar G. Rincón Pin

DEDICATORIA

A Dios, por haber permitido cumplir un objetivo más de mi vida y que da el preámbulo a una nueva meta que con tenacidad se podrá llegar.

A mis padres, Israel Mendoza y Lourdes Muñoz que han sido el cimiento para mi formación, que de manera invaluable han hecho que desarrolle perspectivas trazadas en nosotros.

A mi preciosa familia Cynthia y Dalita por haber soportado mis ausencias durante el proceso del proyecto. Gracias amores.

Hamilton Mendoza Muñoz

La culminación de una meta, emancipa el nacimiento de otra. Es ahí cuando la sed de conocimiento nos lleva a volar por terrenos que muchos imaginaron, pero pocos avistaron.

Hoy cierro un capítulo de mi vida que sin lugar a dudas me abrirá muchas puertas que permitirán que el tránsito por esta vida sea mucho más interesante. Cierro esta etapa, no sin antes mirar atrás y permitirme ver momentos que viví y recordaré siempre. Momentos que por la gracia de Dios permitieron que una mujer llene de fuerzas mi vida, de quien hablo es mi madre.

Dedico este trabajo a la mujer que Dios utilizó para traerme a este mundo. Persona invaluable que con su sabiduría y conocimientos supo hacer de mí el hombre que hoy escribe estas palabras. Todo lo que soy se lo debo a Dios, a su infinita gracia y a mis padres, pues soy reflejo del infinito amor que ellos días a día me entregan.

Omar G. Rincón Pin

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

M. Sc. Guillermo Baquerizo Palma

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE
GRADUACIÓN**
(dentro de una materia de la malla)

PhD. Kleber Barcia Villacreses

DELEGADO DEL ICM

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Trabajo final de graduación de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

Hamilton Mendoza Muñoz

Omar Rincón Pin

RESUMEN

En términos económicos, los inventarios representan el mayor de los activos circulantes de toda empresa, es ahí donde se concentra gran cantidad de dinero invertido por parte de los accionistas. Dadas estas razones es necesario el control oportuno del mismo, estos controles indicarán el estado de la situación económica de la empresa.

La presencia de los inventarios es imprescindible a lo largo de la cadena de suministros en varias formas y por diferentes razones que hacen necesario se ejerza un control científico que ayude a mantener los niveles necesarios de existencias con el fin de optimizar costos que permitan maximizar ganancias.

El presente proyecto diseña una política de inventario multinivel que provea un óptimo cercano del nivel de punto de re-orden y de la cantidad de pedido en los minoristas y en la bodega respectivamente. El objetivo es minimizar el costo total logístico.

El modelo que se utilizó para diseñar la política, integra y analiza tres componentes fundamentales en toda cadena de suministro, tales como: el inventario en los minoristas, la demanda en proceso en la bodega y el inventario en la bodega.

ABSTRACT

In economic terms, inventories represent the greatest assets of any company, that's where a great amount of money is concentrated by investors. Because of these reasons it is necessary to timely control of it, these controls indicate the state of the economic situation of the company.

The presence of inventories is essential throughout the supply chain in various ways and for different reasons that require carrying out a scientific monitoring to help maintain the required levels of stocks in order to optimize costs to maximize profits.

This project designs a multi-echelon inventory policy that provides a near optimal level of re-order point and order quantity at the retailers and warehouse respectively. The objective is to minimize the total logistics cost.

The model that was used to design the inventory policy integrates and analyzes three key components in any supply chain such as: inventory at retailers, the demand process in the warehouse and inventory in the warehouse.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	V
DECLARACIÓN EXPRESA.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
ABREVIATURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XV
INDICE DE FIGURAS	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I	20
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.1 Antecedentes	20
1.2 Justificación del Problema.	22
1.3 Hipótesis	23
1.4 Objetivo General.....	24
1.5 Objetivos Específicos.....	24
CAPÍTULO II	25
MARCO CONCEPTUAL	25
2.1 Revisión del Estado del Arte.....	25
2.2 Marco Referencial	28
2.2.1 Introducción.....	28

2.2.2 Costos Del Inventario	29
2.2.3 Decisiones sobre el Inventario	31
2.2.4 Modelos Cuantitativos de Decisión.	32
2.2.5 Modelos de Control del Inventario.....	35
2.3 Pronóstico de la Demanda.....	43
2.4 Formulación Matemática	45
2.5 Linealización del Modelo de Costo Total.....	54
2.6 Herramientas informáticas	57
2.6.1 Introducción.....	57
2.6.2 Experimentación.....	57
2.6.3 Ambiente Computacional.....	58
2.6.4 Software.....	59
2.6.4.1 R.....	60
2.6.4.2 GAMS	61
2.6.5 Hardware	65
CAPÍTULO III	66
PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION	66
3.2 Descripción de la Metodología	69
3.2.1 Definición de los Problemas de Inventario en los Productos Congelados.....	72
3.2.2 Recopilación de Información Requerida.....	72
3.2.3 Análisis de Demanda.....	75
3.2.3.1 Identificación de la Estacionalidad	75
3.2.3.2 Determinación del Modelo de Pronóstico Apropriado	77
3.2.4 Modelización en Gams.....	80

CAPÍTULO IV.....	81
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	81
CAPÍTULO V.....	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
5.1 Conclusiones.....	91
5.2 Recomendaciones.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	95
ANEXO 1	98
ANEXO 2	101
ANEXO 3	108
ANEXO 4	110
ANEXO 5	116
ANEXO 6	118
ANEXO 7	121
ANEXO 8	129

ABREVIATURAS

CD: Distribution Center /Centro de Distribución

EOQ: Economic Order Quantity / Cantidad Económica de Pedido

SKU: Stock-keeping Unit / Unidad de Almacenamiento

ERP: Enterprise Resource Planning / Planificación de Recursos
Empresariales

LT: Lead Time / Tiempo de Entrega o Reposición.

ETAC: Costo Total Anual Esperado

GLOSARIO

- **CD:** Es una infraestructura logística en la cual se almacenan productos y se embarcan órdenes de salida para su distribución al comercio minorista o mayorista.
- **EOQ:** Es un método que, tomando en cuenta la demanda determinística de un producto (es decir, una demanda conocida y constante), el costo de mantener el inventario, y el costo de ordenar un pedido, produce como salida la cantidad óptima de unidades a pedir para minimizar costos por mantenimiento del producto.
- **STOCK:** Cantidad de productos, materias primas, herramientas, etc., que es necesario tener almacenadas para compensar la diferencia entre el flujo del consumo y el de la producción.
- **SKU:** Es un identificador usado en el comercio con el objeto de permitir el seguimiento sistemático de los productos y servicios ofrecidos a los clientes.
- **ERP:** Es una aplicación de software que automatiza e integra tanto los procesos del manejo de un negocio así como la producción y distribución.
- **LEAD TIME:** Espacio de tiempo requerido para realizar un proceso o serie de operaciones. En un contexto logístico se refiere al tiempo

entre el reconocimiento de la necesidad de una orden y el recibo de las mercancías. Los componentes individuales del tiempo de avance incluye el tiempo de preparación de la orden, de espera, de proceso, tiempo para la movilización o transporte, y para la recepción e inspección.

- **Sistema PUSH:** Sistema de empuje, se basa en previsiones de demanda, producción estimada, eficiencia de instalaciones, calidad de productos y procesos, índice de servicio de proveedores.
- **Sistema PULL:** Sistema de arrastre, que controla el flujo de materiales reemplazando solo lo consumido en el proceso siguiente, y elimina de esta manera los costos de stock y sobreproducción.
- **PICKING:** Es el proceso de recogida de material extrayendo unidades o conjuntos empaquetados de una unidad de empaquetado superior que contiene más unidades que las extraídas. En general, cuando se recoge material abriendo una unidad de empaquetado.

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Recursos del Software.....	59
Tabla 2.2 Resumen de los procedimientos implementados.....	63
Tabla 2.3 Recursos del Hardware	65
Tabla 4.1 Costo Total Anual Esperado.....	81
Tabla 4.2 Cantidad óptima de pedido de la bodega.....	83
Tabla 4.3 Cantidad de pedido de los minoristas	85
Tabla 4.4 Productos que la bodega ordena.....	86
Tabla 4.5 Productos que los minoristas ordenan.....	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Red de Distribución del CD	21
Figura 2.1 Método gráfico del EOQ	36
Figura 2.2 Representación Gráfica del Modelo EOQ.....	38
Figura 2.3 Representación Gráfica del Modelo Punto de Re-orden con Demanda Incierta	40
Figura 3.1 Flujo de Recepción – Almacenamiento – Despacho en la Bodega de Productos Congelados	66
Figura 3.2 Supply Chain de Productos Congelados.....	68
Figura 3.3 Esquema de la Metodología utilizada en el proyecto.....	71
Figura 3.4 Método ABC para Productos Congelados	73
Figura 3.5 Comportamiento de la Demanda de los Productos Tipo A	75
Figura 3.6 Demanda del Pulpo Ozeki	78
Figura 3.7 Auto- Correlación de los Residuos de la Serie Temporal.....	79
Figura 3.8 Pronóstico de la Demanda del Pulpo Ozeki	80
Figura 4.1 Análisis del costo total anual del inventario	89

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas lidian diariamente con una serie de problemas de toda índole, desde inconvenientes en la adquisición de materiales de producción hasta la administración de los mismos. Todas estas situaciones ocasionan un gran impacto económico en el capital de la empresa.

Este trabajo está dirigido hacia el área de bodega y/o almacenamiento, área que por muchos años atrás era tomada a la ligera. En la actualidad se ha convertido en punto esencial para una correcta administración de la cadena de abastecimiento y debido control sobre los activos de la empresa.

En el presente trabajo, se diseñará una política de inventario multinivel para un centro de distribución de productos congelados, situado en la ciudad de Guayaquil. Exceso e insuficiencia de inventario, baja calidad de la materia prima dada su caducidad, mermas, robos y desorden son unos cuantos problemas que persiguen a la administración del CD.

La idea de este estudio es aprovechar el know-how y la experiencia logística del CD, empresa de estudio cuyo nombre es guardado en reserva para los fines pertinente. Además, poner en acción los conocimientos científicos adquiridos por los creadores de este proyecto durante la carrera de Ingeniería en Logística y Transporte.

El proyecto está compuesto de 5 capítulos, lo cuales están estructurados sinérgicamente de la siguiente manera:

El primer capítulo presenta la situación actual de la empresa, centro de distribución, que será objeto de análisis durante el estudio; se justifica la necesidad de implementar técnicas científicas de apoyo a la logística para mejorar los niveles de inventario y demás situaciones que enfrenta la empresa. Se presenta la hipótesis y los objetivos que se pretenden cumplir dado el éxito del trabajo.

El segundo capítulo, recopila la información teórica del problema de estudio. Representa la base científica y demás técnicas tales como: *Método ABC*, *Sistemas de revisión de inventario*, *Predicción y Pronóstico de la demanda*, *determinación del EOQ y Punto de Re-orden*, etc., que explícita e implícitamente se implementarán en el estudio. Así como también, el modelo matemático que se aplicará para el diseño de la política de inventario.

El tercer capítulo, muestra el proceso de búsqueda de solución para el problema planteado. De manera organizativa se plantea una serie de procesos correlacionados que desembocan en la modelización y programación matemática de la problemática.

En el cuarto capítulo, se analizan los resultados obtenidos del capítulo anterior, de manera que se evidencien y validen las mejoras obtenidas mediante la política de inventarios planteada.

Por último, en el quinto capítulo se presenta las conclusiones del presente caso de estudio teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos propuestos y los resultados obtenidos en la fase experimental. Así mismo, este capítulo incluye recomendaciones y algunas sugerencias que podrían ayudar a investigadores en trabajos futuros.

Para finalizar, con la creación de una óptima política se lograrán reducir los altos niveles de stock que actualmente se presentan en el CD y a su vez se promoverá una reestructuración a las operaciones básicas con las que se ha administrado el CD hasta la actualidad; mediante la tecnificación de procesos y herramientas informáticas como soporte de toma de decisiones.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La empresa donde se va a realizar el proyecto es un CD que inició sus operaciones hace 20 años en la ciudad de Guayaquil. El giro del negocio está enfocado a brindar servicios logísticos a diferentes líneas de restaurantes, servicios como: almacenar, procesar, preparar pedidos y distribuir.

La jornada diaria del CD inicia a las 05H00 con los despachos de los pedidos de frío a los diferentes restaurantes. Durante dos veces a la semana se realiza la recepción de productos congelados de sus proveedores. En la figura 1.1 se puede visualizar el proceso de distribución de proveedor a bodega y de bodega a restaurante.

Debido a la falta de espacio en los andenes y cumplimiento del proveedor en los horarios asignados en las recepciones, el procedimiento de los despachos y almacenamiento se vuelven caóticos, esto permite que no se realice un seguimiento exhaustivo de los productos a recibir ya que tenemos sistemas manuales de registros de lote, caducidad y trazabilidad de productos.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

El ERP que actualmente se maneja no permite llevar un control en los inventarios que se administra en el CD, debido a que no ofrece suficiente información estadística para tomar decisiones.

Esta problemática se ve reflejada en los errores presentados en los pedidos, despachos y devoluciones de productos congelados, que representan un alto costo por SKU.

Los reportes mensuales demuestran el gran impacto económico que carga la empresa por tener sobre stock y bajas de productos por mala rotación del inventario.

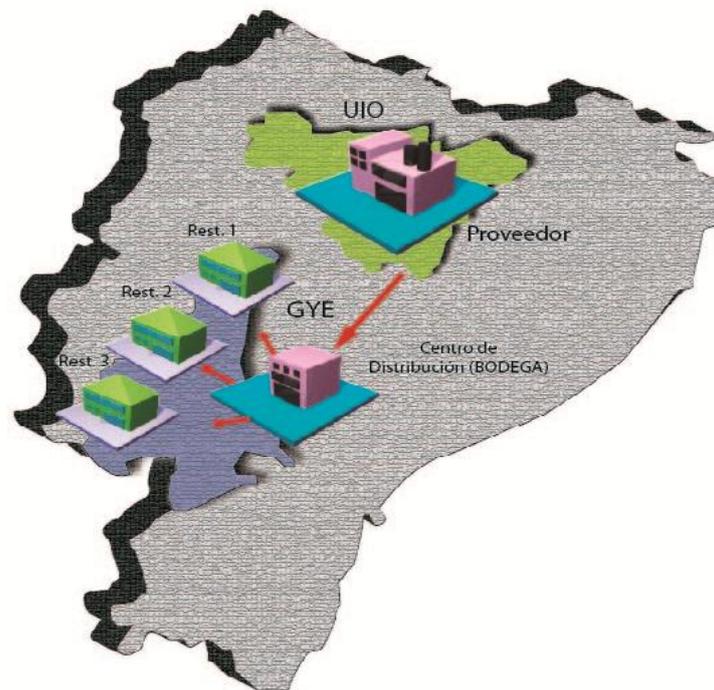


Figura 1. 1 Red de Distribución del CD

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

1.2 Justificación del Problema.

La definición de políticas óptimas de inventario para productos congelados es un aspecto que ha tomado mayor relevancia dentro de la cadena de suministro, debido al impacto económico que representa mantener y distribuir.

Los métodos convencionales apoyados de ERP especializados en este tipo de cálculos ofrecen estimaciones a la definición de dichas políticas. Sin embargo, hoy en día la industria y el proceso mismo ha hecho que se exijan cada vez mayores y mejores datos de confiabilidad y disponibilidad.

Las políticas de Inventario nacen de la necesidad de responder preguntas claves como ¿cuándo? y ¿cuánto? pedir de producto. Conocer las cantidades necesarias para abastecer a un CD, mantener una buena relación con nuestro proveedor y saber la rotación de nuestros productos, es fundamental para brindar el nivel de servicio esperado. He aquí la razón del proyecto.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

1.3 Hipótesis

La implantación de una política de inventario multinivel reducirá los costos de inventario de los productos congelados almacenados en el Centro de Distribución.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

1.4 Objetivo General

Determinar una política óptima que permita reducir los niveles de inventario en el Centro de Distribución.

1.5 Objetivos Específicos

- Identificar problemas que afecten al inventario en la actual cadena de suministro.
- Fomentar métodos de control de inventario para mejorar la cantidad de pedidos.
- Elaborar una política para proveedores el cual garantice cumplimiento de pedidos.
- Valorar en términos económicos el impacto de implantar una nueva política de inventario en el centro de distribución.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

CAPÍTULO II

MARCO CONCEPTUAL

2.1 Revisión del Estado del Arte

En la actualidad existen varios métodos para estimar la cantidad que se debe pedir a los proveedores y mantener en la bodega de manera que se cumpla con las necesidades de la demanda. En cada uno de estos métodos se tiene en cuenta diferentes variables y componentes que distinguen uno de otro.

El control y la optimización de inventarios de productos congelados han pasado a ocupar un lugar importante dentro de la gestión de las empresas que manejan esta línea, debido a los grandes ahorros que allí se puedan presentar.

En la investigación realizada por Gallego, Muriel y Yildiz [\[8\]](#) se hizo un desarrollo matemático para cubrir el problema de un cliente que se enfrenta con órdenes cuya demanda sigue un proceso Poisson, a un costo lineal con un tiempo fijo de reposición asociado L . Mediante el desarrollo, los autores demostraron que una política de nivel de inventario basada de orden en orden es óptima para este caso. El aporte de esta investigación se enfatiza en el tratamiento matemático de la aleatoriedad de la demanda, y en el tratamiento de los LT que son variables y fluctúan dependiendo del caso de asignación de órdenes, para así generar una política de inventario híbrida.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Bhatnagar, Chandra y Goyal [15] enfocaron su investigación en la coordinación de la planeación de la producción para cuando hay múltiples plantas en una empresa integrada verticalmente e identifican los aspectos que deben considerarse para tomar las decisiones de producción e inventario para varias plantas de modo que se logre un óptimo global. Estos aspectos son clasificados de la siguiente manera: 1. Planeación de producción y abastecimiento 2. Planeación de producción y distribución 3. Planeación y distribución de los inventarios. Las principales desventajas de estos trabajos es que se supone que los inventarios de seguridad son nulos, de manera que no se estudia la variabilidad de reposición de materias primas.

El problema de la gestión de inventarios en el contexto de cadenas de abastecimiento, es abordado en la investigación realizada por Lederman [10], y se enfoca en la problemática de determinar políticas óptimas para componentes, cuando existe una superposición entre su demanda y la de los productos finales. En el trabajo se hace profundo análisis de los métodos disponibles para determinar políticas de inventario y de sus dificultades de implantación. El modelo se desarrolla por medio de una simulación en un ambiente de producción de ensamble para órdenes. Las debilidades del modelo consisten en la suposición que los tiempos de reposición entre los nodos son nulos, para efecto de estudio el autor propone que se suponga que correlación entre los LT y las decisiones que se toman en la ocurrencia

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

de dichos períodos, empleando métodos heurísticos para la solución del problema dada su particular complejidad.

Sarmiento y Nagi [1] en la estimación de políticas de inventario en distintos ambientes de producción, describieron los trabajos que se han desarrollado en el análisis integrado de sistemas de producción y distribución, argumentando como los aspectos logísticos han influenciado el campo de trabajo y cuáles son las ventajas competitivas que se obtienen en la integración de las funciones de distribución con las funciones de producción en distintas empresas en los niveles estratégicos y tácticos.

La investigación de Pundor [11] trabaja sobre la simulación de cadenas de abastecimiento para evaluar el impacto de la reprogramación de la producción, en ambientes *Make to Order* y *Make to Stock* y su impacto sobre las necesidades de materia prima y/o componentes.

Teunter [14] describe un sistema híbrido de manufactura/remanufactura con un LT largo para manufactura y un LT corto para la remanufactura, y hacen una revisión bibliográfica de las estrategias de inventarios para sistemas híbridos cuando se asumen LT iguales. La principal contribución de este trabajo es el análisis sobre los LT de manufactura en sistemas *push* o *pull*, enfocado hacia una política de control de inventario de revisión continua (s, Q), en el sistema de manufactura.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.2 Marco Referencial

2.2.1 Introducción

Los problemas de inventario parten de la necesidad de alcanzar objetivos económicos que maximicen el nivel de servicio al cliente durante las operaciones (Proveedor – Centro de Distribución – Cliente), el cual va a permitir medir el nivel de existencia de productos congelados en los eslabones mencionados.

