

**DETERMINACIÓN DE UN MODELO DE INVENTARIOS PARA UNA EMPRESA
DE MENSAJERÍA ESPECIALIZADA DE BOGOTÁ**

GUSTAVO ADOLFO ORTEGA REYES

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2012

**DETERMINACIÓN DE UN MODELO DE INVENTARIOS PARA UNA EMPRESA
DE MENSAJERÍA ESPECIALIZADA DE BOGOTÁ**

GUSTAVO ADOLFO ORTEGA REYES

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Industrial**

**Director
ROLANDO ACOSTA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2012

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	19
4. MARCO TEÓRICO	23
4.1 TEORÍA DE INVENTARIOS	23
4.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE INVENTARIO	23
4.3 IMPORTANCIA DE LOS INVENTARIOS	25
4.4 SISTEMAS DE INVENTARIOS	26
5. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	27
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
6.1 MODELO MATEMÁTICO	32
6.2 SUPUESTOS DEL MODELO	32
6.3 PARÁMETROS Y VARIABLES DEL MODELO	33
7. METODOLOGÍA	35
7.1 CALCULO DE LA DEMANDA	38
7.2 METODOLOGÍA ABC DE LOS INSUMOS	39
7.3 CÁLCULO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA DE INVENTARIO	41
7.4 ESPACIO DISPONIBLE DE BODEGA	45
7.5 VOLUMEN OCUPADO POR LOS INSUMOS	46
7.6 MARCACIÓN DE LA BODEGA	46
8. RESULTADOS	49
9. CONCLUSIONES	58

10. RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFIA	61
ANEXOS	65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comportamiento del inventario EOQ	34
Figura 2. Plano de Bodega, clasificación ABC de los Insumos Críticos	40
Figura 3. Solución del Modelo de almacenamiento, con Excel	44
Figura 4. Diagrama de flujo del almacén	47
Figura 5. Comportamiento del inventario de Guía Nacional	50
Figura 6. Comportamiento del inventario de Bolsa Plástica de Guía	50
Figura 7. Comportamiento del inventario de Bolsa de Seguridad 23X28+3cm Cinta Cal.3	51
Figura 8. Comportamiento del inventario de Bolsa de Retorno 31X16 Calibre 2.5	51
Figura 9. Comportamiento del inventario de Bolsa Courier 34X40 Cm Calibre 2.5	52
Figura 10. Comportamiento del inventario de Bolsa Courier 20X31 Cm Calibre 2.5	52
Figura 11. Comportamiento del inventario de Bolsa Plástica 80X100	53
Figura 12. Comportamiento del inventario de Bolsa Transparente 50X60 cm Cal 3	53
Figura 13. Comportamiento del inventario de Bolsa Courier 16X24 cm Calibre 2.5	54
Figura 14. Comportamiento del inventario de Bolsa Coextruida Blanca 50X80	54
Figura 15. Comportamiento del inventario de Bolsa Coextruida Blanca 50X50	55

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Módulos de aplicación SAP	19
Tabla 2. Listado de insumos críticos para la operación	31
Tabla 3. Clasificación ABC de los Insumos Críticos	40
Tabla 4. Costo de Ordenar de los Insumos Críticos	41
Tabla 5. Cantidades óptimas de pedido, porcentaje de utilización y tiempos	46
Tabla 6. Costo de la política de inventarios propuesta	53
Tabla 7. Costo de la de política de inventarios anterior y ahorro respecto a la propuesta.	54

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Parámetros	66
ANEXO 2. Cálculos de la demanda en sucursales	70
ANEXO 3. Información de espacio disponible en bodega	81
ANEXO 4. Procedimiento para el cálculo de Lambda	90

RESUMEN

TITULO: DETERMINACIÓN DE UN MODELO DE INVENTARIOS PARA UNA EMPRESA DE MENSAJERÍA ESPECIALIZADA DE BOGOTÁ

AUTOR: GUSTAVO ADOLFO ORTEGA REYES

PLABRAS CLAVES: EOQ Para Varios Artículos con Limitación de Almacén, Empresa de Mensajería Especializada, Cantidad Optima, Almacenamiento, Problema Logístico.

