

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL



KUBICA FURNITURE S.A.



**“OPTIMIZACIÓN DE LA
ADMINISTRACIÓN DE
INVENTARIOS EN LA CADENA DE
SUMINISTRO DE KUBICA
FURNITURE S.A. MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS
COORDINADOS DE INVENTARIO”**

**ANDRES FELIPE PEDRAZA
PESCADOR**

200211323

BOGOTÁ D.C

2008

**“OPTIMIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS EN LA
CADENA DE SUMINISTRO DE KUBICA FURNITURE S.A. MEDIANTE
LA IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS COORDINADOS DE
INVENTARIO”**

ANDRES FELIPE PEDRAZA PESCADOR

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**



ASESOR
JOSE FIDEL TORRES, Ph.D.
Profesor Asociado
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de los Andes

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2008

AGRADECIMIENTOS

A **KUBICA FURNITURE S.A.** y a Johan Leño por haberme facilitado los datos pertinentes para la ejecución de este proyecto.

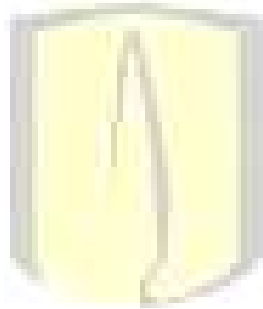
A mi familia por enseñarme a vivir.

A mis amigos por ser una fuente permanente de apoyo.

A José Fidel torres por su tiempo, guía, sugerencias y dedicación en la dirección de este proyecto.

A oscar Llanos por la colaboración y criticas pertinentes para este documento.

A todos aquellos que participaron y me alentaron activamente en la elaboración de este proyecto, gracias de todo corazón.



Universidad de
los Andes

TABLA DE CONTENIDOS

1. JUSTIFICACIÓN E INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. OBJETIVO GENERAL	7
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
3. SITUACIÓN ACTUAL, ENTORNO Y PROBLEMÁTICA.....	8
3.1. KUBICA FURNITURE S.A.	8
3.1.1. CADENA DE SUMINISTRO	8
3.1.2. PRODUCTOS.....	10
3.2. EL SECTOR FORESTAL-MADERA.....	11
3.2.1. LA CADENA FORESTAL.....	11
3.2.2. PLANTACIONES EN COLOMBIA.....	14
3.2.3. INDUSTRIA DEL MUEBLE.....	15
3.2.4. DEMANDA y CONSUMIDOR.....	15
3.3. PROBLEMÁTICA EN LA CADENA DE SUMINISTRO.....	16
4. METODOLOGÍA	18
5. MARCO TEÓRICO.....	19
5.1. TEORÍA DE INVENTARIOS	19
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE INVENTARIOS	20
5.3. COSTOS EN LOS SISTEMAS DE INVENTARIO	22
5.4. MODELOS DE INVENTARIOS.....	24
5.4.1. DECISIONES DE DEMANDA.....	24
5.4.2. DECISIONES DE TAMAÑO DE LOTE.....	25
5.4.3. DECISIONES DE TIEMPO	27
5.5. ESTADO DEL ARTE DE LOS PRINCIPALES MODELOS DE COORDINACIÓN DE INVENTARIOS	28
6. MODELAJE DEL PROBLEMA.....	29
6.1. SUPUESTOS Y JUSTIFICACIÓN	30
6.2. NOTACIÓN.....	32

6.2.1. PARÁMETROS	32
6.2.2. VARIABLES	33
6.3. COORDINACIÓN ENTRE PLANTAS Y DISTRIBUIDORES	34
6.4. COORDINACIÓN ENTRE DISTRIBUIDORES Y MINORISTAS	35
6.5. PUNTOS DE RE-ORDEN	37
6.6. CALCULO DE LOS NIVELES DE INVENTARIO PROMEDIO.....	40
6.7. RESTRICCIÓN DE PRODUCCIÓN Y CONDICIÓN DE FACTIBILIDAD.....	41
6.8. CÁLCULO DE LA FUNCIÓN OBJETIVO.....	42
6.9. CÁLCULO DEL ÓPTIMO SIN RESTRICCIONES	44
6.10. HEURÍSTICA DE OPTIMIZACIÓN	47
7. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE INVENTARIOS SELECCIONADO PARA KUBICA FURNITURE S.A.	48
7.1. INFORMACIÓN DE ENTRADA AL MODELO.....	48
7.2. ALGORITMO DE IMPLEMENTACIÓN.....	50
7.3. RESULTADOS	51
7.3.1. ESCENARIO 1. 80% DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (CAPACIDAD ACTUAL).....	51
7.3.2. ESCENARIO 2. 100% DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.	55
7.3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS GENERALES vs SITUACION ACTUAL.	58
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXO 1. Demostración del modelo.	68
ANEXO 2. Pseudocódigo Heurística.	70
ANEXO 3. Resultados Escenario 1.	72
ANEXO 4. Resultados Escenario 2.	78

1. JUSTIFICACIÓN E INTRODUCCIÓN

Día a día las áreas encargadas de la logística y la administración de inventarios, manejan temas importantes en cada una de las empresas que desean llegar a ser reconocidas como de primer mundo. Estas áreas han presentado una evolución individual y substancial en su significado desde su creación, es decir, anteriormente se creía que la logística era solamente tener el producto justo, en el sitio justo, en el tiempo oportuno y al menor costo posible (Rivera); y así mismo, la teoría de inventarios presentaba modelos cuyo objetivo inicial era, mediante cantidad de bienes o materiales mantenidos durante un tiempo en un estado inactivo, satisfacer una demanda hipotética. Pero actualmente el término cadena logística (SCM) (Supply Chain Management) que es definida por el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) planifica, implementa y controla el flujo eficiente y efectivo de materiales y el almacenamiento de productos, así como la información asociada desde el punto de origen hasta el de consumo con el objeto de satisfacer las necesidades de los consumidores, quedando de esta manera asociados los términos de logística y la administración de inventarios (D.M. Lambert, 1998).