Determinar los niveles de inventario que deben mantenerse, establecer en qué momento se realiza el requerimiento y en qué cantidades deben reaprovisionarse, es como se define una **Política de Inventario**.

Una **Política de Inventario** se encarga de responder a las preguntas:

- *¿Cuánto se debe ordenar?*
- *¿Cuándo se deben colocar los pedidos?*

Dentro de la gestión de inventarios existen conceptos que van a definir el tipo de gestión y el estado del inventario:

- **Dimensión del lote.**
- **Costos de mantenimiento, preparación y pedido.**
- **Estado del stock.**
- **Nivel de pedido.**

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.2.2 Costos Del Inventario

Existen tres costos básicos del inventario. Estos son el costo de almacenamiento, el costo de orden y el costo de agotamiento.

➤ **Costo de almacenamiento**

Es el más importante y el de mayor magnitud en la mayoría de las empresa. Su valor es determinado por el tamaño del inventario que hay en existencia en las bodegas y por el espacio de tiempo que el mismo se conserva. Se expresa como un porcentaje con relación al valor de la inversión promedio.

El costo en mención se compone de dos rubros:

- Todo costo que surge como consecuencia del mantenimiento físico y protección del inventario. Dentro de esta clasificación se incluyen alquileres, depreciaciones, seguros, electricidad, teléfono, mantenimiento, mermas, pérdidas por bajas, obsolescencia o robo.
- El costo del capital invertido en el inventario. Su valor depende de la naturaleza del capital utilizado. Si se usa financiamiento externo, el costo lo determina la tasa de interés pagada por el dinero prestado. Si el capital es propio, su valor lo determina el costo de oportunidad: las ganancias dejadas de percibir por no invertir en otra opción.

➤ **Costo de orden o reposición.**

Este incluye el total de costos que se originan cada vez que se ordena un abastecimiento del inventario. Su valor se mide cuantificando los costos del

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

tiempo invertido por el personal para generarlo, la papelería utilizada, los medios de comunicación usados para realizarlo y cualquier otro costo relacionado. En la mayoría de los casos, el monto del costo no tiene relación con el tamaño de la orden, pero su importe puede variar de acuerdo con el número de pedidos colocados en un periodo de tiempo determinado.

➤ **Costo de agotamiento.**

Éste es determinado por las ventas no realizadas por carecer de existencias en el momento que se recibe el pedido y se cuantifica con el valor de las ganancias dejadas por no tener la capacidad de atender un pedido cuando el cliente lo ha requerido.

El costo de agotamiento es inaceptable para el Jefe de Supply Chain, pues va más allá de la pérdida por una venta no realizada. Cada venta desatendida implica un cliente insatisfecho, lo cual puede trascender en la pérdida definitiva del comprador potencial y la consecuente disminución de ventas futuras. De aquí la gran importancia de mantener siempre artículos disponibles para tender la demanda de los clientes.

Este costo puede eliminarse con la implementación de una política de inventarios que no admita faltas imprevistas de mercancías. Con esta medida, el administrador deberá tomar sus decisiones basándose en los costos de almacenamiento y de orden.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.2.3 Decisiones sobre el Inventario

La importancia de mantener inventario y la existencia de los costos relacionados al mismo lleva al Jefe de Supply Chain a elegir entre dos alternativas:

- La primera consiste en hacer muchos *pedidos de tamaño pequeño*. Como resultados, se obtienen beneficios ya que disminuye el nivel de inventario promedio y el costo de almacenamiento. Esta elección tiene sus debilidades pues encarece el costo de reposición y añade un mayor riesgo de agotamiento de existencias. Además, implica mayor trabajo y costo administrativos.
- La segunda opción es *realizar pocos pedidos de tamaño grande*. Esta iniciativa disminuye el costo de orden pero incrementa el nivel de inventario promedio y por ende el costo de almacenamiento. Como ventaja adicional se obtiene un menor riesgo de agotamiento que permite enfrentar mejor las variaciones de la demanda.

De acuerdo a las alternativas mencionadas se debe tomar una opción intermedia que equilibre los dos tipos de costos y a la vez le permita satisfacer la demanda sin que se incurra en faltante. Para ello deberá responder las preguntas que menciona en la sección 2.2.1 (Introducción).

Para encontrar la respuesta a éstas y muchas otras interrogantes que surgen en el desarrollo de la gestión de inventarios, quién lidera Supply Chain deberá apoyarse en Modelos Cuantitativos de Decisión.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.2.4 Modelos Cuantitativos de Decisión.

Se basan en métodos matemáticos que permite proporcionar información a la alta gerencia parámetros cuantitativos útiles para la toma de decisiones ecuánimes.

Sus fundamentos se remontan a los estudios iniciales de la Administración Científica llevados a cabo por diferentes personajes a finales del Siglo XIX.

Muchos métodos se basan en los principios desarrollados por la investigación de Operaciones (IO) o Investigación Operativa es conocida como “La ciencia de la toma de decisiones”.

Chrchman, Ackoff y Arnoff, definen a la IO como “la aplicación por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas (hombre-máquina), a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de la organización”.

Una definición más actual, considera que la investigación de operaciones es una rama de las matemáticas que hace uso de modelos matemáticos, estadísticos y algoritmos como herramientas para toma de decisiones. Con frecuencia es utilizada para el estudio de complejos sistemas reales, con la finalidad de mejorar u optimizar su funcionamiento. Se busca que las soluciones obtenidas sean significativamente más eficientes tanto en tiempo, recursos, beneficios como en costos, en comparación a aquellas decisiones tomadas en forma intuitiva o sin el apoyo de herramienta alguna.

Durante el último siglo, se han desarrollado diferentes conjuntos de técnicas de optimización matemática para aprovechar los recursos de los ordenadores. Dentro de estas técnicas está la programación matemática.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

La programación matemática es un término acuñado por Robert Dorfman en 1950 y actualmente es una expresión genérica que comprende la programación lineal, la programación entera, la programación convexa y la programación no lineal entre otras.

En las últimas décadas, la mayor parte de la investigación en el campo de la programación matemática, se ha concentrado en el área de la programación lineal. La contribución en esta área ha sido de tal magnitud que es posible resolver la mayoría de los problemas lineales planteados. Por el contrario, se han propuesto muchos métodos para resolver problemas de programación no lineal, pero el rango de aplicabilidad de los algoritmos no lineales existentes es limitado.

Programación Lineal

La programación lineal es una técnica que se desarrolló en el siglo pasado, la cual consiste en una serie de métodos y procedimientos que permiten resolver problemas de optimización en diferentes ámbitos.

Existen problemas de dos variables (bidimensionales), los cuales son considerados como problemas simples de la programación lineal y con más de dos variables, estos no son tan sencillos por lo que para resolverlos se utiliza el método Simplex, ideado por G. B. Danzang, matemático estadounidense en 1951.

La Programación Lineal, es un procedimiento o algoritmo matemático mediante el cual se resuelve un problema formulado a través de ecuaciones lineales, optimizando la función objetivo que también es lineal. Es decir, consiste en optimizar (maximizar o minimizar) una función objetivo, de tal forma que las variables de dicha

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

función estén sujetas a una serie de restricciones que expresamos mediante un sistema de inecuaciones lineales.

Programación No Lineal

La Programación no Lineal (PNL) es una parte de la Investigación de Operaciones cuya misión es proporcionar una serie de resultados y técnicas tendentes a la determinación de puntos óptimos para una función (función objetivo) en un determinado conjunto (conjunto de oportunidades), donde tanto la función objetivo, como las que intervienen en las restricciones que determinan el conjunto de oportunidades pueden ser no lineales.

Se define a la programación no lineal, como el proceso de resolución de un sistema de igualdades y desigualdades sujetas a un conjunto de restricciones sobre un conjunto de variables reales desconocidas, con una función objetivo a maximizar o minimizar, cuando alguna de las restricciones o la función objetivo no son lineales. Esta característica particular de los modelos no lineales permite abordar problemas donde existen economías o deseconomías de escala o en general donde los supuestos asociados a la proporcionalidad no se cumplen.

La Administración de Centros de Distribución ha tenido grandes beneficios con la aplicación de la Investigación de Operaciones. Dentro de las útiles aplicaciones que se pueden utilizar se encuentran los Modelos de Control del Inventario.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

2.2.5 Modelos de Control del Inventario

Los orígenes del inventario proceden de principios del siglo XX, cuando Ford Harris en 1915, desarrolló el primero de ellos. Su trabajo fue continuado por muchos otros científicos y, a través de los años, los modelos de inventario han ganado trascendencia gracias a los beneficios y ahorros que la aplicación de los mismos facilitan.

En la actualidad, éstos se han convertido en una herramienta imprescindible para realizar la planeación y el control del inventario en todo tipo de organización.

Existe una gran diversidad de estos modelos. El modelo básico y conocido es el de *Cantidad Económico de Pedido (CEP)* o *Economic Order Quantity (EOQ)*. Éste busca encontrar la cantidad de pedido que minimiza el costo total anual del inventario.

Cantidad Económico de Pedido (EOQ)

Este modelo se basa en tres supuestos fundamentales, el primero es que la empresa conoce cuál es la utilización anual de los artículos que se encuentran en el inventario, segundo que la frecuencia con la cual la empresa utiliza el inventario no varía con el tiempo y por último que los pedidos que se colocan para reemplazar las existencias de inventario se reciben en el momento exacto en que los inventarios se agotan.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Métodos de cálculo

La cantidad económica de pedido puede calcularse por dos métodos principalmente, uno de tipo gráfico y otro de tipo matemático, a continuación se presentan sus fundamentos.

Método gráfico

La cantidad económica de pedido se puede encontrar gráficamente representando Cantidad de pedido sobre el eje **X** y los Costos sobre el eje **Y**.

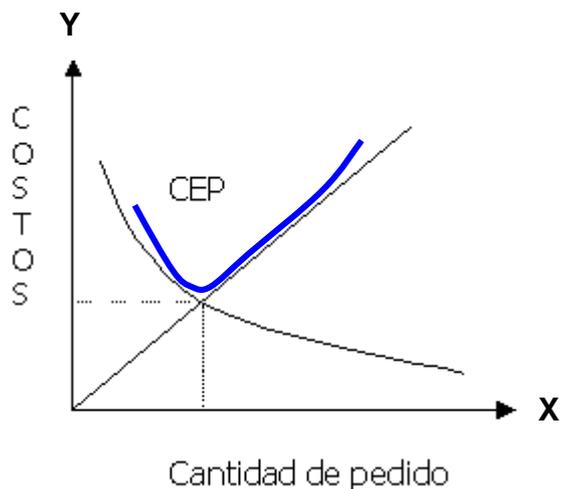


Figura 2.1 Método gráfico del EOQ

Así se aprecian los siguientes aspectos:

- 1º. La función de Costo de pedido varía a la inversa con el monto del pedido, esto se explica por el hecho de que como la utilización anual es fija, si se piden cantidades mayores, hay menos pedidos y en consecuencia se incurren en menos costos.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

- 2º. Los Costos de mantenimiento de inventario están directamente relacionados con las cantidades del pedido.
- 3º. La función de Costo total tiene forma de "U", lo cual significa que existe un valor mínimo de la función.
- 4º. La línea de costo total representa la suma de los costos de pedido y costos de mantenimiento de inventario para cada monto de pedido.
- 5º. La función total de costo es de muy poca pendiente, lo cual indica que el costo total es relativamente indiferente a pequeñas desviaciones que se apartan de la CEP.

Método matemático

Se define que:

Q = Cantidad del pedido (número de unidades)

D = Índice de la demanda (unidades por tiempo de unidad)

t_0 = Duración del ciclo de pedidos (unidades de tiempo)

Utilizando estas notaciones, el nivel de inventario sigue el patrón representado en la Figura 2.2.

Se hace un pedido de un volumen de Q unidades y se recibe al instante cuando el nivel del inventario es cero. De esta manera, las existencias se agotan de manera uniforme según el índice de la demanda constante D.

El ciclo de pedidos para este patrón es $t_0 = \frac{Q}{D}$ unidades de tiempo.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

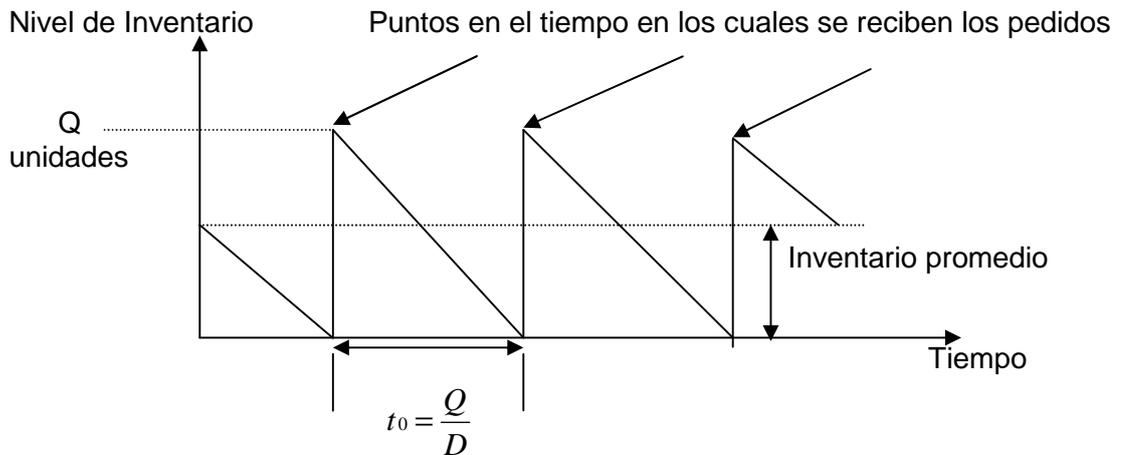


Figura 2.2 Representación Gráfica del Modelo EOQ

El nivel resultante del inventario promedio se da como nivel del inventario promedio $\frac{Q}{2}$ unidades.

El modelo del costo requiere dos parámetros.

K = costo de preparación asociado con la colocación de un pedido (dólares por pedido).

h = costo de almacenamiento (dólares por unidad del inventario por tiempo de unidad).

Por consiguiente, el Costo Total Por Unidad de Tiempo (CTU) se calcula como:

CTU (Q) = Costo de preparación por unidad de tiempo + costo de almacenamiento por unidad de tiempo.

$$CTU (Q) = \frac{\text{Costo de preparación} + \text{Costo de almacenamiento por ciclo } t_0}{t_0}$$

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

$$CTU(Q) = \frac{K + h\left(\frac{Q}{2}\right)t_0}{t_0}$$

$$CTU(Q) = \frac{K}{\frac{Q}{D}} + h\left(\frac{Q}{2}\right)$$

El valor óptimo de la cantidad Q del pedido se determina minimizando CTU(Q) respecto a Q. Suponiendo que Q es continua, una condición necesaria para encontrar el valor óptimo de Q es

$$\frac{dCTU(y)}{dy} = -\frac{KD}{y^2} + \frac{h}{2} = 0$$

La condición también es suficiente debido a que CTU (Q) es convexa. La solución

de la ecuación nos da el EOQ, Q* como $Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$

La política del inventario óptimo para el modelo propuesto se resume como

Pedido $Q^* = \sqrt{\frac{2KL}{h}}$ unidades cada $t_0 = \frac{Q^*}{D}$ unidades de tiempo.

Dado que es un modelo simplificado para representar la mayoría de las situaciones de decisión, es un excelente punto de partida para desarrollar modelos de decisión más realistas en situaciones más complejas del mundo real. ¹

Otro modelo es el *Punto de Re-orden Con Demanda Incierta*. Su estructura parte del modelo EOQ, considerando que las variables a evaluar son diferentes pero el objetivo es el mismo.

¹ Moskowitz, op. cit, p. 565

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Modelo de Punto de Re-orden con Demanda Incierta

Se conoce a la demanda durante el tiempo intermedio del reabastecimiento como una distribución normal, con una demanda promedio \bar{X} y una desviación estándar S_d .

Suponiendo que la demanda para un ítem tiene una demanda media de 200 por semana y una desviación estándar semanal de 20 unidades, si el tiempo de entrega es de 4 semanas, se desea acumular la distribución normal de la demanda, la \bar{X} total se calcula multiplicando las \bar{X} individuales por semana por el tiempo de entrega en semanas es decir $\bar{X} * TE = 800$ y la desviación estándar se calcula multiplicando la raíz de TE (tiempo de entrega) por la desviación estándar semanal

$$S'_d = S_i * \sqrt{TE}$$

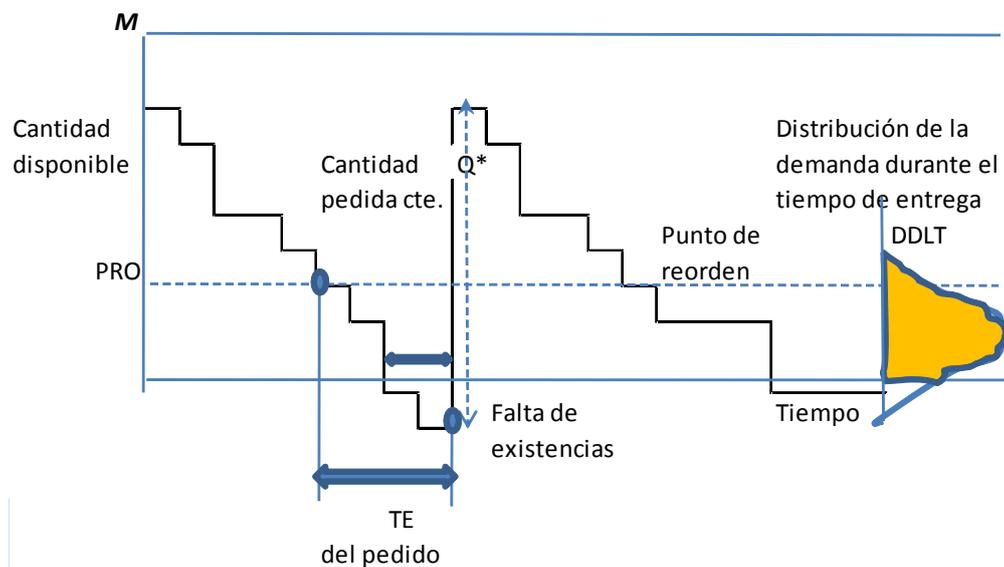


Figura 2.3 Representación Gráfica del Modelo Punto de Re-orden con Demanda Incierta

Dado la importancia de controlar los inventarios sea a nivel de ensamblados o productos terminados, se utilizan diferentes métodos como: tasa de rotación de

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

inventarios, la clasificación ABC y la agrupación de riesgos. Para ellos vamos analizar el segundo método (clasificación ABC) el cual va ser de utilidad para el inventario de productos congelados del Centro de Distribución.

Método ABC de Productos

En 1987 Wilfrido Pareto, un economista italiano, afirmó que el 20% de las personas poseen el 80% de las riquezas. Tal fue el impacto de este principio que actualmente se lo utiliza en muchas cosas y conforma un estilo de gerencia.

En el escenario de la gestión de inventarios, el principio de Pareto significa que unos pocos materiales representan la mayor parte de la inversión de la empresa.

Toda empresa que tenga un gran número de artículos de inventario debe analizar cada uno de ellos para determinar la inversión aproximada por la unidad. Algunos de estos artículos aunque no sean estrictamente costosos tienen una rotación baja y en consecuencia exigen una inversión considerable: por otra parte otros artículos, aunque tienen un costo alto por unidad, rotan con suficiente rapidez para que la inversión necesaria sea relativamente baja.

En la mayoría de las empresas la distribución de artículos del inventario dispone que el 20% corresponde al 80% de la inversión en inventario, mientras que el 80% restante de los artículos corresponden solamente al 20% de dicha inversión, es por ellos que es necesario un método que asigne prioridades a las existencias que maneja la empresa: Método de clasificación ABC.