DESCRIPCIÓN

Mensajería Especializada Express S.A., es una empresa prestadora de servicio postal, nacional e internacional y líder en Colombia en el servicio de mensajería especializada. Se han posicionado como una industria con capacidad de respuesta, excelentes precios, responsabilidad, honestidad, y grandes exigencias de calidad y servicio. Esta empresa tiene como principal objetivo optimizar el manejo de los recursos, reduciendo de este modo el impacto ambiental y cumpliendo así con la responsabilidad social y empresarial que es clave para buscar la sostenibilidad de la empresa. Partiendo de esto los empresarios del sector se enfocan en la reducción de costos y la optimización del manejo de inventarios, ya que la gran mayoría de las empresas del sector no cuentan con un sistema eficiente de manejo de inventarios.

Mensajería Especializada Express S.A., no dispone de una política de inventario eficaz para el año, ya que su cadena de suministros es tipo Push, es decir la demanda está determinada por el presupuesto mensual establecido, no depende de los requerimientos de las sucursales, su metodología actual consiste en realizar pedidos de la totalidad de requerimientos de insumos críticos para seis meses, presentándose problemas serios de sobre-utilización del espacio disponible para el almacenamiento de inventarios.

En este trabajo de grado se logró determinar la cantidad óptima de compra de insumos para la empresa Mensajería Especializada Express S.A. por medio de un modelo de cantidad económica de pedido de varios artículos con limitación de almacén.

ABSTRACT

TITLE: DETERMINATION OF INVENTORY MODEL FOR A COMPANY SPECIALIZED IN BOGOTA MESSAGING

AUTHOR: GUSTAVO ADOLFO REYES ORTEGA

KEY WORDS: EOQ for Multiple Items with Limited Storage space, Critical Supplies, Courier Company, Storage, Logistics Problem.

DESCRIPTION

Mensajería Especializada Express S.A., is a company that operates in the postal service business of Colombia and leads the specialized postal service segment. The company has built itself a reputation founded on responsiveness, competitive prices, responsibility, honesty and high quality and service standards. The main objective of the company is to optimize the use of scarce resources in order to reduce the environmental impact of its operations meeting the social responsibility minimum standards, which is a key success factor for its sustainability. On the basis of this, the entrepreneurs of this economic sector in Colombia are making important efforts on cost reduction and the optimization of inventory management policies, given the fact that most of the companies in this sector do not have an efficient management process for their inventories.

Mensajería Especializada Express S.A. do not have an effective inventory management policy for each year and because it operates with a push type of supply chain system; the demand is determined by the monthly assigned budget, its current inventory management methodology consists in setting the orders with the total requirements of critical stock keeping units (SKU) for six months. Such a methodology generates a serious over utilization of the available space for storing the inventories of the different SKU.

The optimal quantity of the required materials for the company was determined during the development of this capstone project by using an economic lot size model for several items with storage capacity constraints. The used methodology and the corresponding results are presented in this capstone project report.

GLOSARIO

POLÍTICA DE INVENTARIOS: Consiste en hacer y recibir pedidos de determinados volúmenes, repetidas veces y a intervalos determinados y responde a las dos siguientes preguntas: 1. ¿Cuánto se debe ordenar? 2. ¿Cuándo se debe colocar los pedidos¹?

METODOLOGÍA ABC: Es un procedimiento simple que se puede utilizar para separar los artículos que requieren atención especial en términos de control de inventarios. La idea del procedimiento es determinar el porcentaje de artículos que contribuyen al 80% del valor monetario acumulado. Estos artículos se clasifican como grupo A y normalmente constituyen alrededor del 20% de todos los artículos. Los artículos de clase B son aquellos que corresponden a valores monetarios porcentuales entre el 80% y el 95%. Estos normalmente comprenden alrededor del 25% de todos los artículos. Los artículos restantes constituyen la clase C².

DEMANDA CONSTANTE: Se supone que la demanda ocurre a una tasa constante, conocida. Esto implica por ejemplo, que la demanda ocurre a una tasa de 1000 unidades por año, la demanda durante cualquier periodo de t meses será $\frac{1000t}{12}$ ³.

¹WINSTON WAYNE L. Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos. Cuarta Edición, Modelos Determinísticos de Inventario, Pág. 846. México, 2004.

²TAHA. HAMDY A. Investigación de Operaciones. Quinta Edición. Modelos de Inventarios. Pág.561. México, 1995

³WINSTON WAYNE L. Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos. Cuarta Edición, Modelos Determinísticos de Inventario, Pág. 847. México, 2004.