Tal como lo dijo Porter, *" En el futuro, la competencia no se dará de empresa a empresa, sino más bien de cadena de suministros a cadena de suministros"*, por lo que la apropiada utilización de herramientas tanto descriptivas como modelos matemáticos computarizados, pueden generar un gran valor, tanto operacional como económico. Muchos de los problemas que poseen muchas de las organizaciones productoras actuales son las altas cantidades de inventario en los diferentes niveles de su cadena de suministro lo que conlleva a altos costos de mantenimiento, ordenamiento y transporte. En este artículo, se formula un modelo de coordinación de inventarios en la cadena de suministro, para una empresa productora y comercializadora de muebles, la cual tiene tres niveles (productores, distribuidores y minoristas) y múltiples productos. El modelo implementado intenta minimizar costos de mantenimiento, de ordenar y de transporte de toda la cadena de suministro de dicha compañía, solucionándolo mediante cálculo diferencial y llevando las constantes de coordinación a números enteros mediante una heurística basada en búsqueda local. Los resultados muestran una gran reducción de

inventarios y por tanto de costos de mantenimiento, así como de costos de transporte.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Optimizar los niveles de inventarios en la cadena de suministro para el portafolio de productos de la empresa **KUBICA FURNITURE S.A.** mediante un modelo de coordinación de inventarios ajustado a las necesidades y características de la cadena de suministro de dicha empresa. Lo anterior con el fin de reducir costos en las órdenes, en los inventarios y en el transporte de los bienes producidos, y de esta manera mejorar la productividad y la competitividad de la empresa.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Entender el funcionamiento de la cadena de suministro de **KUBICA FURNITURE S.A.**

Investigar modelos de coordinación de inventarios multi-productos, para cadenas de suministro de tres niveles (plantas, centros de distribución, minoristas), que proporcionen la optimización de sistemas arborescentes.

Diseñar y/o adaptar un modelo de coordinación de inventarios que se ajuste a las características de **KUBICA FURNITURE S.A.**

Implementar dicho modelo en **KUBICA FURNITURE S.A.** para dar soluciones óptimas a las problemáticas actuales que se han encontrado en dicha empresa.

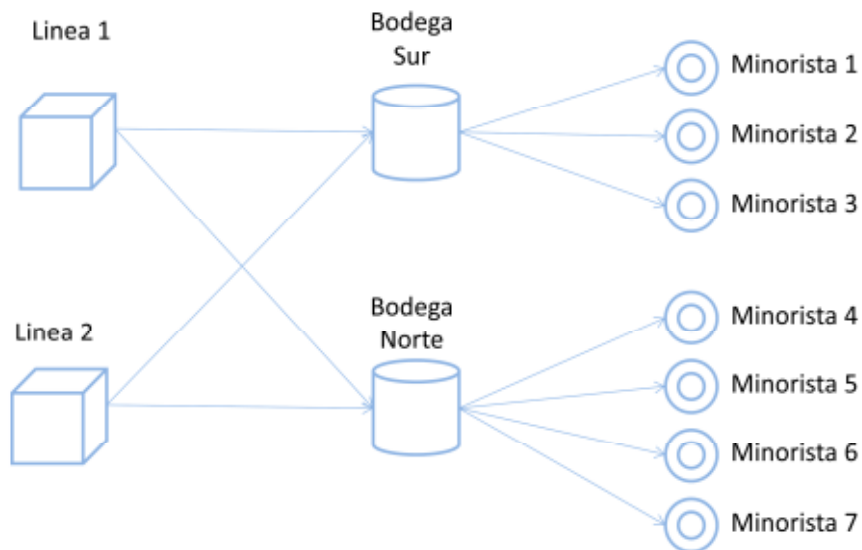
3. SITUACIÓN ACTUAL, ENTORNO Y PROBLEMÁTICA

3.1. KUBICA FURNITURE S.A.

Es una empresa que nace durante el año 2006 y que se ubica en el sector de las maderas. Se encarga de hacer procesos de transformación industrial de la madera tales como la producción de cocinas, muebles de baño, closets y muebles modulares. Facilita a los proyectos de construcción, así como a almacenes de cadena y ventas individuales, muebles y enseres en madera aglomerada. Su parte administrativa y plantas están ubicadas en la zona Industrial del a capital del país. El área en la cual opera actualmente es en el mercado de la ciudad de Bogotá. La cadena de suministro de la empresa se muestra a continuación:

3.1.1. CADENA DE SUMINISTRO

La cadena de distribución que maneja la empresa es tal como lo muestra el siguiente grafico:



En donde, el minorista 1 es Home Center sur (Avenida 68 No. 37 - 37 Sur); minorista 2 es Vivienda Colsubsidio el cual tiene 4 proyectos en el sur (las casas de alameda de tibanica, alameda del parque, los arces rojos); el minorista 3, se refiere al punto de venta de la bodega sur; minorista 4 es Home Center norte (calle 173); minorista 5 corresponde a la constructora Amarillo con 4 proyectos (Alameda de san Antonio, Itaca club residencial, mirador del lago y Portal de Pontevedra); minorista 6 se refiere a la constructora cusezar la cual tien aproximadamente 6 construcciones al norte de la ciudad (matisse, dali, bosques del pinar, mondrian, senderos del Carmen y miro).