La aplicación del sistema de costos ABC en una empresa para el control de inventarios se empieza por la clasificación en grupos de artículos así:

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

1. **Los Artículos "A"**: Son aquellos en los que la empresa tiene la mayor inversión, éstos representan aproximadamente el 20% de los artículos del inventario que absorben el 80% de la inversión. Estos son los más costosos o los que rotan más lentamente en el inventario.
2. **Los Artículos "B"**: Son aquellos que les corresponde la inversión siguiente en términos de costo. Consisten en el 40% de los artículos que requieren el 15% de la inversión.
3. **Los Artículos "C"**: Son aquellos que normalmente en un gran número de artículos correspondientes a la inversión más pequeña. Consiste aproximadamente del 40% de todos los artículos del inventario pero solo el 5% de la inversión de la empresa en inventario.

Aquí los porcentajes mencionados son solo indicativos, ya que varían según el tipo de sistema y las necesidades de la empresa. Lo que es realmente importante es el concepto de que el mayor esfuerzo en la realización en la gestión de inventario debe ser enfocado a los productos tipo A, los cuales representan la mayor cantidad de dinero invertido en la empresa, como por ejemplo el control exhaustivo sobre estos para evitar pérdidas y descuadres en la toma de revisiones físicas de inventario.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.3 Pronóstico de la Demanda

El pronóstico de la demanda consiste en realizar una estimación de las futuras ventas, sean éstas en unidades físicas o monetarias, de uno o varios productos, para un periodo determinado.

El objetivo de todo pronóstico de la demanda es permitir al analista elaborar una proyección de ventas y a partir de esta, poder desarrollar demás proyecciones, presupuestos, lograr un mejor control del inventario, mayor coordinación en procesos, minimizar riesgos y demás ventajas que conllevan una buena planificación.

Se pueden elaborar pronósticos bajo diferentes enfoques. Cuando se trata de productos nuevos, donde no existe suficiente información se requiere a la intuición y experiencia profesional, se recurre al *método cualitativo*. Es muy útil cuando el tiempo y el dinero apremian.

Pero, si se cuenta con datos precisos e históricos de productos existentes en el mercado, se elabora un modelo estadístico que sustente el pronóstico y se emplean modelos matemáticos, se recurre al *método cuantitativo*.

Dado el interés de la investigación que se está realizando, se enfocarán esfuerzos en el método cuantitativo y no cualitativo, debido a que se estudiará la demanda como variable de interés con la ayuda de un modelo matemático.

El método cuantitativo se puede clasificar en determinístico o estocástico.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Al pronóstico no realista, es decir que no considera la incertidumbre presente en mismo, se lo denomina *Pronóstico determinístico*. Por otra parte, el pronóstico donde la incertidumbre está presente en forma cualitativa y no cuantitativa, es decir es más realista, se lo denomina *Pronóstico estocástico*.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.4 Formulación Matemática

Modelo de Administración de Inventarios para Cadenas de Abastecimiento: Múltiples Minoristas – Una Bodega – Múltiples Proveedores

Supuestos:

El modelo supone que:

- Un solo producto, con un precio unitario constante, el peso es de un kilogramo (por conveniencia) es almacenado en un sistema de distribución que consiste en idénticos minoristas, una bodega o centro de distribución e idénticos proveedores.
- La demanda diaria en el minorista es estocástica, asume seguir una distribución POISSON con media λ_r .

En el presente caso de estudio, la demanda es determinística.

- Cuando el nivel de inventario se agota hasta el nivel S_r , el minorista coloca un orden Q_r para la bodega.
- Se asume que los plazos de entrega de cada minorista es la suma de 3 componentes:
 - Tiempo constante de procesamiento de órdenes en cada minorista.
 - Tiempo de espera en la bodega en caso de desabastecimiento.
 - Tiempo de tránsito de la bodega al minorista, en donde se asume que es una variable probabilística dada por una función de distribución probabilística.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

- Las demandas del minorista que no se cumplan por parte de la bodega, se las denominará “*ordenes retrasadas o incumplidas*”
- La bodega solicita pedidos de igual cantidades para cada proveedor (el tamaño de lote es dividido en cantidades iguales para cada proveedor).
- La bodega no coloca órdenes, hasta que todas las órdenes previas hayan sido recibidas.
- Bajo el principio de que las tasas de transportación dependen del tamaño de lote del minorista, esto supone que no existirá particionamiento de lotes en la bodega. Es decir, si la bodega tiene menos de la cantidad de orden que requiere el minorista en stock, toda la orden se la denominará “*orden retrasada o incumplida*”
- Las primeras entregas de los proveedores determinan el nivel de servicio en la bodega.
- La bodega coloca órdenes en función de la demanda de los minoristas, es decir todo lo que se oferta a la vez se demanda.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Notación:

r : Minorista. $r = 1, \dots, n$

w : Bodega $w = 1, \dots, n$

N_r : Número de minoristas

P : Número de proveedores

s_r, s_w : Punto de Re-orden en los minoristas y bodega

Q_r, Q_w : Cantidad de pedido en los minoristas y bodega

D_r, D_w : Demanda diaria en cada minorista (con media μ_{D_r}) y en la bodega (con media μ_{D_w})

R_r, R_w : Demanda anual esperada en cada minorista y en la bodega.

$$R_i = 360 \mu_i ; i = r, w$$

T_r, T_w : Tiempo de reposición para el minorista y el “primer tiempo de reposición” de la bodega.

L_r, L_w : Tiempo de transito de la bodega al minorista y de cada uno de los proveedores hacia la bodega con una media μ_{L_r}, μ_{L_w}

Y_r, Y_w : Demanda durante el tiempo de reposición de cada minorista (con media μ_{Y_r}) y de la bodega (con media μ_{Y_w})

ρ_r, ρ_w : Tasa de abastecimiento en cada minorista y en la bodega.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Análisis Inventario a Minoristas

T_r = Lead time total de los minoristas.

γ_r = Tiempo fijo del procesamiento del pedido.

L_r = Tiempo de tránsito desde el almacén a el minorista.

W_r = Tiempo hasta que el almacén se repone por uno de sus proveedores.

$$T_r = \gamma_r + L_r + W_r \quad (1)$$

- El número de destino de pequeñas unidades por ciclo de reposición se puede representar como $(1 - \rho_r) Q_r$.
- Donde ES_r representan las unidades esperadas por ciclo corto de reposición.

El objetivo de servicio, para valores de Q_r y ρ_r , es encontrar S_r tal que

$$ES_r \leq (1 - \rho_r) Q_r \quad (2)$$

- D_r se distribuye Poisson (λ_r)
- Distribución condicional de demanda da $T_r = t_r$ para $t_r = 1, 2, \dots, m$ por lo tanto se la define como Poisson ($\lambda_r t_r$)

$$ES_r(S_r) = \sum_{i=S_r}^{\infty} (i - S_r) e^{-\lambda_r t_r} (\lambda_r t_r)^i / i! \quad (3)$$

La ecuación (3) se puede calcular como:

$$\lambda_r t_r (1 - F_{\lambda_r t_r}(S_r - 1) - S_r (1 - F_{\lambda_r t_r}(S_r))) \quad (4)$$

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

- $F_{\lambda_r t_r}(\cdot)$ es la cdf de la distribución Poisson con media $\lambda_r t_r$

Usando las ecuaciones (3) y (4) las pequeñas unidades esperadas durante el lead time estocástico puede ser calculado como:

$$ES_r = \sum_{t_r=1}^m ES_{t_r}(S_r) P_{t_r} \quad (5)$$

Proceso de la Demanda en la Bodega

$N_r(t)$ = Pedidos realizados por r minoristas en el tiempo t

Los tiempos entre las órdenes tendrá la Erlang - Q_r distribución con media $\frac{Q_r}{\lambda_r}$

$N_w(t)$: Número de pedidos en el almacén en tiempo $[0, t]$, entonces

$$N_w(t) = \sum_{r=1}^{N_r} N_r(t) \quad (6)$$

El proceso de arribo en un almacén sería Poisson con tasa

$$\lambda_w = N_r \lambda_r / Q_r \quad (7)$$

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Análisis del Inventario en la Bodega

$$Q_w (1 - \rho_w) / Q_r \quad (8)$$

ES_w : Representa los pedidos no satisfecho

Para un valor dado de Q_w el objetivo es encontrar S_w tal que

$$ES_w \leq Q_w (1 - \rho_w) / Q_r$$

La elección de Q_w y por lo tanto S_w depende del objetivo general y los costos de minimización.

La demanda periódica del almacén $D_w = \lambda_w$

Observación: Cada demanda del almacén es Q_r unidades

T_w^i Lead time de proveedores $i = 1, \dots, n$

T_w Lead time de los almacenes

$$T_w = \text{Mit} (T_w^1, \dots, T_w^n) + \gamma_w \quad (9)$$

Donde $H(t)$ es cmf de los T_w^i .

El cmf de T_w , $I(t, n)$, se puede representar como $P(T_w \leq t)$, se reduce a

$$I(t, n) = 1 - [1 - H(t)]^n \quad (10)$$

ES_{t_w} representa la escasez esperada durante el Lead time t_w . Puede ser representado como:

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor - CD - Cliente)

$$ES_{t_w}(S_w) = \sum_{i=S_w}^{\infty} (i - S_w) e^{-\lambda_w t_w} (\lambda_w t_w)^i / i! \quad (11)$$

Esta expresión se reduce a

$$ES_{t_w}(S_w, Q_r) = \lambda_w t_w (1 - F_{\lambda_w t_w}(S_w/Q_r - 1)) - \frac{S_w}{Q_r} (1 - F_{\lambda_w t_w}(S_w/Q_r)) \quad (12)$$

Donde $F_{\lambda_w t_w}(\cdot)$ es cdf de la distribución Poisson con media $\lambda_w t_w$. Por lo tanto ES_w ahora puede ser calculado sobre un lead time entero estocástico

$$ES_w = \sum_{t_w}^l ES_{t_w}(S_w, Q_r) P_{t_w} \quad (13)$$

Donde P_{t_w} es la probabilidad de que $T_w = t_w$, $t_w = 1, \dots, l$

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Modelo de Costo Total

Función Objetivo:

El objetivo principal del modelo es minimizar el ETAC en función de Q_w, s_w, Q_r, s_r , es decir, el costo de tener producto con el respectivo punto de reorden.

$$ETAC(Q_w, s_w, Q_r, s_r) = C_o + C_h + C_s \quad (14)$$

ETAC: Expected Total Annual Cost - Costo Total Anual Esperado para el Sistema

C_o : Costo Total de Orden/Pedido

$$C_o = \frac{(a + bp)R_w}{Q_w} + \frac{R_r N_r A_r}{Q_r} \quad (15)$$

Donde a, b son Costos fijos iniciales en la bodega y A_r es el Costo de orden en el minorista.

C_h : Costo Total de Mantenimiento

$$C_h = \left(\mu_{L_w} \mu_{D_w} + \frac{Q_w}{2} + s_w - \mu_{Y_w} \right) U h + \left(\mu_{L_r} \mu_{D_r} + \frac{Q_r}{2} + s_r - \mu_{Y_r} \right) U h N_r \quad (16)$$

Donde $\mu_i \mu_{D_i}$, $\frac{Q_i}{2}$ y $s_i - \mu_{Y_i}$, siendo $i = w, r$; representan el tiempo de transito, los ciclos y stocks de seguridad respectivamente en la bodega y minoristas. El símbolo h es el costo de mantener una unidad por un año.

C_s : Costo Total de Transportación

$$C_s = g\left(\frac{Q_w}{p}\right) R_w + g(Q_r) N_r R_r \quad (17)$$

Donde $g(\cdot)$ Representa una relación funcional entre la tasa de transportación y el tamaño de lote (es decir el peso de cada lote. Se asume que el peso de cada lote es 1 libra).

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

El costo total de transportación es la suma de transportar R_w unidades del proveedor a la bodega y R_r unidades para cada uno de los N_r minoristas.

Restricciones:

Dentro de las principales restricciones se tiene:

- **Nivel de Servicio de la bodega:** Nos indica que el esperado del punto de re orden de la bodega no debe exceder el nuevo pedido que reciba la bodega en base a la demanda del minorista.

$$ES_w \leq \frac{Q_w(1-\rho_w)}{Q_r} \quad (18)$$

- **Nivel de Servicio del minorista:** Manifiesta que el esperado del punto de re orden del minorista no debe exceder a la llegada del nuevo pedido realizado por el minorista.

$$ES_r \leq Q_r(1 - \rho_r) \quad (19)$$

- **Exactitud de Pedido:** La bodega tendrá exactamente la cantidad de pedidos que realizan los minoristas.

$$Q_w = kQ_r \quad (20)$$

- **No permite entregas repetidas de proveedores:** Asegura que las órdenes que emite la bodega para los proveedores no se pueden cruzar con la probabilidad τ .

$$Q_w \geq B\mu_{D_w} \quad (21)$$

- **Variables positivas del modelo**

$$s_w, s_r \geq 1 \quad (22)$$

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.5 Linealización del Modelo de Costo Total

Función Objetivo

C_o : Costo Total de Orden/Pedido

$$C_o = \frac{(a + bp)R_w}{Q_w} + \frac{R_r N_r A_r}{Q_r} \quad (15)$$

La relación $\frac{R_i}{Q_i}$ siendo $i = w, r$, donde R_i es la demanda anual esperada en cada minorista y en la bodega y Q_i la cantidad de pedido de los minoristas y de la bodega, explica la cobertura en unidad de tiempo (semanas) con la que se cumplirán los pedidos demandados respectivamente.

Dado que Q_w y Q_r son variables del modelo, y estas son factores divisores en la ecuación (15), convierten a la misma en una ecuación no lineal con división para cero. Por lo que es necesario linealizar la ecuación:

- Siendo 7 el número de días de la semana, 10 el número de semanas que se pronosticará la demanda, 4 y 1 días el tiempo de reposición de la bodega y minorista respectivamente. Se procede a obtener la cobertura de la demanda en unidad de tiempo, semanas.
- De este análisis se obtuvo el resultado que se presenta a continuación, quedando linealizada la ecuación (15):

$$C_o = (a + bn)(17.5) + N_r A_r (70) \quad (23)$$

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

C_s : Costo Total de

$$\text{Transportación } C_s = g \left(\frac{Q_w}{p} \right) R_w + g(Q_r) N_r R_r \quad (17)$$

Dado que el modelo matemático trabaja con una relación funcional entre la tasa de transportación y el tamaño de lote. Para el caso que presenta el centro de distribución, se procedió a utilizar un modelo de costos de transporte que sostenga el costo de transportar un producto desde el proveedor hacia el centro de distribución y del centro de distribución al minorista. Se detalla a continuación:

- Función de Costos (Proveedor – Centro de Distribución)

Sea: x La capacidad de transportación del vehículo.

k El numero de vueltas del recorrido

R Kilómetros recorridos

$$f(x) = k * \text{Costos Fijos} + \text{Costos Variables} * R \quad (24)$$

$$f(40TM) = 1 * (205) + 420 * (420)$$

$$f(40TM) = \frac{\$379,42}{40000 \text{ Kg}}$$

$$f(x) = 0,00095 \text{ \$/Kg}$$

- Función de Costos (Centro de Distribución - Minoristas)

Siguiendo el mismo proceso matemático mencionado en la parte superior, se

llego al siguiente resultado:

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

$$f(5TM) = \frac{\$64,71}{5000 Kg}$$

$$f(x) = 0,013 \$/Kg$$

Restricciones

$$ES_w \leq \frac{Q_w(1-\rho_w)}{Q_r} \quad (18)$$

Dado que Q_r es una variable a determinar en el modelo, y este factor divide a la expresión en la ecuación (18), convierte a la misma en una ecuación no lineal con división entre cero. Por lo que es necesario linealizar la ecuación, quedando como resultado la siguiente expresión:

$$Q_r ES_w \leq Q_w (1 - \rho_w) \quad (25)$$

Como se explicó anteriormente la ecuación 21, asegura que las órdenes que emite la bodega para los “n” proveedores no se pueden cruzar con la probabilidad τ . Siendo B un número real positivo cuyo valor depende de τ .

$$Q_w \geq B\mu_{D_w} \quad (21)$$

Para el caso de estudio que presentamos, el CD sólo cuenta con un proveedor que provee totalitariamente los productos que este distribuye. De manera que las órdenes de pedido que emite el CD (semanalmente) a su único proveedor tienen probabilidad de cruce cero, pues solo se realizan los pedidos una vez por semana (los días viernes). Como resultado se tiene la siguiente expresión:

$$Q_w \geq \mu_{D_w} \quad (26)$$

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.6 Herramientas informáticas

2.6.1 Introducción

El modelamiento matemático nos permite tener estrategias para el diseño de soluciones generales con problemas de alta complejidad, estos modelos fusionan con métodos de optimización locales. Siguiendo los pasos marcados por el modelo matemático, se pueden generar soluciones de alta calidad para la toma asistida de decisiones.

2.6.2 Experimentación

Un buen Proyecto debe lograr imparcialidad y validez en las conclusiones y permitir que el experimento sea reproducible.²

Los pasos que se siguieron para el desarrollo del proyecto fueron los siguientes:

- ✓ Definición de objetivos del proyecto.
- ✓ Selección de las herramientas a desarrollar el proyecto.
- ✓ Descripción de la codificación en GAMS
- ✓ Implementación de datos en la codificación de GAMS.
- ✓ Análisis y representación gráfica de los resultados

El objetivo principal de la experimentación del proyecto es medir la eficiencia y eficacia del método de solución propuesto.

² (Richard S. Barr, 1995)

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Para lograr una clara evaluación de este objetivo se realizó una lista de características que se consideran importantes en el desempeño de un modelizador con es GAMS:

- **Rapidez:** Produce buenas soluciones en tiempos inferiores a los que se obtienen de otras metodologías, y ajustables a la necesidad del usuario.
- **Exactitud:** Qué tan cercano es el valor de las soluciones obtenidas al valor óptimo (en caso de que se cuente con este valor).
- **Eficaz:** La probabilidad de obtener con el modelizador soluciones óptimas, o al menos tan buenas como la mejor conocida debe ser alta.
- **Eficiente:** Los resultados que se obtengan con el modelizador deben alcanzar con la menor cantidad de recursos computacionales (tiempo de ejecución y espacio de memoria).

2.6.3 Ambiente Computacional

Para evitar variaciones en las variables de salida debido a factores no tenidos en cuenta dentro del diseño factorial, es necesario correr todos los datos en una sola máquina, garantizando de esta forma, las menores variaciones que dependan de la configuración de esta.

Las secciones siguientes pretenden dar a conocer dichas condiciones, separándolas en dos grupos diferentes, software, donde se exponen los recursos intangibles utilizados, y hardware, que hace referencia a los componentes físicos de la máquina.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.6.4 Software

Las herramientas informáticas en la ejecución del modelo matemático, son imprescindibles para una mejor comprensión de cómo trabaja el modelo y una interpretación de los resultados del mismo.

La información de entrada que el modelo utiliza como datos de los productos, sus demandas, entre otros, se la trabajó con el paquete profesional de Microsoft Office, MS-EXCEL.

En cuanto al procesamiento de datos, se utilizó el software R, el cual sirvió para tratar la información con el fin que se pueda ajustar la información a un sistema de pronóstico de demandas de los productos.

El modelo matemático permite la opción de programar bajo el software GAMS, que aparte de los recursos propios del modelo matemático, el modelo usa un programa de solución lineal de licenciamiento libre llamado desde el código principal, el cual se ejecuta como una aplicación independiente, abriéndose y cerrándose sucesivamente según la necesidad del modelo.

Software	Nombre	Versión
Sistema Operativo	Microsoft Windows	7 Home Premium 64 Bits
Repositorio de datos	MS - Excel	2010
Sistema Estadístico	R	2.15.1
Solucionador Lineal	GAMS IDE (General Modeling System)	2.0.35.10

Tabla 2.1 Recursos del Software

En la Tabla 2.1 se enumeran los recursos de software usados en este desarrollo, mostrando la versión de cada uno y su nombre comercial.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.6.4.1 R

R es un conjunto integrado de programas para manipulación de datos, cálculo y gráficos.