COSTO DE ORDENAR: Representa el cargo fijo en el cual se incurre cuando se hace un pedido. Este costo es independiente del volumen del pedido⁴.

COSTO DE ALMACENAMIENTO: Representa el costo de mantener suficientes existencias en el inventario. Incluye el interés sobre el capital, así como el costo de mantenimiento y manejo⁵.

MÉTODO DE LOS MULTIPLICADORES DE LAGRANGE: Si un campo escalar $f(x_1, \dots, x_n)$ tiene un extremo relativo cuando está sometido a m condiciones, por ejemplo

$$g_1(x_1, \dots, x_n) = 0 \quad \dots, \quad g_m(x_1, \dots, x_n) = 0,$$

Siendo $m < n$, existen entonces m escalares $(\lambda_1, \dots, \lambda_m)$ tales que

$$\nabla f = \lambda_1 \nabla g_1 + \dots + \lambda_m \nabla g_m$$

En cada punto extremo.

Para determinar los puntos extremos en la práctica consideramos en el sistema de $n + m$ ecuaciones formando con las m ecuaciones de condición (1) y las n ecuaciones escalares determinadas por la relación vectorial (2). Se resuelve el sistema (si ello es posible) respecto a las $n + m$ incógnitas x_1, \dots, x_n y $\lambda_1, \dots, \lambda_m$. Los puntos (x_1, \dots, x_n) en los que se representa los extremos relativos se encuentran entre las soluciones de aquél sistema.

⁴TAHA. HAMDY A. Investigación de Operaciones Una Introducción. Sexta Edición. Modelos de Inventarios Determinísticos. Pág.439. México, 1998.

⁵TAHA. HAMDY A. Investigación de Operaciones, Una Introducción. Sexta Edición. Modelos de Inventarios Determinísticos. Pág. 439. México, 1998.

Los escalares $\lambda_1, \dots, \lambda_m$ que se introdujeron para ayudar a resolver este tipo de problema se denominan *multiplicadores de Lagrange*. Se introduce un multiplicador por cada condición. El campo escalar f y las funciones de condición g_1, \dots, g_m se suponen diferenciables. El método es válido si el número de condiciones, m , es menor que el número de variables, n , y si no todos los determinantes jacobianos de las funciones de condición con respecto a m de las variables x_1, \dots, x_n son nulos para los valores extremos que se consideran⁶.

INSUMO CRÍTICO: Insumo que si no está al momento de requerirlo, detiene la actividad que se esté realizando; o bien no tiene reposición inmediata en el mercado; o bien son insumos que se usan permanentemente en una actividad⁷.

MENSAJERÍA ESPECIALIZADA: Se entiende por servicio de mensajería especializada, la clase de servicio postal prestado con independencia de las redes postales oficiales del correo nacional e internacional, que exige la aplicación y adopción de características especiales, para la recepción, recolección y entrega personalizada de envíos de correspondencia y demás objetos postales, transportados vía superficie y/o aérea, en el ámbito nacional y en conexión con el exterior⁸.

LOGÍSTICA: Este término se usa para describir las razones para almacenar inventarios. Hay ciertas restricciones que pueden surgir en las compras, producción y distribución de los artículos que obligan al sistema a mantener inventarios. Uno de estos casos es el artículo que debe comprarse en cantidades mínimas. Otro es la logística de manufactura; es virtualmente imposible reducir a

⁶ APOSTOL. TOM M. Calculus, Cálculo con funciones de varias variables y álgebra lineal, con aplicaciones a las ecuaciones diferenciales y a las probabilidades. Aplicaciones de cálculo diferencial. Segunda edición. Pág.385.Colombia, 1988.

⁷ Disponible en Internet: http://www.e-seia.cl/archivos/ADENDA_1_ANEXO_10_A.pdf Recuperado el 13 de Agosto de 2012.

⁸ Disponible en internet: http://www.adpostal.gov.co/secs/normatividad/decreto_229.htm Recuperado el 13 de Agosto de 2012.

cero todos los inventarios y esperar que haya continuidad en un proceso de manufactura⁹.