Cada planta se especializa en una línea de producción diferente. La planta uno (1) tiene como línea de producción elementos para uso de constructoras, dentro de los cuales sobresalen cocinas, closets, muebles de baño y marquería. La planta número dos (2) se encarga de muebles modulares, es decir, muebles que se arman por partes, que son distribuidos básicamente a ventas individuales y almacenes de cadena tales como Home Center y Exito. Por otro lado las plantas están ubicadas en la zona industrial (cra 37 con calle 10), una muy cerca la una de la otra, tan solo divididas por un muro ya que una planta está al lado de la otra.

La empresa cuenta con dos (2) bodegas que son suplidas por cada una de las plantas. La bodega uno (1) está ubicada al sur de la ciudad (calle 23 sur con carrera 45) y surte a constructoras, almacenes de cadena ubicados en la zona sur y a ventas compradores independientes, mientras que la bodega dos (2) está ubicada al norte de la ciudad (calle 163 con carrera 20, barrio Toberin) para suplir a proyectos de construcción en el norte, almacenes de cadena y a almacenes Bima (en el cual la demanda ha bajado dado el estado financiero de ésta). A continuación se muestra una un mapa de la ubicación geográfica de las plantas y las bodegas:



3.1.2. PRODUCTOS

La empresa tiene dos (2) líneas de producción independientes y cuenta con veinticinco (30) productos que están divididos en las siguientes líneas de producción:

1. **Línea 1.** Esta línea está ubicada en la planta uno (1) y consiste en la fabricación de los siguientes productos:
 - a. Cocinas. La compañía cuenta con seis (6) diseños principales de cocina. Para el estudio se agruparan en tres (3) ya que la cocina 1 y 2, 3 y 4, y 5 y 6 tienen mínimas diferencias de diseño y costo.
 - b. Muebles para baño. La empresa tiene cuatro (4) diseños principales de baño. Igual que en el caso anterior se agruparan en dos (2) grupos por sus similares características.

c. Closets. La empresa cuenta con cuatro (5) diseños principales de closets, los cuales se agruparán en dos (2) grupos por sus equivalentes características.

2. **Línea 2.** Esta línea está compuesta por muebles modulares dentro de los cuales se encuentran los siguientes productos:

a. Muebles para Televisor. La empresa cuenta con cuatro (4) diseños principales.

b. Muebles para cómputo. La empresa cuenta con tres (3) diseños principales.

c. Bibliotecas. La empresa cuenta con cuatro (4) diseños principales.

Cada producto de esta línea se agrupará en un (1) grupo, debido a que la diferencia entre costos y piezas de armado es mínima. De esta manera se tiene un (1) producto de muebles de televisor, uno (1) para muebles de cómputo o escritorios y uno (1) para bibliotecas.

Estos son los productos que se tendrán en cuenta para el estudio realizado, ya que son los productos que proporcionan la mayor cantidad de ventas de la empresa (97%). Los productos restantes son casos particulares, en los cuales se necesitan muebles con medidas especiales y en cantidades unitarias, por lo que no serán tenidos en cuenta para el estudio.

3.2. EL SECTOR FORESTAL-MADERA

3.2.1. LA CADENA FORESTAL

Se estima que la silvicultura, operaciones necesarias para regenerar, explotar y proteger los bosques representa el 0.4% del PIB mundial. La producción de madera, su principal componente, puede hacerse mediante la explotación de bosques naturales o de plantaciones forestales. Estas últimas siguen el siguiente proceso:



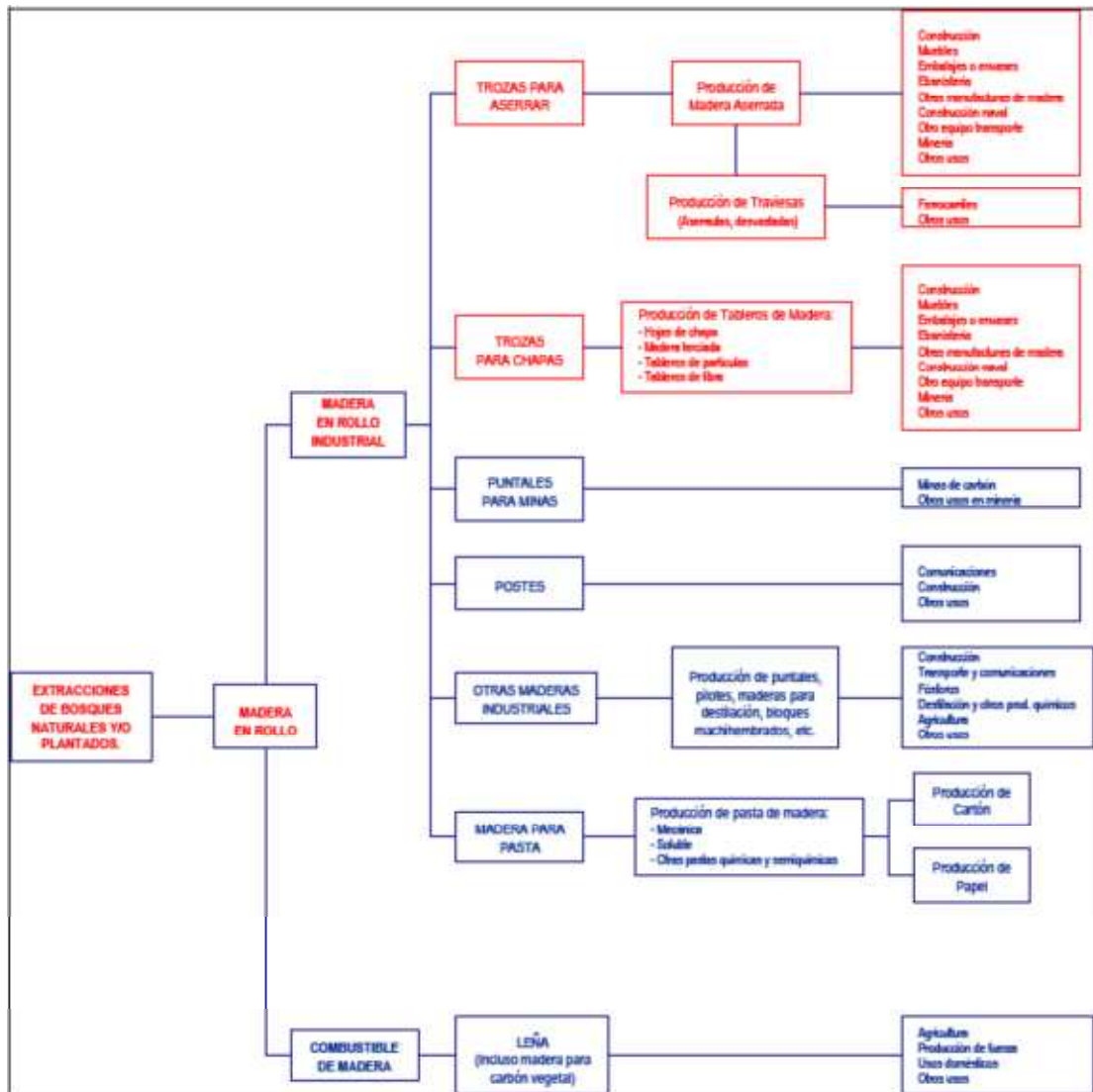
" # \$ % % & ' % (% \$ ') ' % #) *

Después de obtener la madera en pie, ya sea de bosques plantados o naturales, se tumban y se procede a transportarlo, vía fluvial o terrestre, hacia su destino industrial, para su posterior procesamiento. El principal proveedor en la cadena de suministro de **KUBICA FURNITURE S.A.** son las bodegas de la empresa **TABLEMAC S.A.**, la cual posee bosques propios para la producción de madera.

La producción de madera (madera en rollo) da como resultado diferentes tipos de productos para la economía, tales como:

1. Las Trozas para transformarlas en madera aserrada. Que se emplea para la construcción y fabricación de muebles.
2. Trozas para chapas, que se transforman en hojas de chapa, madera terciada, tableros de partículas y tableros de fibra, que también son empleados para la construcción y la fabricación de muebles.
3. Puntales para usos en minería.
4. Postes para comunicaciones y construcción.
5. Madera transformada en pasta por procedimientos mecánico-químicos, para la producción de papel y cartón.

Dada la gran variedad de productos, de la actividad maderera se dividen varios subsectores. Sin embargo uno de los mas grandes es la fabricación de muebles, que básicamente s derivada de la industria de madera aserrada y de tableros de madera, que están marcados en rojo en el siguiente diagrama de los usos de la madera en rollo.



" # \$ % & ' % (% \$ ') '#) -

3.2.2. PLANTACIONES EN COLOMBIA

Después de países boscosos como Rusia (809 millones de hectáreas forestales) y Brasil (544 millones de hectáreas forestales), Colombia posee cuarenta y nueve (49) millones de hectáreas de bosques, lo que representa un 1.3% de los bosques del mundo.

El sector productos de silvicultura y extracción de madera en Colombia representa el 0,14% del PIB nacional y el 1,2% del PIB agropecuario, silvicultura, caza y pesca, pero se debe exaltar que el 80% de la producción corresponde al valor agregado, es decir, de las actividades posteriores a la recolección de madera en rollo. Entre estas se destacan, la industria de muebles, de pulpa, papel y cartón.

Según pronósticos de la FAO¹ en el futuro la demanda de madera será mayor y se deberá atender mediante plantación forestales, dado que las presiones ambientalistas han encaminado a las economías a no explotar los bosques naturales. Sin embargo, Colombia apenas posee el 0.1% (140.000 hectáreas) de su cubierta forestal en bosques plantados, que comparado con países de la región como Brasil (5 millones de hectáreas), Chile (más de 2 millones de hectáreas) y Argentina y Venezuela (un millón de hectáreas), es mucho menor y es consecuente con la explotación incontrolada de bosques naturales carente de un manejo adecuado y sostenible, además de los escasos planes de reforestación que se adelantan sin precisar el objetivo respecto a la utilización de los productos derivados de la madera.

Algunas de las razones por las cuales las plantaciones forestales son escasas se enuncian a continuación:

Margen de ganancia bajo, debido a la existencia de un alto número de intermediarios, el largo ciclo de producción de los árboles (15 a 20 años) en los cuales los mayores costos se concentran en los primeros años.

Falta de reconocimiento por parte del mercado, de los atributos y beneficios derivados de las plantaciones forestales, tales como la conservación de la biodiversidad, agua suelos y la captura de dióxido de carbono.