Entre otras características dispone de:

- Almacenamiento y manipulación efectiva de datos.
- Operadores para cálculo sobre variables indexadas (Arreglos), en particular matrices.
- Una amplia, coherente e integrada colección de herramientas para análisis de datos, posibilidades gracias para análisis de datos, que funcionan directamente sobre pantalla o impresora.
- Un lenguaje de programación bien desarrollado, simple y efectivo, que incluye condicionales, ciclos, funciones recursivas y posibilidad de entradas y salidas. (Debe destacarse que muchas de las funciones suministradas con el sistema están escritas en el lenguaje R)

El término "entorno" lo caracteriza como un sistema completamente diseñado y coherente, antes que como una agregación incremental de herramientas muy específicas e inflexibles, como ocurre frecuentemente con otros programas de análisis de datos.

R es en gran parte un vehículo para el desarrollo de nuevos métodos de análisis interactivo de datos. Como tal es muy dinámico y las diferentes versiones no siempre son totalmente compatibles con las anteriores.

Muchas personas utilizan R como un sistema estadístico. Equipo de desarrollo del software prefiere describirlo como un entorno en el que se han implementado muchas técnicas estadísticas, tanto clásicas como modernas. Algunas están

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

incluidas en el entorno base de R y otras se acompañan en forma de bibliotecas (packages).

2.6.4.2 GAMS

GAMS (General Algebraic Modeling System) es un lenguaje de programación que permite el modelado, análisis y resolución de diversos problemas de optimización. Aunque inicialmente el manejo y comprensión de sus estructuras requiere cierto esfuerzo, una vez entendidas se dispone de una herramienta muy versátil capaz de resolver problemas de programación matemática. A pesar de ser una magnífica herramienta, el lector debe ser consciente de las limitaciones impuestas por el estado del arte existente en programación matemática.

Otros lenguajes similares a GAMS son AMPL y AIMMS.

Todos ellos presentan características análogas y, en general, no hay razón alguna para elegir uno u otro.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Función/ Procedimiento	Descripción	Valor Devuelto
SETS()	Se emplea para definir dos estructuras típicas de GAMS: Los índices, usados posteriormente para recorrer los vectores del problema, y los rangos de valores entre los que pueden variar estos índices.	
PARAMETERS()	Se utiliza para declaración y asignación de vectores de datos. La asignación mediante este comando se realiza para cada elemento del vector, por lo que es necesario especificar en primer lugar la posición del vector y en segundo, el valor a asignar.	
TABLE()	Permite definir matrices de datos y también brinda la facilidad con que se pueden representar las tablas en GAMS.	
VARIABLES ()	Este comando declara las variables del problema de optimización. En GAMS se debe especificar el carácter de las variables, en este caso, se indica que $x(i,j)$ es una variable positiva (no negativa).	Determina el valor de las variables asignadas.
BINARY VARIABLES ()	Declara una variable binaria	
EQUATIONS	Permite indicar el nombre con que se referenciará a las restricciones del problema, incluida la función objetivo. Tras el comando, aparece el nombre en primer lugar; si es necesario indicar que existen varias restricciones con la misma estructura, se indica seguidamente mediante el índice correspondiente entre paréntesis.	

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Función/ Procedimiento	Descripción	Valor Devuelto
MODEL()	Asocia un nombre al modelo y especificar qué conjunto de restricciones lo forman.	
SOLVE	Este comando sirve para que GAMS llame al optimizador pertinente que finalmente resuelve el problema (Por ejemplo, la palabra lp indica que se debe usar un optimizador para programación lineal).	
DISPLAY (X.I)	Tiene como objetivo mostrar el valor obtenido para el vector de variables $x(i, j)$.	GAMS muestra el valor de los resultados más interesantes en un fichero de salida.

Tabla 2.2 Resumen de los procedimientos implementados

Entre las características más importantes de GAMS cabe destacar:

1. Su capacidad para pasar de resolver problemas de pequeña dimensión (docenas de variables y restricciones) a problemas mayores (miles de variables y restricciones) sin variar el código sustancialmente. El manejo eficiente de sus índices permite escribir de manera compacta restricciones similares mediante una sola restricción.
2. Separa el proceso de modelado del proceso de resolución del problema. Así, el usuario de GAMS debe ser capaz de conseguir una formulación consistente del problema, y una vez la expresa en la notación de GAMS, este lenguaje hace uso de alguno de los optimizadores disponibles para obtener su solución. De esta

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

manera, el usuario solo ha de centrarse en obtener un modelo del problema y puede ignorar el funcionamiento interno del algoritmo que se necesita para resolverlo. La separación de estas dos tareas permite cambiar el modelo para mejorarlo o completarlo cómodamente.

3. La forma en que GAMS representa un problema de optimización coincide, prácticamente, con la descripción matemática de ese problema. Por tanto, el código GAMS es sencillo de comprender para aquellos lectores familiarizados con la optimización.
4. Además, GAMS proporciona los mecanismos necesarios para resolver problemas de optimización con estructuras similares, como son aquellos que se derivan de las técnicas de descomposición.

El usuario de GAMS debe ser cuidadoso con las reglas “gramaticales” de GAMS. El incumplimiento de una sola de ellas puede provocar muchos errores de compilación.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

2.6.5 Hardware

Para la ejecución del modelo matemático se usó una maquina Hp PAVILION modelo dm4-1160us con las siguientes especificaciones:

Especificaciones	Descripción
Procesador	Intel Core i5-450M
Velocidad del Procesador	2.4 GHz
Memoria RAM	4GB DDR3
Pantalla	14 Pulgadas
Disco Duro	500 GB 7200rpm

Tabla 2.3 Recursos del Hardware

Con el fin de que se tenga una ejecución eficiente, tanto en resultados como en tiempo de procesamiento, es que se decidió trabajar con el equipo antes mencionado.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION

3.1 Revisión de Procesos en la Bodega



Figura 3.1 Flujo de Recepción – Almacenamiento – Despacho en la Bodega de Productos Congelados

El proceso inicia desde que el departamento de Supply Chain coloca una orden de compra al único proveedor del CD, que se encuentra en la ciudad de Quito. Los pedidos los realiza todos los viernes de cada semana, teniendo en planta un inventario

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

de seguridad que amortigüe la demanda durante el LT. El proveedor coloca el pedido después de 4 días de haberlo solicitado, es decir, todos los martes la bodega se abastece de productos necesarios para sus operaciones. En el caso de existir alguna situación en cuanto a solicitud de pedidos y se necesite de productos extras que no hayan sido solicitados los viernes, el proveedor sólo colocara el pedido en la bodega si el CD se encarga del valor del flete. Esto sucede por razones económicas del grupo empresarial al que pertenecen tanto el CD como el proveedor.

Una vez que el producto llega al andén de recepción de la bodega, se inicia el proceso descrito en la Figura 3.

Recepción: Es la primera fase del flujo, donde por política a proveedores, el personal de éstos es el único encargado de descargar su producto, es decir sacar su producto del camión y colocarlo en la zona de descarga mandatoriamente sobre pallets. Cabe acotar que para ciertos productos el proveedor debe entregarlos protegidos con plástico adherente.

Revisión del Producto: Los supervisores de bodega junto con el personal de calidad toman parte de este proceso, son ellos quienes se encargan de revisar que todo lo que en la guía de remisión del pedido conste sea lo que se esté descargando. El personal de calidad revisa que el producto llegue en buenas condiciones con sus etiquetas de fecha de elaboración y caducidad respectivas.

Almacenamiento: Una vez que haya completado el eslabón anterior, los operarios mueven los pallets con los productos y los ingresan a la cámara de frío o congelado dependiendo del tipo de producto que sea este.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Preparación de Pedidos: Conforme el departamento de Supply Chain reciba las órdenes de pedido de los minoristas, los supervisores de bodega entregan estas mismas a los operarios para que realicen el picking de los productos y de esta manera armen el pedido consolidado. La preparación de pedidos es diaria y en ocasiones se la realiza con anterioridad.

Despacho: El consolidado de productos, como lo llaman en la bodega, una vez ya listo se lo despacha. El minorista es quien estipula el día que desea que le entreguen su pedido.

Distribución: Los envíos que la bodega realiza, los hace bajo la dirección del Departamento de Transporte, el mismo que ha estipulado rutas optimas para el envío de productos. Los horarios de distribución para la cadena de productos congelados es de lunes a domingo de 09H00 a 10H00



Figura 3.2 Supply Chain de Productos Congelados

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

3.2 Descripción de la Metodología

El cálculo del nivel óptimo de inventario de productos congelados se inicia con la recopilación de la información de los productos congelados que administra el Centro de Distribución (Ver **Anexo1**. Lista de productos congelados del Centro de Distribución), detalles de las auditorías del proveedor, nivel del cumplimiento de los pedidos, información encontrada en el ERP de la empresa e históricos de las demandas contenidas en archivos de Excel, fueron las principales fuentes de información para esta recopilación de datos. Esta información fue posible recopilarla desde la semana once hasta la semana veintiséis del año 2012.

(Ver **Anexo3**. Histórico de la demanda de productos congelados).

Como primer paso, a partir de la información mencionada en el párrafo anterior se procede al análisis de tres escenarios que posteriormente se sintetizará a la estructura del modelo de minimización de costos finales: Análisis del inventario del minorista, Proceso de demanda de la bodega, Análisis del inventario en la bodega.

En el análisis de inventario del minorista se supone que hay un solo minorista, este mismo análisis será idéntico para todos los minoristas. Cuando el inventario en el minorista se agota, éste coloca un pedido a la bodega la cual envía la cantidad solicitada al minorista lo cual toma cierta cantidad de tiempo, en el caso de que la bodega se quede sin stock el minorista tendrá que esperar cierta cantidad de tiempo hasta que la bodega se reabastezca por uno de sus proveedores.

Referente al proceso de demanda de la bodega, aunque el tamaño de la demanda se fija en la bodega el intervalo entre dos ordenes estocásticas y depende de la

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

cantidad de pedido de cada minorista. El modelo caracteriza el proceso de demanda en la bodega como una superposición del proceso del pedido de los minoristas.

El tercer análisis que es el inventario de la bodega, es muy similar al análisis en el minorista, con dos modificaciones. Uno de ellas es que debemos tomar en cuenta que cada orden es de tamaño diferente para minorista y segundo tenemos que considera que la bodega utiliza varios proveedores.

Por otra parte en el segundo paso se procederá analizar la información recopilada donde se muestra la demanda de los productos buscando ajustar los datos a una distribución de probabilidad continua. Además se trabaja sobre la lista de productos congelados que la empresa distribuye; utilizando el Método ABC determinaremos cuales son mis productos tipo A, los cuales serán los escogidos para utilizarlos en la programación. . (Ver Anexo2. Método ABC para Productos Congelados).

En el tercer paso, una vez tabulados los datos, se implementará el modelo matemático de minimización de costos mediante el software matemático Gams. Luego de haber obtenido los resultados del modelo se procederá a pronosticar bajo el escenario o parámetro: días de cobertura de stock.

Y para finalizar se analizarán los resultados obtenidos durante la programación matemático versus la situación actual de la empresa.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Figura 3.3 Esquema de la Metodología utilizada en el proyecto



Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

3.2.1 Definición de los Problemas de Inventario en los

Productos Congelados

De acuerdo a lo que se menciona en el capítulo 1 sección 1.1, los problemas de inventario que el CD afronta, se resumen en los siguientes puntos:

- El ERP utilizado no entrega suficiente información estadística para tomar decisiones sobre a la cantidad de pedido que se debe solicitar al proveedor.
- Desabastecimiento de productos, ocasionado por la mala planificación de pedidos.
- Déficit de control en caducidad de productos.
- Déficit de control en los procesos de despacho y recepción.

He aquí la necesidad de crear una política de inventario que robustezca los actuales procesos, mejorando la realización de pedidos y el control del flujo de productos en el centro de distribución.

3.2.2 Recopilación de Información Requerida

Para obtener la información requerida se solicitó una reunión con el Jefe de Supply Chain del Centro de Distribución de Productos Congelados, en el cual se le explicó el objetivo de nuestro proyecto y el interés en aplicarlo para su CD.

Para ello se tuvo la apertura del caso hacia la recopilación de información necesaria para el desarrollo de la política de inventario.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Se visitó durante una semana las instalaciones para conocer los procesos y toma de datos del MRP que administran la cadena de suministro del CD. Por otra parte se realizó entrevista a los supervisores responsables de los productos en mención y se obtuvo el inventario de los productos congelados que maneja el CD hacia sus clientes, en total hacen 52 productos (Ver anexo 1). Del inventario mencionado en la parte superior se realizará el Método ABC para tomar decisión en los productos que se van a considerar para nuestro estudio (Ver Anexo 2).

El inventario de productos ha sido clasificado por el costo de venta.

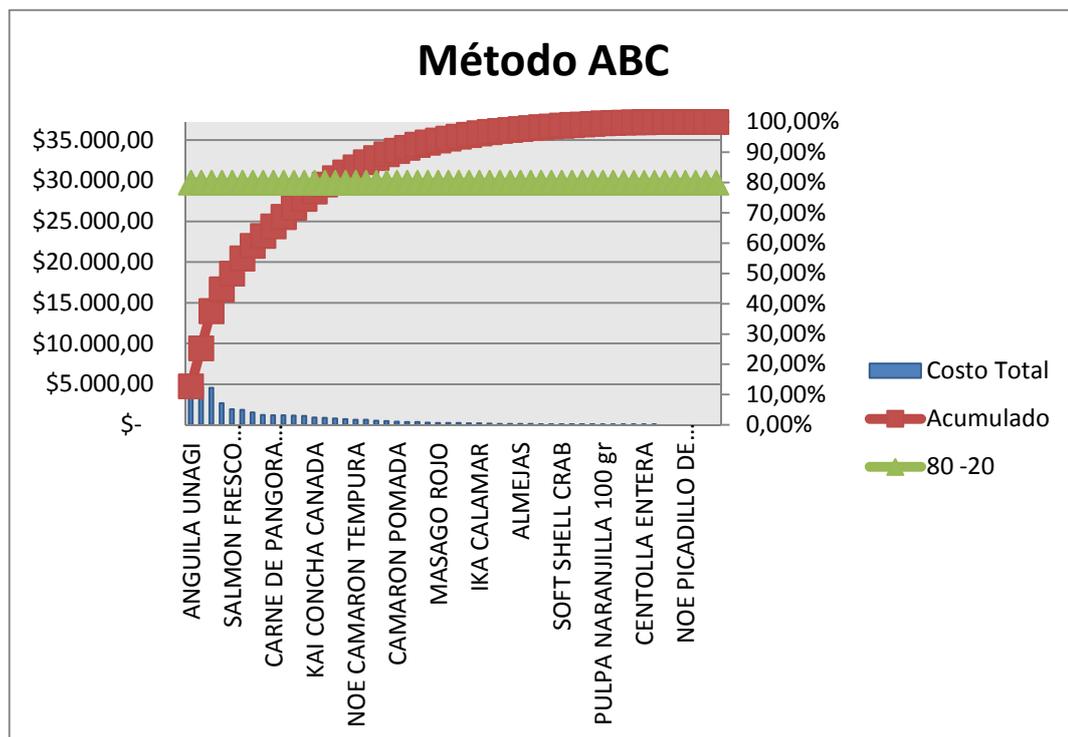


Figura 3.4 Método ABC para Productos Congelados

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Como se puede observar en la Figura 3, se realizó la clasificación ABC del inventario y se obtuvo que son 14 los productos más representativos (Tipo A), es decir que la empresa tiene la mayor inversión, estos representan el 20 % de los ítems del inventario que absorben el 90% de la inversión. Los tipos B son 12 ítems que corresponden a la inversión siguiente en términos de costos, es decir, el 30% de los de los ítems que requieren el 8% de la inversión. Por último los tipos C que son 26, normalmente son un gran número de ítems correspondientes a la inversión más pequeña. Aproximadamente consiste en el 50% de todos los ítems del inventario pero solo el 2% de la inversión del CD en inventario.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

3.2.3 Análisis de Demanda

3.2.3.1 Identificación de la Estacionalidad

En base a las ventas semanales registradas en el sistema de información entre la semana 11 y semana 26 del año 2012, que es el periodo de análisis, se va a realizar el pronóstico de la demanda para identificar la estacionalidad.

La información correspondiente a cada uno de las semanas puede ser consultada en el Anexo 3. Histórico de demanda de productos congelados.

A continuación se presenta gráficamente esta información en la Figura 4.

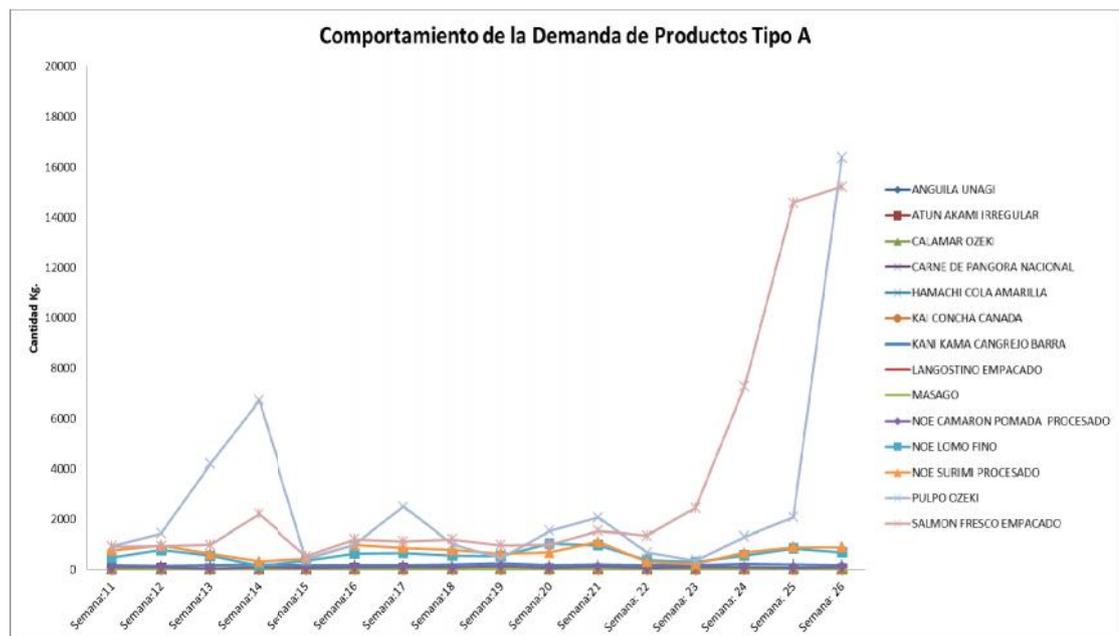


Figura 3.5 Comportamiento de la Demanda de los Productos Tipo A

Se puede observar en la grafica presentada, que los consumos semanales de ciertos productos tales como: el Pulpo Ozeki y Salmon Fresco Empacado, son altos

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

y representativos en contraste con los otros productos tipo A. Describiendo un poco mas a fondo la gráfica, se puede suponer que los altos picos o consumos intempestivos de estos dos productos antes mencionados, se deben a creaciones de nuevos platos o promociones de platos que usan esos productos.

El comportamiento de los consumos son variables, presentan varias fluctuaciones con altos y bajos pero siempre manteniendo una tendencia de consumo regular.

Los principales resultados que se obtienen a partir de esta información, son los siguientes:

- *El valor máximo de consumos* es de 16348 Kg obtenidos en la semana 26 por el producto Pulpo Ozeki.
- *El valor mínimo de consumos* es de 0 Kg. Este comportamiento se repite durante varias semanas con diferentes productos.
- *El rango de consumos* es de 16348 Kg
- *La media aritmética de los datos* es de 7701 Kg y su desviación estándar es de 8013 Kg. Esto evidencia la alta variabilidad que existe entre pedidos semanales.

El valor máximo de consumos es un dato de la muestra, el cual puede incidir en el modelo de pronóstico que se propone realizar.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

3.2.3.2 Determinación del Modelo de Pronóstico Apropriado

Basado en el marco conceptual descrito en el capítulo anterior, para poder determinar un modelo adecuado que pronostique los consumos o demandas, se usó el software estadístico R.

Durante esta etapa se buscó ajustar nuestros datos a un modelo que nos permita predecir lo más preciso posible, sin embargo la herramienta computacional de análisis estadístico mostró los siguientes resultados:

- Se intentó crear un modelo Arima, pero mientras se desarrollaba el mismo fue evidente notar que la serie de tiempo no presentó *estacionalidad*, es decir no existen ciclos de frecuencia definidos, la media y la varianza no son constantes; por lo que se considera que no es una serie *estacionaria*. Las gráficas no mostraron tendencia, lo cual es otro indicio para no considerar al modelo Arima.
 - Los desarrolladores del proyecto, en base a consultas, suponen que estas dificultades al ajustar los datos a un modelo se debe a la poca información con la que se está trabajando (15 semanas).
- Cuando se tienen series de tiempo con datos que no presentan tendencia alguna ni estacionalidad, es recomendable utilizar el método del Suavizado Exponencial Simple, el mismo que pondera los datos históricos exponencialmente con el fin de que los datos mas recientes tengan mas peso en el promedio móvil. El test que se utilizó para predecir los datos, fue el modelo de Holt-Winters, el mismo que es conocido por ser una ampliación mejorada del suavizamiento exponencial. Debido a sus características ajusta el nivel de la serie, la pendiente de la recta de tendencia y el valor de los factores estacionales.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Se ejecutaron una serie de comandos en el software R, los cuales están descritos en el Anexo 5.

- A. Debido a la dimensión del proyecto, es decir a la cantidad de productos Tipo A que tenemos, se procedió a realizar el ingreso manual de la información histórica; ver en Anexo2.
- B. Se genera una serie de tiempo de cada uno de los productos. Tomando en cuenta que se inicia en el tercer mes, Marzo, con una frecuencia de cuatro debido a que la información que se tiene es semanal.
- C. Para poder visualizar mejor el comportamiento de la serie temporal se procedió a graficar la misma. En la Figura 3.5, se ejemplifica la demanda del producto Pulpo Ozeki, durante los meses de Marzo a Junio.

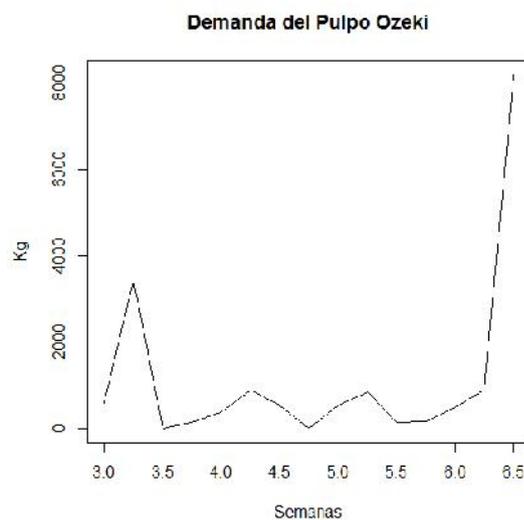


Figura 3.6 Demanda del Pulpo Ozeki

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

- D. Se realiza un análisis de las auto-correlaciones. Dado que las mismas no son muy altas después del primer periodo, no se procede a diferenciar la serie temporal.

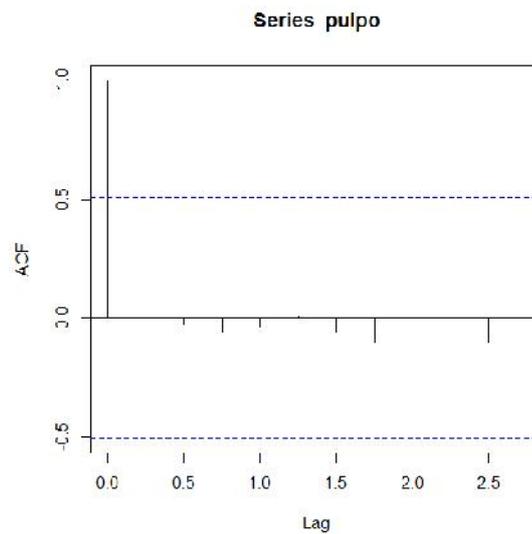


Figura 3.7 Auto- Correlación de los Residuos de la Serie Temporal

- E. Por medio del test Holt-Winters, se ajustó el modelo. Como resultado obtuvimos.-
1. Alpha: 0.48, que es el nivel de confianza con el que el test ajusta el modelo.
 2. Beta: 1, tendencia del modelo ajustado
 3. Gamma: 1, estacionalidad del modelo ajustado.
- F. Una vez que el modelo fue ajustado, se procedió a realizar la realización de la predicción. Se predijo la demanda de los tres meses siguientes (Julio, Agosto, Septiembre).

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

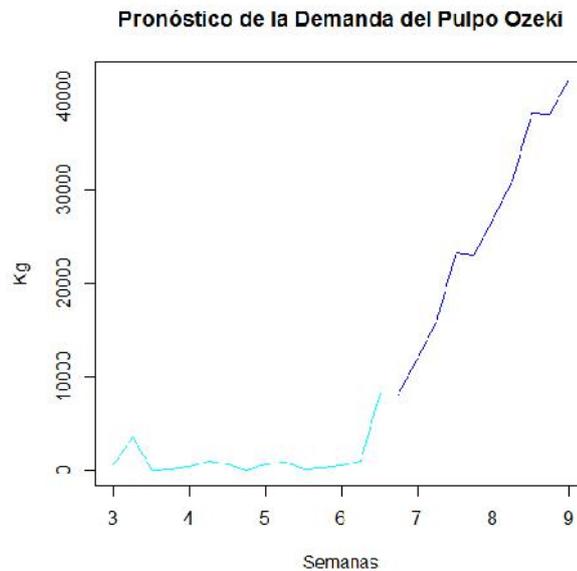


Figura 3.8 Pronóstico de la Demanda del Pulpo Ozeki

3.2.4 Modelización en Gams

De acuerdo a lo estudiado en la sección 2.4.4.1, se utilizó el software informático GAMS para tal efecto en la Tabla 2.2 se describen los procedimientos que se implementaron en el software, y que dieron forma al modelo matemático.

Es de notar que el desempeño del modelo matemático no depende únicamente del software usado sino también de los recursos de hardware disponibles.

Su programación fuente se puede apreciar en el Anexo 7.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a lo descrito en el capítulo 1 lo ideal es determinar cuánto y cuando pedir. Uno de los procesos que tiene el CD es revisar el consumo de los clientes por medio del ERP y establecer pedidos de manera empírica.

El modelo matemático está desarrollado en función de las restricciones estructuradas el cual permitirá brindar el nivel de servicio esperado al cliente sin afectar el recurso de la empresa.

Definido en el párrafo anterior la necesidad del modelo matemático GAMS proyecta los siguientes resultados.

SOLVE SUMMARY	
MODEL PROYECTO	OBJECTIVE Z
TYPE LP	DIRECTION MINIMIZE
SOLVER CPLEX	FROM LINE 340
**** SOLVER STATUS	1 Normal Completion
**** MODEL STATUS	1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE	792425.27
RESOURCE USAGE, LIMIT	0.016 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	0 2000000000
IBM ILOG CPLEX Mar 17, 2012 23.8.2 WIN 31442.32372 VS8 x86/MS Windows Cplex 12.4.0.0	
LP status(1): optimal Optimal solution found	

Tabla 4.1 Costo Total Anual Esperado

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

La Tabla 4.2 muestra la cantidad de pedido que debe realizar el Centro de Distribución a su proveedor, donde podemos visualizar lo óptimo que se debe tener de cada uno de los ítems en función del almacenamiento y la demanda de los minoristas. Como indicador para evaluar el ahorro al costo total anual esperado se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Incremento Porcentual del Costo Total} = \frac{(\text{Costo de inventario actual} - \text{Costo de inventario mejorado})}{\text{Costo de inventario mejorado}} \times 100$$

Como resultado al indicador mencionado en el párrafo anterior, obtuvimos un ahorro del 15%, en comparación al costo que la bodega invierte en su inventario.

La Tabla 4.3 corresponde al pedido que los minoristas deben hacer al Centro de Distribución así poder satisfacer la demanda de los consumidores finales. En este caso muestra que el valor del costo total del inventario no afecta al centro de distribución debido a que existe rotación FIFO en el abastecimiento de producto, sin alterar los costos de distribución de los locales.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Q DETERMINAR LA CANTIDAD OPTIMA A PEDIR EN LA BODEGA w				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ANGUILA	.	4.500	(+) INF	.
PULPO	.	653.900	(+) INF	.
KANI_KAMA	.	52.520	(+) INF	.
ATUN	.	15.130	(+) INF	.
SALMON	.	369.370	(+) INF	.
NOE_LOMO	.	221.700	(+) INF	.
NOE_CAMARON	.	26.960	(+) INF	.
LANGOSTINO	.	9.970	(+) INF	.
CARNE_DE_PANGORA	.	9.320	(+) INF	.
HAMACHI	.	10.200	(+) INF	.
CALAMAR	.	14.310	(+) INF	.
NOE_SURIMI	.	275.180	(+) INF	.
KAI_CONCHA	.	4.520	(+) INF	.
MASAGO	.	4.860	(+) INF	.

Tabla 4.2 Cantidad óptima de pedido de la bodega

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

M DETERMINAR CUANTO DEBE PEDIR EL MINORISTA r				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ANGUILA.N6	.	.	(+) INF	EPS
ANGUILA.N7	.	.	(+) INF	EPS
ANGUILA.N11	.	4.500	(+) INF	.
PULPO.N6	.	.	(+) INF	EPS
PULPO.N7	.	.	(+) INF	EPS
PULPO.N11	.	653.900	(+) INF	.
KANI_KAMA.N6	.	.	(+) INF	EPS
KANI_KAMA.N7	.	.	(+) INF	EPS
KANI_KAMA.N11	.	52.520	(+) INF	.
ATUN.N6	.	.	(+) INF	EPS
ATUN.N7	.	.	(+) INF	EPS
ATUN.N11	.	15.130	(+) INF	.
SALMON.N6	.	.	(+) INF	EPS
SALMON.N7	.	.	(+) INF	EPS
SALMON.N11	.	369.370	(+) INF	.
NOE_LOMO.N6	.	.	(+) INF	EPS
NOE_LOMO.N7	.	.	(+) INF	EPS
NOE_LOMO.N11	.	221.700	(+) INF	.
NOE_CAMARON.N6	.	.	(+) INF	EPS
NOE_CAMARON.N7	.	.	(+) INF	EPS
NOE_CAMARON.N11	.	26.960	(+) INF	.
LANGOSTINO .N6	.	.	(+) INF	EPS
LANGOSTINO.N7	.	.	(+) INF	EPS
LANGOSTINO.N11	.	9.970	(+) INF	.
CARNE_DE_PANGORA.N6	.	.	(+) INF	EPS
CARNE_DE_PANGORA.N7	.	.	(+) INF	EPS
CARNE_DE_PANGORA.N11	.	9.320	(+) INF	.
HAMACHI.N6	.	.	(+) INF	EPS
HAMACHI.N7	.	.	(+) INF	EPS
HAMACHI.N11	.	10.200	(+) INF	.
CALAMAR.N6	.	.	(+) INF	EPS
CALAMAR.N7	.	.	(+) INF	EPS
CALAMAR.N11	.	14.310	(+) INF	.
NOE_SURIMI.N6	.	.	(+) INF	EPS
NOE_SURIMI.N7	.	.	(+) INF	EPS
NOE_SURIMI.N11	.	275.180	(+) INF	.
KAI_CONCHA.N6	.	.	(+) INF	EPS

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
 Centro de Distribución de Productos Congelados
 (Proveedor – CD - Cliente)

KAI_CONCHA.N7	.	.	(+) INF	EPS
KAI_CONCHA.N11	.	4.520	(+) INF	.
MASAGO.N6	.	.	(+) INF	EPS
MASAGO.N7	.	.	(+) INF	EPS
MASAGO.N11	.	4.860	(+) INF	.

Tabla 4.3 Cantidad de pedido de los minoristas

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

La Tabla 4.4 y Tabla 4.5 nos indica que los minoristas realizarán re-orden en sus pedidos es decir tendrá inventario necesario para realizar el nuevo pedido y esperar que llegue el nuevo.

S DETERMINA SI DEBE REALIZAR REORDEN LA BODEGA(w) DEL PRODUCTO (i)				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ANGUILA.GYE	.	.	(+) INF	0.004
PULPO.GYE	.	.	(+) INF	4,58E-01
KANI_KAMA.GYE	.	.	(+) INF	7,64E-01
ATUN.GYE	.	.	(+) INF	1,79E+00
SALMON.GYE	.	.	(+) INF	4,81E-01
NOE_LOMO.GYE	.	.	(+) INF	4,95E-01
NOE_CAMARON.GYE	.	.	(+) INF	9,83E-01
LANGOSTINO .GYE	.	.	(+) INF	1,18E+00
CARNE_DE_PANGORA.GYE	.	.	(+) INF	4,45E+00
HAMACHI.GYE	.	.	(+) INF	5,08E+00
CALAMAR.GYE	.	.	(+) INF	4,29E-01
NOE_SURIMI.GYE	.	1.000	(+) INF	.
KAI_CONCHA.GYE	.	.	(+) INF	5,16E+00
MASAGO.GYE	.	.	(+) INF	4,06E+00

Tabla 4.4 Productos que la bodega ordena.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

	Rp DETERMINAR CUANDO PIDE EL MINORISTA (r) DEL PRODUCTO (i)			
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ANGUILA.N6	.	.	(+) INF	0.011
ANGUILA.N7	.	.	(+) INF	0.011
ANGUILA.N11	.	.	(+) INF	0.011
PULPO.N6	.	.	(+) INF	1,37E+00
PULPO.N7	.	.	(+) INF	1,37E+00
PULPO.N11	.	.	(+) INF	1,37E+00
KANI_KAMA.N6	.	.	(+) INF	2,29E+00
KANI_KAMA.N7	.	.	(+) INF	2,29E+00
KANI_KAMA.N11	.	.	(+) INF	2,29E+00
ATUN.N6	.	.	(+) INF	5,38E+00
ATUN.N7	.	.	(+) INF	5,38E+00
ATUN.N11	.	.	(+) INF	5,38E+00
SALMON.N6	.	.	(+) INF	1,44E+00
SALMON.N7	.	.	(+) INF	1,44E+00
SALMON.N11	.	.	(+) INF	1,44E+00
NOE_LOMO.N6	.	.	(+) INF	1,49E+00
NOE_LOMO.N7	.	.	(+) INF	1,49E+00
NOE_LOMO.N11	.	.	(+) INF	1,49E+00
NOE_CAMARON.N6	.	.	(+) INF	2,95E+00
NOE_CAMARON.N7	.	.	(+) INF	2,95E+00
NOE_CAMARON.N11	.	.	(+) INF	2,95E+00
LANGOSTINO .N6	.	.	(+) INF	3,54E+00
LANGOSTINO.N7	.	.	(+) INF	3,54E+00
LANGOSTINO.N11	.	.	(+) INF	3,54E+00
CARNE_DE_PANGORA.N6	.	.	(+) INF	0.001
CARNE_DE_PANGORA.N7	.	.	(+) INF	0.001
CARNE_DE_PANGORA.N11	.	.	(+) INF	0.001
HAMACHI.N6	.	.	(+) INF	0.002
HAMACHI.N7	.	.	(+) INF	0.002
HAMACHI.N11	.	.	(+) INF	0.002
CALAMAR.N6	.	.	(+) INF	1,29E+00
CALAMAR.N7	.	.	(+) INF	1,29E+00
CALAMAR.N11	.	.	(+) INF	1,29E+00

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Rp DETERMINAR CUANDO PIDE EL MINORISTA (r) DEL PRODUCTO (i)				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
NOE_SURIMI.N6	.	1.000	(+) INF	.
NOE_SURIMI.N7	.	1.000	(+) INF	.
NOE_SURIMI.N11	.	1.000	(+) INF	.
KAI_CONCHA.N6	.	.	(+) INF	0.002
KAI_CONCHA.N7	.	.	(+) INF	0.002
KAI_CONCHA.N11	.	.	(+) INF	0.002
MASAGO.N6	.	.	(+) INF	0.001
MASAGO.N7	.	.	(+) INF	0.001
MASAGO.N11	.	.	(+) INF	0.001

Tabla 4.5 Productos que los minoristas ordenan

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

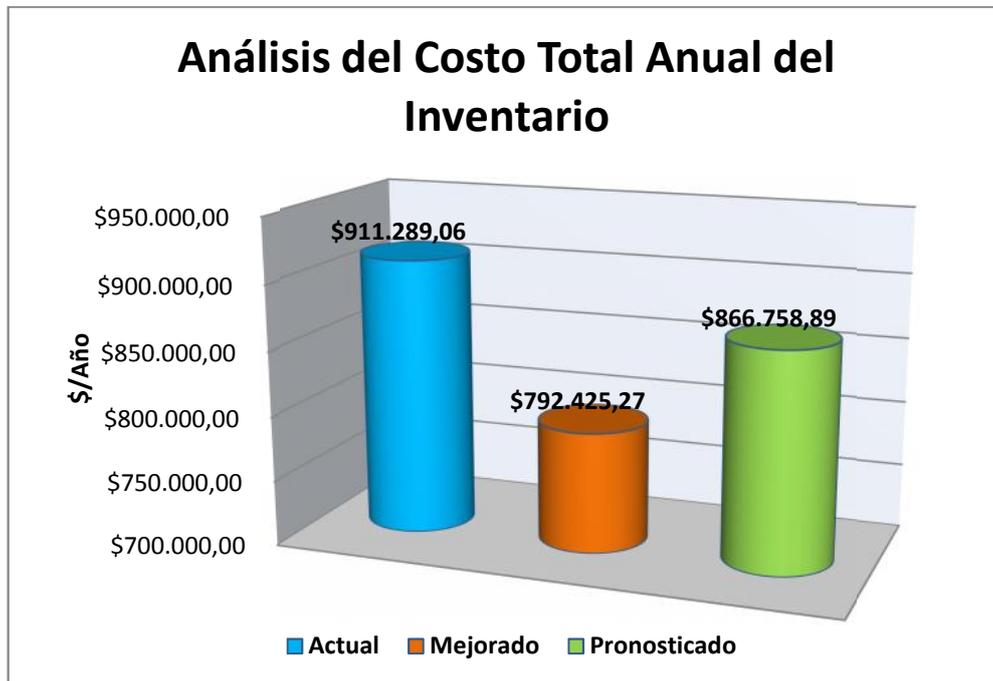


Figura 4.1 Análisis del costo total anual del inventario

De acuerdo a la figura 4.1 se puede evidenciar la diferencia de costos que existe entre cada escenario analizado:

El costo actual viene dado por la gestión de inventario que realizaba el supervisor correspondiente en base a la información que generaba el ERP y la experiencia en el cargo.

El costo mejorado fue obtenido en base a la política diseñada mediante el modelo matemático que se presentó el capítulo 2 de este trabajo.

Por último el costo pronosticado fue en función a la predicción de la demanda que se realizó para las 10 semanas futuras.

Los resultados muestran que de acuerdo a lo demandado actualmente y lo pronosticado existirá un incremento del 9% en el costo total de la operación. Esto se debe a que la demanda obtenida en el pronóstico se incrementa.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Lo anterior implica que el CD debe tomar la decisión de la cantidad a mantener para satisfacer la demanda en improvisaciones, ya que la política diseñada no contempla situaciones emergentes durante la demanda. Esto implica examinar la posibilidad de incrementar los costos de distribución asociado a los minoristas.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En este proyecto se presentó una propuesta de solución a los niveles de inventario que tiene el CD.

La recopilación de información requerida nos permitió visualizar los problemas de inventario que tiene el CD y se dieron solución mediante clasificación ABC, análisis de la demanda y diseño del modelo matemático.

Con la información mencionada en el párrafo anterior se concluye:

- Se analizó el inventario de productos congelados del CD por medio del método ABC, el mismo que nos permitió observar cuales son los productos que tienen mayor valor monetario del inventario. Esto quiere decir que el personal responsable del CD debería llevar mayor control en este tipo de productos y así evitar pérdidas por mala rotación, caducidad, etc.

- Se analizó el comportamiento de la demanda (en Kg) de quince semanas del año 2012, comprendidas entre el mes de marzo y junio. Se evidenció que de acuerdo al histórico de la demanda, éstas se iban a incrementar y en algunos casos mantener constante. Esto nos puede

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

dar una idea del movimiento de productos que va tener el CD durante las 10 semanas que se pronosticaron.