3.2.3. INDUSTRIA DEL MUEBLE

La industria maderera y del mueble en Colombia se ve reducida a unas pocas empresas de alto tamaño (350 a 500 trabajadores) y a un gran número de talleres de carácter semi-industrial y artesanal. Para el 2006 en Colombia existían 465 establecimientos productores de madera y muebles, dentro de las cuales sobresalen por su tamaño, las siguientes:

Pizano S.A. Muebles y Almacenamiento Técnico
Carvajal S.A. Tableros
-Maderas de Caldas S.A.
Ima-Industrias S.A.
Industrias Spring S.A.
-Industria de Muebles del Valle Ltda.
-Inval Muebles y Accesorios Ltda.
-Manufacturas Terminadas S.A.
Maderas del Darién S.A.

Por otro lado, El proceso de crecimiento en el consumo de maderas se evidencia por la mayor demanda por tableros de MDF y aglomerados con aplicaciones principales en la fabricación de muebles y productos de carpintería de obra. Hoy la Industria utiliza 2.7 millones de metros cúbicos de madera al año, que son distribuidos a abastecimientos de aserrios (66.7%) y que a su vez proveen al sector construcción con el 56% (sobre todo de vivienda pero sin estructura en madera, es decir para el proceso constructivo y amoblamiento de las obras y el hogar) y al sector de los muebles con un 19%.

3.2.4. DEMANDA y CONSUMIDOR

Los consumidores de muebles se encuentran generalmente en las grandes ciudades tales como Bogotá (con una participación del 32%), Medellín (20.69%), y la costa atlántica con un 5%.

Según la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá, En Colombia, el comprador potencial de madera, se puede clasificar en 3 secciones:

1. Sector de la construcción (consume el equivalente al 56% de la madera aserrada del país).
2. Fabricantes de Muebles (consume el 18% de la madera aserrada).
3. Usos varios: Embalajes, guacales, carrocerías, estibas, entre otros.

3.3. PROBLEMÁTICA EN LA CADENA DE SUMINISTRO

KUBICA FURNITURE S.A. en la actualidad opera únicamente en la ciudad de Bogotá, donde está ubicada toda su cadena de suministro y que posee los siguientes problemas:

Tener excesivos niveles de inventarios en las plantas de producción. Las plantas producen mediante una comparación con producciones de lotes de meses de años anteriores (en las cuales se producían grandes cantidades de producto para poder satisfacer el mercado, ya que la empresa es algo nueva). Estas comparaciones hacen que los inventarios sean altos, que la producción no sea eficiente y que en algunos casos la demanda para algunos productos sea superada, pero no satisfecha para otros. Dado que la producción no está planeada por algún método de pronóstico de demanda, se han presentado casos en los cuales hay que transportar inmediatamente productos de las plantas, hacia las bodegas, dado que estas se llenan de inventario que no está en función de la demanda si no de la tasa de producción (produciendo la mayor cantidad posible en el menor tiempo), llevando de esta manera a que algunos productos tengan una rotación de producto de más de 30 días (un mes) en planta.

Tener excesivos niveles de inventarios en las Bodegas. Dado el problema anteriormente mencionado, las bodegas también son colmadas de inventario que no es demandado. En dichas bodegas algunos productos, han llegado a tener una rotación mayor a 90 días (3 meses).

Entregas de producto tardías y pérdida de clientes por insatisfacción de los niveles de servicio. Dado que la producción se hace por lotes de gran tamaño, cuando el producto es escaso, hay una demora significativa en el tiempo de entrega del producto, por lo que principalmente para compradores individuales, la demanda se ha visto disminuida.

En resumen, estos problemas son debidos principalmente a que las plantas producen a su capacidad máxima, es decir, no están produciendo en función de la demanda. Esto implica que cuando el bodegaje de planta se encuentra en capacidad máxima hay que enviar el exceso inmediatamente a las bodegas, por lo que éstas también se están sofocando y por lo tanto, tampoco se están surtiendo en función de la demanda.

Por otro lado, y a pesar de mantener altos inventarios en bodegas y planta, no se están cumpliendo los niveles de servicio adecuados para los clientes, esto es que, no se están supliendo adecuadamente las demandas, perdiendo clientes individuales y en casos de contratación (casos de contrato con constructoras) no se están cumpliendo los tiempos de entrega.

Dado que la empresa no cuenta con ningún tipo de pronósticos para la producción y distribución, la empresa reconoce la necesidad de implementar un modelo que incorpore mejoras en el manejo de inventarios, tiempos de entrega y satisfacción del cliente, disminuyendo sus costos y haciendo más efectiva su operación. Por lo cual, el presente documento intenta buscar el mejor método para el mejoramiento de su sistema de inventarios dentro de su cadena de suministro.

4. METODOLOGÍA

1. Investigación de la situación actual de la cadena de suministro de ***KUBICA FURNITURE S.A.***
 - Proceso de abastecimiento (proveedores).
 - Procesos de Producción.
 - Procesos de Distribución.
2. Investigación de modelos de inventarios coordinados multi-producto en la cadena de distribución de ***KUBICA FURNITURE S.A.***
3. Diseño y adaptación de modelos de coordinación que se ajusten a los requerimientos y características de ***KUBICA FURNITURE S.A.***
4. Recolección de información histórica de la demanda y demás información pertinente.
5. Implementación del modelo.
6. Validación del modelo. Mostrar resultados y comparar con indicadores históricos de la empresa.
7. Ajustar demandas y datos pertinentes a distribuciones de probabilidad.
8. Diseño e implementación de un modelo de simulación.
9. Obtención de resultados (indicadores) como pronósticos para los siguientes períodos.
10. Conclusiones.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. TEORÍA DE INVENTARIOS

Los inventarios en su terminología más general son los recursos que se encuentran almacenados en algún punto detallado del tiempo. Los inventarios se asocian a organizaciones de tipo fabril y comercial como lo muestra el siguiente cuadro:

El análisis de inventarios es un tema principal en el manejo de la mayoría de organizaciones, ya que es un concepto que en numerosas compañías representa hasta el 40% de los activos totales del balance general, por lo que en consecuencia, una reducción de inventarios podría representar ahorros significativos. Pero por otro lado, también existen motivaciones para mantener inventarios, tales como:

La maximización del servicio al cliente. Es decir, la satisfacción total del cliente en términos de obtención del artículo deseado.