- Se aplicó un modelo de inventario multinivel que se enfoca en varios proveedores, un centro de distribución y varios minoristas. Donde se obtuvo los pedidos óptimos que deberían realizar tanto el CD como los minoristas. Este modelo nos ayuda a desarrollar para más artículos.
- Los diseños de política de inventario se ajustan de acuerdo a los requerimiento de las bodegas, en el caso vigente podemos decir que se obtuvieron resultados satisfactorios, por lo que se concluye que el modelo está adaptado para más tipos de productos y de acuerdo a la industria que se desee.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

5.2 Recomendaciones

El Centro de Distribución como principal distribuidor de los minoristas, busca tener ventaja competitiva entre los proveedores de los mismos, para ello requiere mejorar sus procesos para hacer frente a las necesidades de los clientes. Para ello se recomienda lo siguiente:

- Los minoristas deben brindar mayor información de las demandas poder realizar mejores análisis a las mismas. Lo cual va permitir brindar pronósticos acertados al consumo real.
- En el caso analizado, la política de inventario incluye un proveedor, un CD y varios minoristas. Para futuras investigaciones se puede realizar variantes incrementando el número de participante en los eslabones antes mencionados.
- El modelo como tal está limitado a dos escalones (Proveedor - Minorista) y supone que los proveedores siempre atenderán la demanda del CD.
- Se recomienda a los investigadores que estén interesados en este trabajo, analizar los escenarios donde los proveedores no siempre cuenten con el stock necesario y el CD trabaje con un stock de seguridad.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

- Como información extra de las entrevistas que se mantuvieron con el personal del CD, el Gerente del mismo informó que en el anterior Consejo de Plantas Ecuador, el Presidente Ejecutivo del Grupo Empresarial al que pertenece el CD tomó la decisión que de acuerdo a las ganancias obtenida hasta el presente es necesario una mayor inversión por lo que se aprobó que para el año 2013 se debería dar apertura 13 nuevos restaurantes en todo el territorio nacional.

Esta decisión compromete directamente al departamento de Supply Chain, debido a que será necesario un análisis de demandas futuras, incrementos y diversificación de ítems, etc.

Por estas razones el CD tendrá la necesidad de planificar con el departamento de compras la búsqueda de más proveedores, ya que actualmente se provee con uno sólo. Debido a la alta rotación de productos que va a existir, aumentaría el riesgo que se tenga incumplimientos en los pedidos, problemas con la calidad de los productos y en el peor de los escenarios desabastecimientos.

Para ello se ha desarrollado una política de proveedores la cual les va permitir soportar la demanda de proveedores que tenga el CD (**Ver Anexo 8**).

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. M. Sarmiento, R. N. (Vol. 31. 1999.). "A review of integrated analysis of production-distribution systems". *IIE Transactions.*, pp. 1061-1074.
- [2]. Baquero, N. (s.f.). *Universidad Simon Bolivar*. Recuperado el 17 de julio de 2012, de Gestion de la Produccion I - Pronosticos: <http://prof.usb.ve/nbaquero/Pronosticos.pdf>
- [3]. Becerra, M. (2009). *SISTEMAS DE INFORMACION ANA MARIA CORTES*. Recuperado el 16 de Junio de 2012, de <http://sistemasdeinfoamc.blogspot.es/img/ERP.pdf>
- [4]. Betancor, B. A.-J. (s.f.). *SERVICIO DE PUBLICACIONES - Universidad de la Laguna*. Recuperado el 5 de Junio de 2012, de <ftp://tesis.bbt.ull.es/ccppytec/cp210.pdf>
- [5]. CreceNegocios. (17 de Octubre de 2011). *CreceNegocios*. Recuperado el 17 de Julio de 2012, de <http://www.crecenegocios.com/como-hacer-el-pronostico-de-la-demanda/>
- [6]. David De La Fuente Garcia, P. P. (2012). *Google Books*. Recuperado el 26 de Julio de 2012, de <http://books.google.com.ec/books?id=UATsv3bgBwcC&pg=PA14&lpg=PA14&dq=programacion+no+lineal&source=bl&ots=fcUFiDK7OF&sig=qJ8ccH8LtCUEHNCTKfkVLMu8bRA&hl=es-419&sa=X&ei=1mYPULfUNoa08ASi9oDwBw&sqj=2&ved=0CF4Q6AEwCA#v=onepage&q=programacion%20no%20lineal&f=fa>
- [7]. ESADE, E. d. (2004). *Guía de Gestión de la Innovación, Producción y Logística*. Barcelona: Una y Media Massmedia, SL.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

- [8]. Fundacion Wikimedia, I. (20 de Mayo de 2001). *Wikipedia*. Recuperado el 16 de Junio de 2012, de <http://es.wikipedia.org>
- [9]. Gallego, A. M. (Vol. 176. 2007.). "Optimal Policies with Convertible Lead Times". *European Journal of Operational Research*, pp. 892-910.
- [10]. Garcia, L. A. (2011). *Diccionario de Logistica y SCM*. Medellin: Ecoe Ediciones.
- [11]. Hitler. (15 de Enero de 2010). *INVESTIGACION DE OPERACIONES*. Recuperado el 2 de Junio de 2012, de <http://espol.edu.ec>
- [12]. *Investigación de Operaciones*. (s.f.). Recuperado el 26 de Julio de 2012, de Contactanos y comparte tus consultas: www.investigaciondeoperaciones.net/
- [13]. J. Guerra, I. M. (2002 - 2004). *Repositorio de la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL*. Recuperado el 6 de Junio de 2012, de http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19097/1/Paper_ivan1final.pdf
- [14]. Lederman., R. (2003). Optimization of Stochastic Inventory Control with Correlated Demands. *Undergraduate Thesis. Department of Computer Science. Brown University. USA*, pp. 3-19.
- [15]. Leyva, E. L. (s.f.). *Instituto Tecnológico de Sonora*. Recuperado el 26 de Julio de 2012, de <http://antiguo.itson.mx/dii/elagarda/apagina2001/PM/uno.html>
- [16]. Pundoor., G. (2002.). Supply Chain Simulation Models for Evaluating the Impact of Rescheduling Frequencies. *Master Thesis. Institute for Systems Research. University of Maryland*, pp. 23-41.
- [17]. R Development Core Team. (2000). *Introducción a R*.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

- [18]. R. Bhatnagar, P. C. (Vol. 67. 1993). "Models for multi-plant coordination". *European Journal of Operations Research.*, pp. 141-160.
- [19]. R. Caballero, T. G. (s.f.). *Universidad de Malaga*. Recuperado el 26 de Julio de 2012, de <http://ecomat.ccee.uma.es/mateco/Docencia/PM/Leccion%201/Leccion%201%20Epig%204%20Prog%20No%20Lineal.pdf>
- [20]. R. Teunter. E. van der Laan, D. V. (Vol. 55. 2004.). "Inventory strategies for systems with fast remanufacturing". *Journal of the Operational Research Society.*, pp.475-484.
- [21]. Ruiz, J. (5 de Octubre de 2009). *Departamento de Ciencias de la Atmosfera y los Océanos* . Recuperado el 17 de Julio de 2012, de Facultad de ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires: <http://www.at.fcen.uba.ar/docs/presentacionRuiz.pdf>
- [22]. Secretaria de Estado de Educación, Formación Profesional y Universidades. (s.f.). *Instituto Nacional de Tecnologías y de Formación del Profesorado*. Recuperado el 26 de Julio de 2012, de <http://sauce.pntic.mec.es/~jpeo0002/Archivos/PDF/T08.pdf>
- [23]. Y. Crama, Y. P. (2001). "A discussion of production planning approaches in the process industry". Recuperado el 23 de Junio de 2012, de Research Paper: <http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/23107/http:zSzzSzwww.core.ucl.ac.bezSzsfileszSzpsfileszSzdp01zSzdp2001-42.pdf/crama01discussion.pdf>
- [24]. Yahoo! (s.f.). *Yahoo Respuestas*. Recuperado el 7 de Junio de 2012, de <http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20100304152628AAzNR1q>

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

ANEXO 1

Lista de Productos Congelados

No.	Artículo	Código	Unidad de Inventario	Conjunto de Artículos	Diario	Proveedor
1	AKA MISO ROJO	I008103	Kg	OTROS	NOE- CONG	UIO
2	ALMEJAS	I008636	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
3	ANGUILA UNAGI	I008117	C5Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
4	ATUN AKAMI IRREGULAR	I008123	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
5	ATUN BLANCO	I008124	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
6	CALAMAR OZEKI	I008139	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
7	CAMARON APANADO 41-50	I009872	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
8	CAMARON POMADA	I008140	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
9	CARNE DE PANGORA NACIONAL	I008096	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
10	CARNE DE PANGORA PERUANA	I009861	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
11	CENTOLLA ENTERA	I008710	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
12	CORVINA	I000230	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
13	FREJOL JAPONES EDAMAME	I008245	Fda0.4Kg	OTROS	NOE- CONG	UIO
14	HAMACHI COLA AMARILLA	I008639	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
15	IKA CALAMAR	I008282	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
16	IKURA	I008640	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
17	KAI CONCHA CANADA	I008295	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
18	KANI KAMA CANGREJO BARRA	I008296	P0.5Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

No.	Artículo	Código	Unidad de Inventario	Conjunto de Artículos	Diario	Proveedor
19	KIBUN KAMBOCO PASTEL PESCADO	I008298	P0.15K	MARIS	NOE- CONG	UIO
20	LANGOSTINO EMPACADO	I008301	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
21	LOMO TATAKI	I008090	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
22	MASAGO	I008311	C2Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
23	MASAGO NEGRO	I008757	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
24	MASAGO ROJO	I009211	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
25	MASAGO WASABI	I008312	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
26	MOTA DE GUANABANA	I008761	Kg	BEBID	PULPAS	UIO
27	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	I008810	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
28	NOE CAMARON SOPAS	I008613	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
29	NOE CAMARON SUSHI	I008093	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
30	NOE CAMARON TEMPURA	I008094	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
31	NOE CARNE DE LANGOSTA	I009333	P300gr	MARIS	NOE- CONG	UIO
32	NOE CUBOS DE POLLO 16 g	I008952	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
33	NOE LOMO DE FALDA	I008089	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
34	NOE LOMO FINO	I008087	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
35	NOE PICADILLO DE SALMON	I009027	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
36	NOE RIBEYE	I008724	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
37	NOE SALMON SUSHI	I009025	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
38	NOE SALMON TERIYAKI	I009026	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

No.	Artículo	Código	Unidad de Inventario	Conjunto de Artículos	Diario	Proveedor
39	NOE SURIMI PROCESADO	I008091	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
40	PULPA NARANJILLA 1 Kg	I008069	Kg	BEBID	PULPAS	UIO
41	PULPA NARANJILLA 100 gr	I006470	Unidad	BEBID	PULPAS	UIO
42	PULPO OZEKI	I008380	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
43	SALMON AHUMADO	I008778	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
44	SALMON FRESCO EMPACADO	I008723	Kg	CARNI	NOE- CONG	UIO
45	SCALLOPS	I008402	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
46	SHIMI SABA	I008404	P0.125Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
47	SHIRO MISO BLANCO	I008405	Kg	SALSA	NOE- CONG	UIO
48	SOFT SHELL CRAB	I008407	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
49	TOBIKO ROJO	I008432	P0.5Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
50	TOBIKO WASABI	I008756	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO
51	UDON (FIDEO GRUESO JAPON)	I008445	Pqte1.25K	OTROS	NOE- CONG	UIO
52	UNI ERIZO	I008447	Kg	MARIS	NOE- CONG	UIO

Fuente. Sistema de Información del Centro de Distribución.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

ANEXO 2

Método ABC para Productos Congelados

No.	Código de artículo	Nombre del artículo	Almacén	Unidad	Inventario físico	Precio de costo	Total	Acumulado 1	Diferencia	Porcentaje	Acumulado 2	Pareto
3	I008117	ANGUILA UNAGI	PLG-BODEGA	Kg	16	\$ 295.6	\$ 4,729.0	\$ 4,729.0	-\$ 32,486.3	12.71%	12.71%	A
42	I008380	PULPO OZEKI	PLG-BODEGA	Kg	470.08	\$ 10.0	\$ 4,682.0	\$ 9,411.0	-\$ 27,804.3	12.58%	25.29%	A
18	I008296	KANI KAMA CANGREJO BARRA	PLG-BODEGA	Kg	368	\$ 12.4	\$ 4,566.9	\$ 13,977.8	-\$ 23,237.4	12.27%	37.56%	A
4	I008123	ATUN AKAMI IRREGULAR	PLG-BODEGA	Kg	129.22	\$ 20.6	\$ 2,667.1	\$ 16,644.9	-\$ 20,570.3	7.17%	44.73%	A
44	I008723	SALMON FRESCO EMPACADO	PLG-BODEGA	Kg	191.02	\$ 10.2	\$ 1,938.9	\$ 18,583.8	-\$ 18,631.4	5.21%	49.94%	A
34	I008087	NOE LOMO FINO	PLG-BODEGA	Kg	181.76	\$ 10.3	\$ 1,864.9	\$ 20,448.6	-\$ 16,766.6	5.01%	54.95%	A
27	I008810	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	PLG-BODEGA	Kg	109.2	\$ 14.2	\$ 1,546.3	\$ 21,994.9	-\$ 15,220.3	4.15%	59.10%	A

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

No.	Código de artículo	Nombre del artículo	Almacén	Unidad	Inventario físico	Precio de costo	Total	Acumulado 1	Diferencia	Porcentaje	Acumulado 2	Pareto
20	I008301	LANGOSTINO EMPACADO	PLG-BODEGA	Kg	77.36	\$ 15.7	\$ 1,217.6	\$ 23,212.6	-\$ 14,002.7	3.27%	62.37%	A
9	I008096	CARNE DE PANGORA NACIONAL	PLG-BODEGA	Kg	28	\$ 41.9	\$ 1,172.4	\$ 24,384.9	-\$ 12,830.3	3.15%	65.52%	A
14	I008639	HAMACHI COLA AMARILLA	PLG-BODEGA	Kg	24.88	\$ 46.9	\$ 1,167.6	\$ 25,552.5	-\$ 11,662.7	3.14%	68.66%	A
6	I008139	CALAMAR OZEKI	PLG-BODEGA	Kg	116	\$ 9.7	\$ 1,128.7	\$ 26,681.2	-\$ 10,534.0	3.03%	71.69%	A
39	I008091	NOE SURIMI PROCESADO	PLG-BODEGA	Kg	173.2	\$ 6.3	\$ 1,091.2	\$ 27,772.4	-\$ 9,442.8	2.93%	74.63%	A
17	I008295	KAI CONCHA CANADA	PLG-BODEGA	Kg	19	\$ 47.5	\$ 903.3	\$ 28,675.6	-\$ 8,539.6	2.43%	77.05%	A
22	I008311	MASAGO	PLG-BODEGA	Kg	22	\$ 38.8	\$ 852.5	\$ 29,528.1	-\$ 7,687.1	2.29%	79.34%	A
28	I008613	NOE CAMARON SOPAS	PLG-BODEGA	Kg	52.8	\$ 15.0	\$ 789.9	\$ 30,318.0	-\$ 6,897.2	2.12%	81.47%	B

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

No.	Código de artículo	Nombre del artículo	Almacén	Unidad	Inventario físico	Precio de costo	Total	Acumulado 1	Diferencia	Porcentaje	Acumulado 2	Pareto
29	I008093	NOE CAMARON SUSHI	PLG-BODEGA	Kg	32.75	\$ 21.6	\$ 706.7	\$ 31,024.8	-\$ 6,190.4	1.90%	83.37%	B
30	I008094	NOE CAMARON TEMPURA	PLG-BODEGA	Kg	43.62	\$ 14.5	\$ 630.7	\$ 31,655.5	-\$ 5,559.7	1.69%	85.06%	B
16	I008640	IKURA	PLG-BODEGA	Kg	6	\$ 103.8	\$ 622.8	\$ 32,278.3	-\$ 4,936.9	1.67%	86.73%	B
49	I008432	TOBIKO ROJO	PLG-BODEGA	Kg	20	\$ 26.4	\$ 528.8	\$ 32,807.1	-\$ 4,408.1	1.42%	88.16%	B
12	I000230	CORVINA	PLG-BODEGA	Kg	39.4	\$ 11.8	\$ 465.3	\$ 33,272.4	-\$ 3,942.8	1.25%	89.41%	B
8	I008140	CAMARON POMADA	PLG-BODEGA	Kg	48	\$ 8.4	\$ 400.8	\$ 33,673.2	-\$ 3,542.0	1.08%	90.48%	B
33	I008089	NOE LOMO DE FALDA	PLG-BODEGA	Kg	51.06	\$ 7.4	\$ 375.3	\$ 34,048.5	-\$ 3,166.7	1.01%	91.49%	B
7	I009872	CAMARON APANADO 41-50	PLG-BODEGA	Kg	47	\$ 7.8	\$ 367.5	\$ 34,416.1	-\$ 2,799.1	0.99%	92.48%	B
43	I008778	SALMON AHUMADO	PLG-BODEGA	Kg	13.4	\$ 21.0	\$ 281.4	\$ 34,697.5	-\$ 2,517.7	0.76%	93.23%	B
24	I009211	MASAGO ROJO	PLG-BODEGA	Kg	7	\$ 37.3	\$ 260.9	\$ 34,958.4	-\$ 2,256.9	0.70%	93.94%	B

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

No.	Código de artículo	Nombre del artículo	Almacén	Unidad	Inventario físico	Precio de costo	Total	Acumulado 1	Diferencia	Porcentaje	Acumulado 2	Pareto
31	I009333	NOE CARNE DE LANGOSTA	PLG-BODEGA	Kg	10	\$ 23.8	\$ 237.5	\$ 35,195.9	\$ 32,939.0	10.52%	1559.51%	B
21	I008090	LOMO TATAKI	PLG-BODEGA	Kg	30.8	\$ 7.5	\$ 230.4	\$ 35,426.2	\$ 33,169.4	10.21%	1569.71%	C
51	I008445	UDON (FIDEO GRUESO JAPON)	PLG-BODEGA	Kg	7	\$ 30.6	\$ 214.1	\$ 35,640.3	\$ 33,383.4	9.48%	1579.20%	C
15	I008282	IKA CALAMAR	PLG-BODEGA	Kg	3	\$ 62.8	\$ 188.5	\$ 35,828.8	\$ 33,571.9	8.35%	1587.55%	C
1	I008103	AKA MISO ROJO	PLG-BODEGA	Kg	29	\$ 5.4	\$ 156.9	\$ 35,985.7	\$ 33,728.8	6.95%	1594.50%	C
13	I008245	FREJOL JAPONES EDAMAME	PLG-BODEGA	Kg	18	\$ 7.9	\$ 142.9	\$ 36,128.6	\$ 33,871.7	6.33%	1600.84%	C
36	I008724	NOE RIBEYE	PLG-BODEGA	Kg	3.2	\$ 38.9	\$ 124.3	\$ 36,252.9	\$ 33,996.1	5.51%	1606.34%	C
2	I008636	ALMEJAS	PLG-BODEGA	Kg	38	\$ 3.0	\$ 114.0	\$ 36,366.9	\$ 34,110.1	5.05%	1611.39%	C
26	I008761	MOTA DE GUANABANA	PLG-BODEGA	Kg	35	\$ 3.2	\$ 112.0	\$ 36,478.9	\$ 34,222.1	4.96%	1616.36%	C

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

No.	Código de artículo	Nombre del artículo	Almacén	Unidad	Inventario físico	Precio de costo	Total	Acumulado 1	Diferencia	Porcentaje	Acumulado 2	Pareto
5	I008124	ATUN BLANCO	PLG-BODEGA	Kg	6.9	\$ 14.9	\$ 102.5	\$ 36,581.5	\$ 34,324.6	4.54%	1620.90%	C
47	I008405	SHIRO MISO BLANCO	PLG-BODEGA	Kg	17	\$ 5.9	\$ 101.0	\$ 36,682.4	\$ 34,425.6	4.47%	1625.38%	C
48	I008407	SOFT SHELL CRAB	PLG-BODEGA	Kg	2	\$ 46.2	\$ 92.4	\$ 36,774.9	\$ 34,518.0	4.10%	1629.47%	C
25	I008312	MASAGO WASABI	PLG-BODEGA	Kg	2	\$ 37.0	\$ 74.0	\$ 36,848.9	\$ 34,592.0	3.28%	1632.75%	C
45	I008402	SCALLOPS	PLG-BODEGA	Kg	5	\$ 14.8	\$ 74.0	\$ 36,922.9	\$ 34,666.0	3.28%	1636.03%	C
52	I008447	UNI ERIZO	PLG-BODEGA	Kg	0.542	\$ 136.1	\$ 73.8	\$ 36,996.6	\$ 34,739.8	3.27%	1639.30%	C
41	I006470	PULPA NARANJILLA 100 gr	PLG-BODEGA	Kg	300	\$ 0.2	\$ 63.0	\$ 37,059.6	\$ 34,802.8	2.79%	1642.09%	C
40	I008069	PULPA NARANJILLA 1 Kg	PLG-BODEGA	Kg	36	\$ 1.6	\$ 56.9	\$ 37,116.5	\$ 34,859.6	2.52%	1644.61%	C

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

No.	Código de artículo	Nombre del artículo	Almacén	Unidad	Inventario físico	Precio de costo	Total	Acumulado 1	Diferencia	Porcentaje	Acumulado 2	Pareto
46	I008404	SHIMI SABA	PLG-BODEGA	Kg	7	\$ 5.0	\$ 35.1	\$ 37,151.6	\$ 34,894.7	1.55%	1646.16%	C
19	I008298	KIBUN KAMBOCO PASTEL PESCADO	PLG-BODEGA	Kg	4	\$ 6.7	\$ 26.6	\$ 37,178.2	\$ 34,921.4	1.18%	1647.34%	C
11	I008710	CENTOLLA ENTERA	PLG-BODEGA	Kg	1	\$ 26.5	\$ 26.5	\$ 37,204.7	\$ 34,947.9	1.17%	1648.52%	C
23	I008757	MASAGO NEGRO	PLG-BODEGA	Kg	0.5	\$ 21.0	\$ 10.5	\$ 37,215.2	\$ 34,958.4	0.47%	1648.98%	C
10	I009861	CARNE DE PANGORA PERUANA	PLG-BODEGA	Kg	0	\$ 37.1	\$ 0.0	\$ 37,215.2	\$ 34,958.4	0.00%	1648.98%	C
32	I008952	NOE CUBOS DE POLLO 16 g	PLG-BODEGA	Kg	0	\$ 5.5	\$ 0.0	\$ 37,215.2	\$ 34,958.4	0.00%	1648.98%	C

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
 Centro de Distribución de Productos Congelados
 (Proveedor – CD - Cliente)

No.	Código de artículo	Nombre del artículo	Almacén	Unidad	Inventario físico	Precio de costo	Total	Acumulado 1	Diferencia	Porcentaje	Acumulado 2	Pareto
35	I009027	NOE PICADILLO DE SALMON	PLG-BODEGA	Kg	0	\$ 10.4	\$ 0.0	\$ 37,215.2	\$ 34,958.4	0.00%	1648.98%	C
37	I009025	NOE SALMON SUSHI	PLG-BODEGA	Kg	0	\$ 16.3	\$ 0.0	\$ 37,215.2	\$ 34,958.4	0.00%	1648.98%	C
38	I009026	NOE SALMON TERIYAKI	PLG-BODEGA	Kg	0	\$ 16.4	\$ 0.0	\$ 37,215.2	\$ 34,958.4	0.00%	1648.98%	C
50	I008756	TOBIKO WASABI	PLG-BODEGA	Kg	0	\$ 99.0	\$ 0.0	\$ 37,215.2	\$ 34,958.4	0.00%	1648.98%	C
						SUMA	\$ 2,256.9					

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

ANEXO 3

Histórico de la Demanda de Productos Congelados

El centro de Distribución tiene en su sistema de información los consumos semanales de la bodega, durante las 15 semanas del presente año, detalladas en la tabla.

		3/12/2012	3/19/2012	3/26/2012	4/2/2012	4/9/2012	4/16/2012	4/23/2012	4/30/2012	5/7/2012	5/14/2012	5/21/2012	5/28/2012	6/4/2012	6/11/2012	6/18/2012	6/25/2012
		3/18/2012	3/25/2012	4/1/2012	4/8/2012	4/15/2012	4/22/2012	4/29/2012	5/6/2012	5/13/2012	5/20/2012	5/27/2012	6/3/2012	6/10/2012	6/17/2012	6/24/2012	6/1/2012
		Previsión de Consumos y Ventas															
Artículo	Código	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24	Semana 25	Semana 26
ANGUILA UNAGI	I008117	5.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	8.0	3.0	5.0	2.0	4.0	2.0	5.0	3.0
ATUN AKAMI IRREGULAR	I008123	38.8	36.7	40.8	47.1	37.2	41.9	45.0	36.5	59.5	40.5	33.9	36.9	41.1	45.9	41.2	31.6
CALAMAR OZEKI	I008139	32.0	20.6	21.0	40.1	21.8	39.7	30.7	35.9	56.5	28.7	48.3	0.0	19.8	35.6	25.0	30.0
CARNE DE PANGORA NACIONAL	I008096	16.0	14.0	21.0	16.0	10.0	24.0	12.0	18.2	22.0	14.0	16.0	14.0	12.0	18.0	12.0	12.0
HAMACHI COLA AMARILLA	I008639	0.0	0.0	4.3	0.0	2.3	4.7	0.0	2.2	4.4	4.5	0.0	0.0	2.2	6.7	2.3	2.3
KAI CONCHA CANADA	I008295	3.0	0.0	5.2	5.0	0.0	3.0	2.0	5.0	0.0	3.0	0.0	2.0	0.0	1.0	2.0	1.0
KANI KAMA CANGREJO BARRA	I008296	158.0	114.0	195.0	219.0	141.0	189.0	157.0	194.0	286.0	171.0	194.0	156.0	162.0	305.0	214.0	201.0

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

		3/12/2012	3/19/2012	3/26/2012	4/2/2012	4/9/2012	4/16/2012	4/23/2012	4/30/2012	5/7/2012	5/14/2012	5/21/2012	5/28/2012	6/4/2012	6/11/2012	6/18/2012	6/25/2012
		3/18/2012	3/25/2012	4/1/2012	4/8/2012	4/15/2012	4/22/2012	4/29/2012	5/6/2012	5/13/2012	5/20/2012	5/27/2012	6/3/2012	6/10/2012	6/17/2012	6/24/2012	6/1/2012
		Previsión de Consumos y Ventas															
Artículo	Código	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24	Semana 25	Semana 26
LANGOSTINO EMPACADO	I008301	25.1	17.3	20.0	19.9	15.6	18.1	24.9	18.2	29.9	9.5	17.1	10.8	14.2	19.9	21.0	17.8
MASAGO	I008311	5.0	6.0	6.0	6.0	4.0	6.0	5.0	5.0	17.0	3.0	7.0	4.0	3.0	6.0	10.0	3.0
NOE CAMARON POMADA PROCESADO	I008810	83.0	68.0	140.5	72.0	68.0	96.0	93.0	79.1	151.0	72.0	107.0	58.0	34.0	103.0	79.0	100.0
NOE LOMO FINO	I008087	69.0	55.8	63.1	10.7	35.3	64.2	66.8	75.9	95.9	77.2	75.0	50.9	55.6	84.7	82.1	66.0
NOE SURIMI PROCESADO	I008091	95.0	77.0	94.0	74.0	72.0	98.0	86.4	71.1	147.0	62.0	123.0	45.0	72.0	110.0	143.1	86.0
PULPO OZEKI	I008380	124.7	96.7	122.6	125.9	81.6	98.6	249.5	137.5	303.0	146.3	167.6	139.6	138.4	223.4	195.0	212.3
SALMON FRESCO EMPACADO	I008723	109.6	78.7	111.8	146.4	84.5	118.2	111.9	139.8	220.6	114.9	125.8	93.8	112.5	120.5	161.4	151.9

Fuente. Sistema de Información del Centro de Distribución.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

ANEXO 4

Demanda de Productos por Minoristas

El centro de Distribución tiene en su sistema de información los consumos semanales de sus clientes, es decir los minoristas, durante las 15 semanas del presente año, detalladas en la tabla.

N06

SEMANA	PRODUCTO	ANGUILA UNAGI	PULPO OZEKI	KANI KAMA CANGREJO BARRA	ATUN AKAMI IRREGULAR	SALMON FRESCO EMPACADO	NOE LOMO FINO	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	LANGOSTINO EMPACADO	CARNE DE PANGORA NACIONAL	HAMACHI COLA AMARILLA	CALAMAR OZEKI	NOE SURIMI PROCESADO	KAI CONCHA CANADA	MASAGO
12/03/2012 18/03/2012	11	2	155	84	11.7	418	133	29	2.2	8	2.4	14	420	0	3
19/03/2012 25/03/2012	12	2	584	60	22.3	295	244	38	6.6	6	2.3	10.6	400	1	2
26/03/2012 01/04/2012	13	2	3441	80	9.1	341	168	25	9.33	7	0	13	330	3	2
02/04/2012 08/04/2012	14	2	0	80	16.3	1897	66	36	4.4	10	0	10.2	91	2.2	2
09/04/2012 15/04/2012	15	0	130	60	16.5	157	114	31	4.3	4	0	12.8	180	0	2
16/04/2012 22/04/2012	16	2	366	73	11.8	538	262	45	4.4	10	4.5	18.6	490	1	3
23/04/2012 29/04/2012	17	1	884	70	15.5	331	199	32	6.4	2	0	6.2	260	1	1
30/04/2012 06/05/2012	18	1	527	80	14.39	582	201	29.1	6.3	8.05	0	11	350	3	2
07/05/2012 13/05/2012	19	2	0	110	23.4	424	247	50	4.4	8	0	26.1	290	0	6
14/05/2012 20/05/2012	20	1	540	60	8.4	421	505	36	5.4	6	0	8.1	280	2	3
21/05/2012 27/05/2012	21	2	847	72	14.4	571	352	47	0	2	0	16.8	440	0	3

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

N06

SEMANA	PRODUCTO	ANGUILA UNAGI	PULPO OZEKI	KANI KAMA CANGREJO BARRA	ATUN AKAMI IRREGULAR	SALMON FRESCO EMPACADO	NOE LOMO FINO	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	LANGOSTINO EMPACADO	CARNE DE PANGORA NACIONAL	HAMACHI COLA AMARILLA	CALAMAR OZEKI	NOE SURIMI PROCESADO	KAI CONCHA CANADA	MASAGO
28/05/2012 03/06/2012	22	1	139	60	9.7	100	200	20	3.1	8	0	9.5	150	0	1
04/06/2012 10/06/2012	23	2	154	53	11	2216	220	33	5.4	6	0	3.1	50	0	0
11/06/2012 17/06/2012	24	1	496	82	22.7	3168	156	26	6.8	10	2.3	18.1	240	1	3
18/06/2012 24/06/2012	25	2	900	67	14.3	5419	244	30	3.1	2	2.3	8.7	330	1	4
25/06/2012 01/07/2012	26	1	8196	62	14.3	5824	243	42	6.5	2	0	10	400	0	0

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

N07

SEMANA	PRODUCTO	ANGUILA UNAGI	PULPO OZEKI	KANI KAMA CANGREJO BARRA	ATUN AKAMI IRREGULAR	SALMON FRESCO EMPACADO	NOE LOMO FINO	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	LANGOSTINO EMPACADO	CARNE DE PANGORA NACIONAL	HAMACHI COLA AMARILLA	CALAMAR OZEKI	NOE SURIMI PROCESADO	KAI CONCHA CANADA	MASAGO
12/03/2012 18/03/2012	11	2	321	55	9.5	257	222	26	6.6	8	0	10	220	1	0
19/03/2012 25/03/2012	12	2	393	37	16.9	339	335	30	14.1	8	0	10	300	1	2
26/03/2012 01/04/2012	13	0	667	55	16.7	365	287	13.5	4.3	6	4.3	4	100	1	2
02/04/2012 08/04/2012	14	2	3978	65	15.3	158	65	30	4.4	2	0	13.2	110	1	1
09/04/2012 15/04/2012	15	2	157	68	22.5	211	126	26	9.3	6	2.3	8.5	140	1	2
16/04/2012 22/04/2012	16	1	252	62	12.2	387	246	31	5.3	8	0	11.9	240	1	2
23/04/2012 29/04/2012	17	1	1103	60	23.6	499	314	39	11	8	0	16.8	394	1	2
30/04/2012 06/05/2012	18	1	360	70	14.1	366	222	36	5.4	6.05	2.2	13.7	280	1	2
07/05/2012 13/05/2012	19	4	208	90	18.9	306	177	55	8.9	6	4.4	9	240	0	4
14/05/2012 20/05/2012	20	0	567	50	15.4	200	311	20	4.4	4	0	12.6	190	0	1
21/05/2012 27/05/2012	21	2	691	77	13.3	650	419	40	9.6	8	0	26.4	450	0	1

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

N07

SEMANA \ PRODUCTO	ANGUILA UNAGI	PULPO OZEKI	KANI KAMA CANGREJO BARRA	ATUN AKAMI IRREGULAR	SALMON FRESCO EMPACADO	NOE LOMO FINO	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	LANGOSTINO EMPACADO	CARNE DE PANGORA NACIONAL	HAMACHI COLA AMARILLA	CALAMAR OZEKI	NOE SURIMI PROCESADO	KAI CONCHA CANADA	MASAGO	
28/05/2012 03/06/2012	22	0	374	66	14	61	88	22	3.2	4	0	4	50	0	2
04/06/2012 10/06/2012	23	2	102	76	24.6	128	67	32	6.4	8	0	8.6	70	1	2
11/06/2012 17/06/2012	24	2	414	77	15.8	3968	311	40	6	6	2.1	8.9	270	0	3
18/06/2012 24/06/2012	25	2	643	66	14.9	3928	357	26	9.3	4	2.3	13	320	1	2
25/06/2012 01/06/2012	26	1	7504	59	6.6	6682	220	35	4.1	6	0	8	230	0	1

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

N11

SEMANA	PRODUCTO	ANGUILA UNAGI	PULPO OZEKI	KANI KAMA CANGREJO BARRA	ATUN AKAMI IRREGULAR	SALMON FRESCO EMPACADO	NOE LOMO FINO	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	LANGOSTINO EMPACADO	CARNE DE PANGORA NACIONAL	HAMACHI COLA AMARILLA	CALAMAR OZEKI	NOE SURIMI PROCESADO	KAI CONCHA CANADA	MASAGO
12/03/2012 18/03/2012	11	1	459	42	8.2	248	112	25	9.7	4	0	6	120	1	3
19/03/2012 25/03/2012	12	1	457	41	10.6	294	202	18	6.5	0	0	10	260	0	2
26/03/2012 01/04/2012	13	0	100	42	6.9	272	87	11	4.2	6	0	2	200	0	2
02/04/2012 08/04/2012	14	1	2746	60	13.9	147	22	22	10	4	0	12	120	2	1
09/04/2012 15/04/2012	15	1	109	45	7.9	151	113	20	5.3	2	0	7.2	110	0	2
16/04/2012 22/04/2012	16	1	368	44	17.9	272	134	20	8.4	6	2.4	9.2	250	1	1
23/04/2012 29/04/2012	17	1	508	27	5.9	289	155	22	7.5	2	0	7.7	210	0	2
30/04/2012 06/05/2012	18	1	118	44	8	257	135	14	6.5	4.05	0	11.2	150	1	1
07/05/2012 13/05/2012	19	2	238	56	11.6	238	113	30	11.1	4	0	14.7	110	0	3
14/05/2012 20/05/2012	20	1	427	51	12.6	378	219	19	3.1	4	0	7	200	1	1
21/05/2012 27/05/2012	21	1	519	47	11.3	309	197	17	7.5	6	0	9.6	220	0	1

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

N11

SEMANA \ PRODUCTO	ANGUILA UNAGI	PULPO OZEKI	KANI KAMA CANGREJO BARRA	ATUN AKAMI IRREGULAR	SALMON FRESCO EMPACADO	NOE LOMO FINO	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	LANGOSTINO EMPACADO	CARNE DE PANGORA NACIONAL	HAMACHI COLA AMARILLA	CALAMAR OZEKI	NOE SURIMI PROCESADO	KAI CONCHA CANADA	MASAGO	
28/05/2012 03/06/2012	22	1	160	43	11.1	1185	88	14	3.2	5	6.5	100	1	3	
04/06/2012 10/06/2012	23	0	92	48	16.1	98	0	20	7.5	1	2.2	6.4	90	0	2
11/06/2012 17/06/2012	24	0	390	51	8.5	139	89	19	4.9	4	2.3	11.2	170	0	1
18/06/2012 24/06/2012	25	2	536	64	9.7	5217	244	21	9	4	0	6.5	240	0	3
25/06/2012 01/06/2012	26	1	648	58	17.2	2705	220	19	8.3	4	0	8	260	1	2

Fuente. Sistema de Información del Centro de Distribución.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

ANEXO 5

Codificación en R

La serie de comandos que se utilizo para realizar el método del Holt-Winters para cada demanda de los productos tipo A que solicitan los diferentes minoristas, fue la siguiente:

A. `MASAGO<-ts(data = c(3, 2, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 3, 1, 1, 3, 2, 1, 3, 2),start = 3, frequency = 4)`

MASAGO

Qtr1 Qtr2 Qtr3 Qtr4

3 3 2 2 1

4 2 1 2 1

5 3 1 1 3

6 2 1 3 2

B. `acf(MASAGO)`

C. `HW=HoltWinters(MASAGO)`

HW

Holt-Winters exponential smoothing with trend and additive seasonal component.

Call:

`HoltWinters(x = MASAGO)`

Smoothing parameters:

Alpha: 0.1343579

Beta: 1

Gamma: 0

Coefficients:

[,1]

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

a 2.3435049

b 0.2394543

s1 0.6250000

s2 -0.3750000

s3 0.2500000

s4 -0.5000000

D. `p1<-predict(hw,n.ahead=10)`

p1

	Qtr1	Qtr2	Qtr3	Qtr4
7	3.207959	2.447414	3.311868	2.801322
8	4.165777	3.405231	4.269685	3.759140
9	5.123594	4.363048		

E. `ts.plot(MASAGO,predict(hw,n.ahead=10),col=c(5,4))`

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

ANEXO 6

Pronósticos de la Demanda de los Minoristas

Resultado de los pronósticos obtenidos del software estadístico R.