Economías de escala. Por ejemplo, una compañía que produce una línea de productos semejantes tiene que reconfigurar la línea de producción en cada corrida diferente, por lo que podría minimizar los costos de setup produciendo grandes cantidades.

La incertidumbre de la demanda. Hay factores aleatorios que afectan la demanda, como guerras inesperadas, cambios y/o desastres climáticos, regulaciones de mercado en los países, entre otros.

La incertidumbre del tiempo de demora, es decir, la aleatoriedad del tiempo de colocación del pedido hasta su entrega. En casos, donde los artículos se producen en el exterior, los inventarios aumentan significativamente dado que los tiempos de entrega son bastante grandes, en algunos casos llega a ser meses.

La incertidumbre de abastecimiento, mano de obra y precio de los recursos. En algunas oportunidades dados cambios repentinos del clima, el mercado, la economía y la conformación social de un lugar en común, se pueden presentar incertidumbre en los precios de productos y materias primas, como en mano de obra especializada u obrera.

La especulación de los precios de los artículos. Es decir, almacenar artículos para venderlos a mayor precio en el futuro cuando se tiene información privilegiada de escasos.

5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE INVENTARIOS

El análisis de los sistemas de inventarios por medio de modelos matemáticos, depende de las diferentes características del problema que puede variar de acuerdo con los siguientes factores:

- 1. Demanda.** Es el supuesto más importante para determinar la complejidad del problema. Ésta puede ser constante (denominando el modelo como determinístico), variable, conocida o desconocida.
- 2. Tiempo de demora (lead time).** Tiempo que transcurre entre el pedido y la recepción o entrega (reabastecimiento) de los inventarios. Si los artículos son producidos corresponde al tiempo de producción del lote de un artículo. Como en el caso de la demanda, éste puede ser constante o seguir una distribución probabilística.
- 3. Política de pedido.** Se refiere a cuando se debe pedir; existen dos (2) sistemas de pedido:

- a. Revisión continua o punto de reorden.** En dichos sistemas se mantiene un registro perpetuo o continuo de los inventarios, que cuando llegan a un nivel predeterminado, llamado punto de reorden, se vuelve a realizar un pedido de reabastecimiento o producción.
- b. Revisión periódica.** En estos sistemas se mantiene un sistema en que los niveles de inventario se conocen solo en momentos discretos del tiempo, es decir se evalúan los inventarios en intervalos fijos de tiempo.

4. Agotamientos o exceso de demanda. Ocurre cuando la demanda no se puede satisfacer con las cantidades disponibles, en otras palabras, la demanda excede a los inventarios. Los supuestos que se hacen sobre esta medida son:

- a. Pedidos retroactivos.** el exceso de demanda se corre y acumula; Es decir, se mantiene para ser satisfecha en una fecha futura.
- b. Política de ventas perdidas.** En la que los faltantes no son satisfechos posteriormente.

5. Estructura del sistema.

- a. Sistemas de etapa única.** Inventarios que se conservan con el objeto de satisfacer la demanda.
- b. Sistemas de etapas múltiples.** En los que existen diferentes bancos de inventarios o puntos múltiples de almacenamiento como en las empresas manufactureras que tienen tres (3) etapas de almacenamiento puesto que pueden

tener inventarios en materias primas, material en proceso y artículos terminados.

6. Inventario cambiante. El inventario puede sufrir cambios con el tiempo, que afectan su utilidad. Estos pueden ser alimentos perecederos o productos que con el tiempo se vuelven obsoletos.

7. Horizonte de tiempo del modelo. Los modelos pueden considerar un periodo de tiempo finito o infinito de análisis.

5.3. COSTOS EN LOS SISTEMAS DE INVENTARIO

1. Costo de mantener inventario. También llamado costo de almacén, que es proporcional a la cantidad de inventario disponible físicamente en cualquier punto del tiempo. Consta de costos implícitos y explícitos asociados al mantenimiento y propiedad de los inventarios, entre los cuales se destacan:

Costo del espacio físico (renta, calefacción, energía, seguridad etc...).

Impuestos y seguros.

Roturas, averías y deterioros.

Costo de oportunidad del dinero invertido en los inventarios o el de una inversión alternativa.

Dada su complejidad, la mejor manera de calcularlo es imaginándose que el costo de inventario es una tasa agregada de interés formada por los elementos anteriores, como se muestra a continuación:

" O 1% O) 23

Es decir, un cargo de 38 centavos por dólar que se han invertido en inventarios durante un período. Dado que el inventario se mide en unidades, este costo se podría expresar como:

Donde, h es el costo de mantener inventario en unidad por período y está compuesto por, c , el costo unitario de inventario en un período, por I , la tasa anual de interés. Entonces el costo de mantener inventario de un artículo que está valuado en 100 dólares, tendría un costo de mantener inventario por período de $(0.38 \cdot 100)$ 38 dólares.