N06

	ANGUILA UNAGI	PULPO OZEKI	KANI KAMA CANGREJO BARRA	ATUN AKAMI IRREGULAR	SALMON FRESCO EMPACADO	NOE LOMO FINO	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	LANGOSTINO EMPACADO	CARNE DE PANGORA NACIONAL	HAMACHI COLA AMARILLA	CALAMAR OZEKI	NOE SURIMI PROCESADO	KAI CONCHA CANADA	MASAGO
Semana 27	1.9	8158.4	51.7	15.4	9403.7	270.5	43.7	3.4	3.7	0.6	11.9	173.5	0.0	1.4
Semana 28	1.0	11440.5	49.2	14.4	11314.6	406.4	45.4	4.6	6.8	2.9	18.6	352.3	0.0	2.5
Semana 29	1.9	15021.7	46.6	13.4	13641.2	347.8	42.0	1.1	0.3	1.8	13.3	364.7	0.0	1.3
Semana 30	0.9	22317.7	65.4	11.3	14046.2	254.5	43.0	4.0	2.9	0.7	9.8	291.7	0.0	1.3
Semana 31	1.9	22280.1	62.8	10.3	17625.9	305.0	47.9	2.2	2.5	1.0	12.3	183.3	0.0	1.3
Semana 32	0.9	25562.2	60.3	9.3	19536.7	440.9	49.6	3.4	5.6	3.3	18.9	362.1	0.0	2.4
Semana 33	1.9	29143.4	69.5	9.0	21863.3	382.3	46.1	0.0	0.0	2.2	13.7	374.5	0.0	1.2
Semana 34	0.9	36439.4	66.9	8.0	22268.3	289.1	47.1	2.8	1.7	1.1	10.1	301.6	0.0	1.2
Semana 35	1.8	36401.8	70.2	13.1	25848.1	339.6	52.1	1.0	1.3	1.4	12.7	193.2	0.0	1.1
Semana 36	0.8	39683.9	67.7	12.1	27758.9	475.5	53.7	2.2	4.3	3.7	19.3	372.0	0.0	2.2

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

NO7

	ANGUILA UNAGI	PULPO OZEKI	KANI KAMA CANGREJO BARRA	ATUN AKAMI IRREGULAR	SALMON FRESCO EMPACADO	NOE LOMO FINO	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	LANGOSTINO EMPACADO	CARNE DE PANGORA NACIONAL	HAMACHI COLA AMARILLA	CALAMAR OZEKI	NOE SURIMI PROCESADO	KAI CONCHA CANADA	MASAGO
Semana 27	2.27	0.00	69.40	19.40	8585.44	172.58	44.29	6.59	8.27	0.27	2.80	222.54	0.20	3.13
Semana 28	1.06	0.00	55.93	8.49	11070.41	317.19	42.00	5.57	7.94	0.00	3.43	362.51	0.27	3.10
Semana 29	1.45	0.00	55.13	12.02	13465.87	375.44	40.85	9.15	7.98	0.09	9.36	466.74	0.26	3.56
Semana 30	0.61	2286.52	54.62	7.28	15610.34	185.54	47.69	3.80	6.49	0.00	1.87	310.93	0.12	2.46
Semana 31	2.12	0.00	54.85	14.46	17992.31	198.23	54.46	6.41	9.28	0.00	0.00	317.94	0.07	3.58
Semana 32	0.91	0.00	41.38	3.55	20477.28	342.85	52.17	5.39	8.95	0.00	0.00	457.91	0.14	3.55
Semana 33	1.30	0.00	40.58	7.08	22872.75	401.09	51.02	8.97	8.99	0.00	4.51	562.14	0.13	4.01
Semana 34	0.46	1822.47	40.08	2.34	25017.22	211.19	57.86	3.62	7.49	0.00	0.00	406.33	0.00	2.91
Semana 35	1.97	0.00	940.30	9.52	27399.18	223.89	64.64	6.23	10.28	0.00	0.00	413.34	0.00	4.03
Semana 36	0.76	0.00	26.83	0.00	29884.15	368.50	62.35	5.21	9.96	2.00	3.00	553.31	0.00	4.00

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un
Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

N011

	ANGUILA UNAGI	PULPO OZEKI	KANI KAMA CANGREJO BARRA	ATUN AKAMI IRREGULAR	SALMON FRESCO EMPACADO	NOE LOMO FINO	NOE CAMARON POMADA PROCESADO	LANGOSTINO EMPACADO	CARNE DE PANGORA NACIONAL	HAMACHI COLA AMARILLA	CALAMAR OZEKI	NOE SURIMI PROCESADO	KAI CONCHA CANADA	MASAGO
Semana 27	0.89	0.00	61.70	17.38	2983.68	74.20	25.96	8.96	2.44	3.02	10.14	109.08	0.00	3.21
Semana 28	0.81	35.68	65.68	9.78	3959.67	154.75	22.87	5.81	5.79	3.12	11.38	212.94	0.00	2.45
Semana 29	1.99	178.44	66.91	10.98	5532.46	241.36	23.15	9.30	5.77	0.86	8.78	228.35	0.00	3.31
Semana 30	1.40	262.70	74.49	18.48	5876.80	195.30	21.56	8.04	4.76	0.85	10.50	181.31	0.85	2.80
Semana 31	1.24	0.00	76.96	18.65	6489.43	91.30	28.56	9.60	2.85	3.86	11.92	112.08	0.00	4.17
Semana 32	1.16	0.00	80.95	11.05	7465.42	171.85	25.47	6.45	6.20	3.96	13.16	215.94	0.00	3.41
Semana 33	2.34	0.00	82.17	12.25	9038.21	258.46	25.75	9.94	6.18	1.70	10.56	231.35	0.00	4.27
Semana 34	1.75	0.00	89.76	19.75	9382.55	212.40	24.16	8.68	5.16	1.69	12.28	184.31	0.71	3.76
Semana 35	1.59	0.00	92.23	19.93	9995.17	108.40	31.16	10.23	3.26	4.70	13.69	115.08	0.00	5.12
Semana 36	1.51	0.00	96.21	12.33	10971.17	188.95	28.07	7.08	6.61	4.80	14.93	218.94	0.00	4.36

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

ANEXO 7

Codificación en GAMS

*DISEÑO POLITICA DE INVENTARIO 1 PROVEEDOR - 1 CD - 3 MINORISTAS

```
OPTION LIMCOL=0,LIMROW=0;
OPTION OPTCR = 0.0000001;
```

SETS

i PRODUCTO

```
/ANGUILA,PULPO,KANI_KAMA,ATUN,SALMON,NOE_LOMO,NOE_CAMARON,
LANGOSTINO,CARNE_DE_PANGORA,HAMACHI,CALAMAR,NOE_SURIMI
KAI_CONCHA,MASAGO/
```

r MINORISTAS /N6,N7,N11/

p PROVEEDOR /UIO/

w BODEGA /GYE/

TABLE DEMANDA_DIARIA (i,r) DEMANDA DIARIA DEL PRODUCTO (i) EN
EL MINORISTA (r)

	N6	N7	N11
ANGUILA	1.00	1.00	1.00
PULPO	166.49	154.89	114.55
KANI_KAMA	14.36	11.46	9.20
ATUN	4.34	3.31	2.44
SALMON	96.41	85.70	64.14
NOE_LOMO	51.63	57.84	38.33
NOE_CAMARON	7.59	6.32	4.06
LANGOSTINO	2.34	2.22	2.09
CARNE_DE_PANGORA	2.29	2.04	1.88
HAMACHI	2.30	2.20	2.30
CALAMAR	3.80	2.98	2.77
NOE_SURIMI	82.48	58.36	42.61
KAI_CONCHA	1.01	1.00	1.00
MASAGO	1.27	1.03	0.94

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

TABLE DEMANDA_DIARIA2(i,w) DEMANDA DIARIA DEL PRODUCTO (i) EN
LA BODEGA (w)

	GYE
ANGUILA	4.50
PULPO	653.90
KANI_KAMA	52.52
ATUN	15.13
SALMON	369.37
NOE_LOMO	221.70
NOE_CAMARON	26.96
LANGOSTINO	9.97
CARNE_DE_PANGORA	9.32
HAMACHI	10.20
CALAMAR	14.31
NOE_SURIMI	275.18
KAI_CONCHA	4.52
MASAGO	4.86

TABLE DEMANDA_ANUAL (i,r) DEMANDA ANUAL ESPERADA DEL
PRODUCTO (i) EN EL MINORISTA (r)

	N6	N7	N11
ANGUILA	360.0	360.0	360.0
PULPO	59936.4	55760.4	41238.0
KANI_KAMA	5169.6	4125.6	3312.0
ATUN	1562.4	1191.6	878.4
SALMON	34707.6	30852.0	23090.4
NOE_LOMO	18586.8	20822.4	13798.8
NOE_CAMARON	2732.4	2275.2	1461.6
LANGOSTINO	842.4	799.2	752.4
CARNE_DE_PANGORA	824.4	734.4	676.8
HAMACHI	828.0	792.0	828.0
CALAMAR	1368.0	1072.8	997.2
NOE_SURIMI	29692.8	21009.6	15339.6
KAI_CONCHA	363.6	360.0	360.0
MASAGO	457.2	370.8	338.4
KAI_CONCHA	363.6	360.0	360.0
MASAGO	457.2	370.8	338.4

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

TABLE DEMANDA_ANUAL2(i,w) DEMANDA ANUAL ESPERADA DEL
PRODUCTO (i) EN LA BODEGA(w)

	GYE
ANGUILA	1620.0
PULPO	235404.0
KANI_KAMA	18907.2
ATUN	5446.8
SALMON	132973.2
NOE_LOMO	79812.0
NOE_CAMARON	9705.6
LANGOSTINO	3589.2
CARNE_DE_PANGORA	3355.2
HAMACHI	3672.0
CALAMAR	5151.6
NOE_SURIMI	99064.8
KAI_CONCHA	1627.2
MASAGO	1749.6

TABLE TIEMPO_REPOSICION (i,r) TIEMPO REPOSICIÓN DEL PRODUCTO (i)
PARA EL MINORISTA (r)

	N6	N7	N11
ANGUILA	5	5	5
PULPO	5	5	5
KANI_KAMA	5	5	5
ATUN	5	5	5
SALMON	5	5	5
NOE_LOMO	5	5	5
NOE_CAMARON	5	5	5
LANGOSTINO	5	5	5
CARNE_DE_PANGORA	5	5	5
HAMACHI	5	5	5
CALAMAR	5	5	5
NOE_SURIMI	5	5	5
KAI_CONCHA	5	5	5
MASAGO	5	5	5

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

TABLE TIEMPO_REPOSICION2 (i,w) PRIMER TIEMPO DE REPOSICIÓN DEL
PRODUCTO (i) DE LA BODEGA (w)

	GYE
ANGUILA	4
PULPO	4
KANI_KAMA	4
ATUN	4
SALMON	4
NOE_LOMO	4
NOE_CAMARON	4
LANGOSTINO	4
CARNE_DE_PANGORA	4
HAMACHI	4
CALAMAR	4
NOE_SURIMI	4
KAI_CONCHA	4
MASAGO	4

TABLE TRANSITO1 (i,w,r) EL TIEMPO DE TRANSPORTAR EL PRODUCTO
(i) EN LOS DÍAS (j) DESDE LA BODEGA (w) AL MINORISTA (r)

	N6	N7	N11
ANGUILA.GYE	35.05	132.52	98.68
PULPO.GYE	35.06	132.53	98.69
KANI_KAMA.GYE	35.07	132.54	98.70
ATUN.GYE	35.08	132.55	98.71
SALMON.GYE	35.09	132.56	98.72
NOE_LOMO.GYE	35.10	132.57	98.73
NOE_CAMARON.GYE	35.11	132.58	98.74
LANGOSTINO.GYE	35.12	132.59	98.75
CARNE_DE_PANGORA.GYE	35.13	132.60	98.76
HAMACHI.GYE	35.14	132.61	98.77
CALAMAR.GYE	35.15	132.62	98.78
NOE_SURIMI.GYE	35.16	132.63	98.79
KAI_CONCHA.GYE	35.17	132.64	98.80
MASAGO.GYE	35.18	132.65	98.81

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

TABLE TRANSITO2 (i,p,w) EL TIEMPO DE TRANSPORTAR EL PRODUCTO
(i) EN LOS DÍAS (j) DESDE EL PROVEEDOR (p) A LA BODEGA (w)

	GYE
ANGUILA.UIO	480
PULPO.UIO	480
KANI_KAMA.UIO	480
ATUN.UIO	480
SALMON.UIO	480
NOE_LOMO.UIO	480
NOE_CAMARON.UIO	480
LANGOSTINO.UIO	480
CARNE_DE_PANGORA.UIO	480
HAMACHI.UIO	480
CALAMAR.UIO	480
NOE_SURIMI.UIO	480
KAI_CONCHA.UIO	480
MASAGO.UIO	480

TABLE DEMANDAR (i,r) DEMANDA DEL PRODUCTO (i) DURANTE EL
TIEMPO DE REPOSICIÓN DE CADA MINORISTA (r)

	N6	N7	N11
ANGUILA	3	3	3
PULPO	84	78	60
KANI_KAMA	9	6	6
ATUN	3	3	3
SALMON	51	45	33
NOE_LOMO	27	30	21
NOE_CAMARON	6	6	3
LANGOSTINO	3	3	3
CARNE_DE_PANGORA	3	3	3
HAMACHI	3	3	3
CALAMAR	3	3	3
NOE_SURIMI	42	30	24
KAI_CONCHA	3	3	3
MASAGO	3	3	3

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

TABLE DEMANDAW (i,w) DEMANDA DEL PRODUCTO (i) DURANTE EL
TIEMPO DE REPOSICIÓN DE LA BODEGA (w)

	GYE
ANGUILA	3
PULPO	327
KANI_KAMA	27
ATUN	9
SALMON	186
NOE_LOMO	111
NOE_CAMARON	15
LANGOSTINO	6
CARNE_DE_PANGORA	6
HAMACHI	6
CALAMAR	9
NOE_SURIMI	138
KAI_CONCHA	3
MASAGO	3

TABLE ESPERADOR (i,r) VALOR ESPERADO DEL PRODUCTO (i) DURANTE EL
PUNTO DE REORDEN DEL MINORISTA(r)

	N6	N7	N11
ANGUILA	4	4	4
PULPO	385	432	326
KANI_KAMA	51	40	31
ATUN	11	12	9
SALMON	618	444	201
NOE_LOMO	143	169	93
NOE_CAMARON	25	23	14
LANGOSTINO	5	7	7
CARNE_DE_PANGORA	7	7	5
HAMACHI	4	4	3
CALAMAR	10	9	8
NOE_SURIMI	216	161	120
KAI_CONCHA	3	3	3
MASAGO	4	4	4

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

TABLE ESPERADOW (i,w) VALOR ESPERADO DEL PRODUCTO (i) DURANTE
EL PUNTO DE REORDEN DE LA BODEGA(w)

	GYE
ANGUILA	5
PULPO	555
KANI_KAMA	123
ATUN	29
SALMON	249
NOE_LOMO	143
NOE_CAMARON	59
LANGOSTINO	15
CARNE_DE_PANGORA	14
HAMACHI	7
CALAMAR	24
NOE_SURIMI	183
KAI_CONCHA	4
MASAGO	6

PARAMETERS C(i) Costos unitarios de los productos (i)

/	
ANGUILA	295.56
PULPO	9.96
KANI_KAMA	12.41
ATUN	20.64
SALMON	10.15
NOE_LOMO	10.26
NOE_CAMARON	14.16
LANGOSTINO	15.74
CARNE_DE_PANGORA	41.87
HAMACHI	46.93
CALAMAR	9.73
NOE_SURIMI	6.30
KAI_CONCHA	47.54
MASAGO	38.75

/

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

SCALAR

** FILL RATE MINORISTAS

FRR /0.85/

** FILL RATE BODEGA

FRW /0.70/

**COSTO FIJO (1) INICIAL DE LA BODEGA

a /1500/

**COSTO FIJO (2) INICIAL DE LA BODEGA

b /90/

**NÚMERO DE MINORISTAS

N /3/

**COSTO DE ORDEN DEL MINORISTA

AR /45/

**NÚMERO DE PROVEEDORES

Pr /1/

**COSTO MANTENER UNA UNIDAD AL AÑO

H /0.0000125/;

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

ANEXO 8

Diseño de la política de proveedores

Debido a las negociaciones mantenidas en conjunto con el departamento de Compras y Calidad, el sistema de inocuidad llamado HACCP será la norma que verificará el buen estado de los productos que se reciban en el CD, a la vez deberán cumplir las reglas y políticas que éste asigna:

1º. Horario de recepción y control de producto

- Las entregas del producto según los pedidos se realizará en:
CD - GYE.
El horario de recepción es de 06H00 a 13H00
- Fuera de este horario únicamente se recibirán casos especiales con autorización del Jefe de Supply Chain.

2º. Requerimientos de entrega

- Todo producto deberá ser entregado en las instalaciones del CD -GYE.
- La recepción de producto se la hará en las cantidades, unidades de empaque y precios que constan en la orden de compra emitida por el departamento de Compras.
- En cada recepción solo se aceptarán 2 lotes diferentes de producto para poder garantizar la rotación FIFO (First In First

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Out) en el CD.

- Toda mercadería que requiera un trato especial deberá llevar en el exterior del embalaje y en un lugar visible, instrucciones o símbolos que indiquen las condiciones de manipulación, conservación y cantidad máxima a estibar.
- Para cualquier incremento de precios el proveedor tendrá que dar aviso con quince días de anticipación por escrito al departamento de compras.
- Únicamente se recibirá las cantidades mensuales solicitadas en la orden de compra; en el caso de que esta cantidad exceda no se recibirá. En casos especiales como pedidos extras, se necesitará la autorización del Jefe de Supply Chain.
- Todo producto debe estar correctamente identificado con una etiqueta que contenga la información relevante:
 - Lote
 - Fecha de elaboración
 - Fecha de expiración
 - Registro Sanitario (si aplica)
 - Información nutricional (si aplica)
 - Peso (si aplica)
- El momento que lleguen al CD deberán esperar en la entrada hasta que el guardia reciba la aprobación de ingreso por parte del Jefe del área de Recepción.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

- Las gavetas en la que esté contenido el producto deberán estar limpias y en buen estado.
- Está prohibido el ingreso al CD a personas no autorizadas. Su acceso es restringido por precautelar la seguridad de los mismos.
- Bajo ninguna circunstancia se puede brindar productos alimenticios o bebidas a los empleados del CD en el área de trabajo.
- El camión no puede cargar otros productos que no sean los destinados para el CD.
- El chofer y ayudante deben respetar las reglas de higiene del CD basadas en el reglamento de buenas prácticas para alimentos procesados (Decreto Ejecutivo 3253 artículo 14).

3º. Documentos para entrega de productos

- Los documentos obligatorios para la entrega de productos son: orden de compra, factura, guía de remisión y copias respectivas. De no presentar estos documentos el producto no podrá ser recibido.
- Las facturas se emitirán con los siguientes datos:
 - Razón Social: XXXXXXX
 - RUC: 999999999999
 - Dirección: NNNNN
 - Teléfonos: 0222222
- Se deberá emitir una factura por cada entrega realizada.
- El motivo de rechazo de facturas y producto en el CD puede darse si el proveedor incurre en una de las siguientes faltas:
 - El precio facturado no es el dado en el acuerdo comercial.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

- El peso y/o cantidad facturado no es el recibido.
- Las mercancías solicitadas no son las correctas.

- La factura no cumple con los requisitos legales según Registro Oficial No 320.
 - La fecha de emisión de la factura está caducada.
 - La factura debe tener el número de RUC correcto.
 - La Razón Social y/o dirección no es correcta.
- La factura se encuentra con enmendaduras, tachones o borrones.
- Los impuestos no están desglosados por separado.
- La fecha de la Factura no corresponde al mes en curso.
- Valor del subtotal y/o IVA mal calculados.
- Otros.

4º. Requerimientos de calidad

- En el primer despacho deberá entregar la ficha técnica del producto.
- Actualizar las fichas técnicas de producto cada dos años como máximo.
- Se deberá entregar certificados de calidad o según el acuerdo pactado con el departamento de calidad.
- El registro sanitario deberá ser entregado, según los alimentos que apliquen.
- No se recibirá productos que no cumplan con las especificaciones de calidad solicitadas. Se debe mantener

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

las condiciones adecuadas de temperatura durante el transporte de productos congelados.

- Todos los años los proveedores serán auditados y evaluados, en caso de no obtener una calificación satisfactoria, el proveedor debe estar consciente de crear un compromiso de mejora, de lo contrario será separado.
- Con las evaluaciones recibidas respecto al desempeño mes, el proveedor debe implementar un plan de acción de trabajo para cerrar las observaciones adjuntas al informe.
- Los proveedores responsables de entregar el producto al CD deberán venir correctamente uniformados :
 - Mandil, botas, cofia, mascarilla limpios y en buen estado para entregas a las áreas de cárnicos, vegetales y mariscos.
 - Calzado cerrado, uniforme limpio y en buen estado de la empresa a la que pertenece.
 - Además, no deberán tener el cabello suelto, uñas largas ni pintadas. No deberán portar joyas ni perfume y en el caso de portar heridas, estas deberán ser cubiertas adecuadamente.
- El transporte deberá venir cerrado, correctamente limpio y sin residuos.

Diseño de una Política de Inventario Multinivel
para un Centro de Distribución de Productos Congelados
(Proveedor – CD - Cliente)

Es importante indicar que cualquier solicitud, reclamo o requerimiento que se haga al proveedor deberá ser atendido en un lapso de tiempo oportuno no mayor a 48 horas.