2. Costos de pedido y/o producción. Se incurre en este costo cuando se intenta reabastecer (o producir) y está en función de la cantidad de inventario a pedir (producir). Este costo tiene dos (2) componentes, un costo fijo K o costo de preparación, asociado a costos administrativos y de oficina, tales como el procesamiento y manejo de pedido, inspección, colocación de inventario etc... y, un componente c proporcional a las unidades de inventario a pedir (x). Entonces se tiene que:

3. Costo de faltantes. Es el costo en el que se incurre cuando no hay existencias suficientes para suplir la demanda. Este costo depende de si hay retroactividad de pedido (demanda faltante acumulada) o

pérdida de ventas. Además, podría incurrirse en un costo de “buena voluntad” en caso en que los clientes dejen de comprarle a la empresa. Cuando los pedidos son retroactivos, los costos se asociados a costos de oficina tales como tiempo extra, manejo y transporte especial y, seguimiento. En general, el costo de faltantes se calcula por unidad perdida.

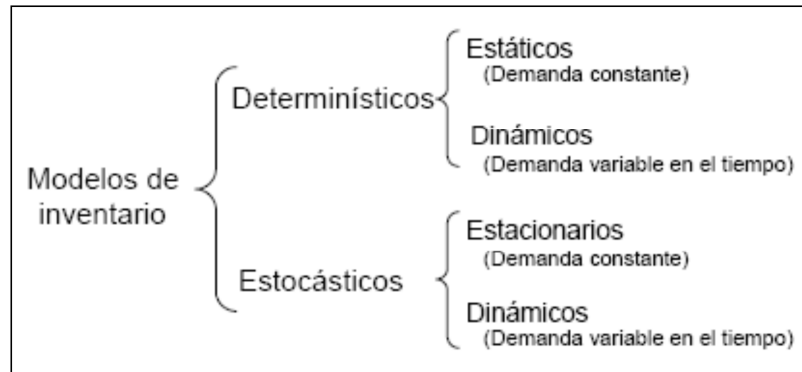
- 4. Costos de transporte.** El costo del transporte se constituye una variable importante de análisis dado que en algunos casos la distancia, camino al destino, medio de transporte, tipo de producto y oferta de servicios, entre los niveles de la cadena distribución (plantas, centros de distribución y minoristas) pueden ser factores significativos en términos de reducción de costos de transporte y tiempos, por lo que el mejor manejo de éstos puede llegar crear un core competence en materia de logística.

5.4. MODELOS DE INVENTARIOS

En la literatura se pueden apreciar diversas clasificaciones de los modelos de inventarios, dependiendo del comportamiento de la demanda, del tamaño de lote y de los periodos de reabastecimiento, con el fin de aproximar dichos modelos a situaciones particulares de la vida real.

5.4.1. DECISIONES DE DEMANDA

En general, según la demanda la mayoría de los autores clasifican los modelos como lo muestra la siguiente grafica:

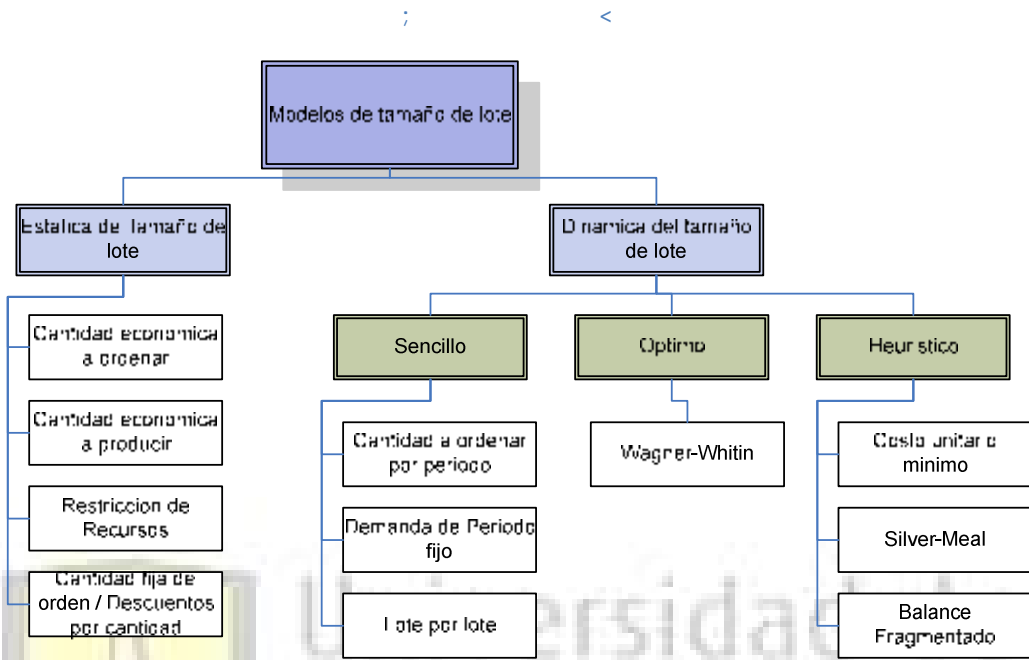


La demanda también se puede clasificar mediante su independencia. Es decir, dependiendo de la política de inventarios que se utiliza. En la siguiente tabla se resumen los diferentes métodos:

Demanda	Reglas de Cuando ordenar	Reglas de la Cantidad a ordenar
Independiente	Punto de Reorden	Cantidad Fija de Orden
		Cantidad Económica de Orden
	Período	Cantidad Variable de Orden
	Punto de Orden Fases de Tiempo	Cantidad de Orden Fija o Discreta
Dependiente	Fases de Tiempo	Cantidad de Orden Discreta
	(Planeación de Requerimientos de Material)	

5.4.2. DECISIONES DE TAMAÑO DE LOTE

Otra de las formas de clasificar los modelos de inventarios es por medio del tamaño de lote. Esto es debido que la mayoría de empresas de bienes involucran este tipo de modelos que son mas aproximados a las necesidades y funcionamiento de las compañías, ya que generalmente las empresas tienen cantidades de producto por lote para de esta manera reducir los costos de producción, simplificar la preparación de las maquinas y hacer manejable la cantidad de producto disponible en inventario. A continuación se muestra una grafica que resume estos tipos de modelos:



Este gráfico agrupa los modelos de políticas de inventarios de cantidades a ordenar. Estos modelos pueden ser tanto de lotes estáticos, es decir, que involucran el uso y manejo de la misma cantidad de lote cada vez que se ordena: tanto de lotes dinámicos, que permiten variar el tamaño de lote de pedido de acuerdo a las necesidades.

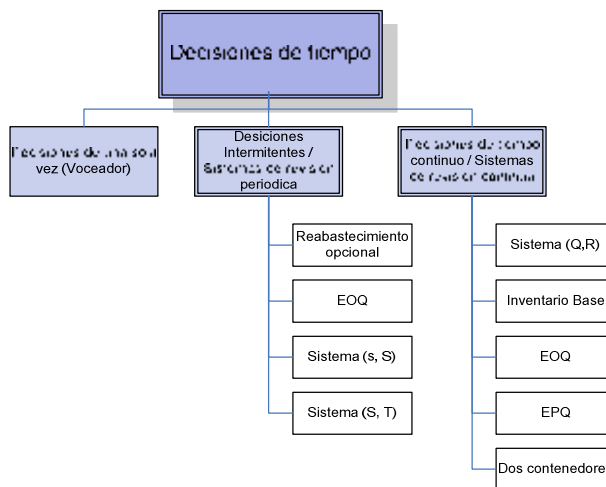
Sipper & Bulfin Jr (1998) hacen una pequeña descripción de las características principales de cada modelo como lo muestra la tabla siguiente:

MODELOS DE TAMAÑO DE LOTE				
Método	Demanda	Solución	Objetivo	Observaciones
<i>Estática del tamaño de lote</i>				
Cantidad económica a ordenar	Uniforme	Óptima	Minimizar el costo total	Modelo básico de inventarios
Cantidad económica a producir	Uniforme	Óptima	Minimizar el costo total	Tasa de producción finita
Restricción de Recursos	Uniforme	Óptima	Minimizar el costo total	Artículos múltiples
Cantidad fija de orden / Descuentos por cantidad	Uniforme	Óptima	Minimizar el costo total	Descuentos de precios
<i>Dinámica del tamaño de lote</i>				
<i>Simple</i>				
Demanda de Periodo fijo	Irregular	Arbitraria	Orden conveniente	
Cantidad a ordenar por periodo	Irregular	Arbitraria	Orden conveniente	
Lote por lote	Irregular	Arbitraria	Costo de almacenaje	Aplicación amplia
<i>Óptimo</i>				
Wagner-Whitin	Irregular	Óptima	Minimizar el costo total	Comparación
<i>Heurístico</i>				
Silver-Meal	Irregular	Heurística	Costo/periodo	
Costo unitario mínimo	Irregular	Heurística	Costo/unidad	
Balance Fragmentado	Irregular	Heurística	Costo Balanceado	Aplicación amplia

" 8 ! 4 5 :: 26) 3+

5.4.3. DECISIONES DE TIEMPO

Las empresas definen en algunos casos los requerimientos de producto en instantes de tiempo definidos por lo que una clasificación general de estos modelos la muestra la siguiente grafica:



" 8 ! 4 5 :: 26) 3-

Sipper & Bulfin Jr. (1998) agrupan dichos modelos en tres categorías: la primera es de decisiones de una sola vez, la segunda es de decisiones periódicas y la última de decisiones continuas. Continuación se muestra un cuadro con las principales características de cada clasificación:

MODELOS DE DECISIONES DE TIEMPO			
Modelo	Demanda	Objetivo	Observaciones
<i>Decisiones de una sola vez (Voceador)</i>			
	Estocástica	Costo esperado mínimo	
<i>Decisiones de tiempo continuo / Sistemas de revisión continua</i>			
EOQ	Uniforme / Determinística	Costo mínimo	
EPQ	Uniforme / Determinística		Tasa de producción finita
Sistema (Q,R)	Estocástica	Costo mínimo	z fija usando política 1 o 2
Inventario Base	Estocástica	Costo esperado mínimo	
Dos contenedores	Estocástica	Costo esperado mínimo	
<i>Decisiones Intermittentes / Sistemas de revisión periódica</i>			
EOQ	Uniforme / Determinística	Costo mínimo	
Sistema (S, T)	Estocástica	Costo mínimo	z fija usando política 1 o 2
Sistema (s, S)	Irregular	Orden conveniente	
Reabastecimiento opcional	Estocástica		

" 8 ! 4 5 :: 26) 32

5.5. ESTADO DEL ARTE DE LOS PRINCIPALES MODELOS DE COORDINACIÓN DE INVENTARIOS

El siguiente cuadro muestra un resumen de las características, tales como tipo de demanda, número de productos, horizonte de planeación y el valor del precio (parámetro o variable) de los modelos de coordinación de inventarios hasta el año 2004.

. ; &

/

" 4 ' % 4 # 5 ** - 6) 2 -

? "

+ O
T%

O
9

N

U F & 6 / BB ? G T /