⁹NAHMIAS, STEVEN. Análisis de la producción y las Operaciones. Primera Edición. Control de Inventarios Sujeto a Demanda Conocida. Pág. 204. México, 1999

INTRODUCCIÓN

La gestión de inventarios, tiene como objetivo determinar la cantidad de existencias que se han de mantener y el ritmo de pedidos para cubrir las necesidades de la empresa. Esta representa una de las soluciones a los problemas que posee la administración de la misma. Muchas compañías dedicadas a la mensajería especializada o Courier presentan inconvenientes debido a que no tienen claro qué cantidad y cada cuánto tiempo deben reabastecer sus inventarios. Por lo general esto se debe en mayor parte porque se manejan de forma rutinaria. Se decidió analizar la metodología de almacenamiento que se lleva a cabo en la empresa Mensajería Especializada Express S.A relacionado con la gestión de inventarios, de manera que se puedan aprovechar mejor los recursos que se tiene en el área de compras.

Este proyecto se ejecutó con el ideal, de proponer una política que ayude a la empresa a mejorar la administración de sus inventarios, por lo que se realizó un seguimiento para determinar los conflictos presentados por la metodología. La empresa dispone de un sistema de información muy eficaz para llevar la trazabilidad de la información del manejo de los inventarios y de esta manera tener un punto de referencia del flujo de entrada y salida de los insumos críticos. Dado lo anterior, también se llevó un control del comportamiento empírico para medir el impacto de las dificultades en el manejo de inventarios y así tener un punto de partida del antes y el después de la propuesta presentada en este trabajo para la optimización en el manejo de estos.

Teniendo en cuenta que el entorno en el que se maneja la empresa es de tiempo completo, se llegó a la conclusión, de proponer una herramienta para la gestión de inventarios que sería de gran utilidad para esta, por tal motivo, fue indispensable

determinar un modelo óptimo de inventarios que se ajustara a las condiciones y restricciones de la empresa Mensajería Especializada Express S.A.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una política para el manejo de los inventarios para determinar la cantidad óptima de compra de los materiales críticos de la compañía, con el fin de aprovechar de una mejor forma el espacio requerido para el almacenamiento.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaboración de un modelo de inventarios de cantidad económica de pedido de varios artículos con restricción de espacio para almacenamiento de insumos críticos.
- Determinar la configuración de bodega según el volumen asignado por la metodología ABC.
- Diseñar la marcación adecuada de la bodega, para mejorar la visibilidad y la diferenciación de los insumos críticos.
- Realizar un estudio comparativo del sistema de inventarios de la empresa con el modelo propuesto.

2. JUSTIFICACIÓN

“Desde tiempos inmemorables, los egipcios y demás pueblos de la antigüedad, acostumbraban almacenar grandes cantidades de alimentos para ser utilizados en los tiempos de sequía o de calamidades. Es así como surge o nace el problema de los inventarios, como una forma de hacer frente a los periodos de escasez que les permitieran subsistir y desarrollar su vida normalmente. Esta forma de almacenamiento de todos los bienes y alimentos necesarios para sobrevivir motivó la existencia de los inventarios.

El inventario es parte primordial de muchas empresas, ellos son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización. Los inventarios comprenden, además de las materias primas, productos en proceso y productos terminados o mercancías para la venta, los materiales, repuestos y accesorios para ser consumidos en la producción de bienes fabricados para la venta o en la prestación de servicios; empaques y envases y los inventarios en tránsito”¹⁰.

Independientemente de la forma de inventario que tenga una empresa, la gestión inadecuada de ese inventario puede dar lugar a excesos en el pedido de materiales, y la pérdida del mismo. De esta manera se debe llevar una administración de inventarios, puesto que la eficiencia en el manejo adecuado del registro, de la rotación y evaluación del inventario de acuerdo a como se clasifique y que tipo de inventario tenga la empresa, ya que a través de todo esto se determinarán los resultados (utilidades o pérdidas) de una manera razonable,

¹⁰RAMÍREZ, JOSÉ. Fundamentos de Inventarios, Instituto Universitario de Tecnología READIC, Maracaibo, Estado de Zulia, 2007.

pudiendo establecer la situación financiera de la empresa y las medidas necesarias para mejorar o mantener dicha situación¹¹.

La gestión de los inventarios implica la determinación de la cantidad de inventario que deberá mantenerse, la fecha en que deberán realizarse los pedidos y las cantidades de unidades a ordenar.

“Entre las muchas extensiones del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) estudiadas en la literatura sobre Teoría de Inventarios, una de las que con mayor frecuencia se ha considerado es la que tiene lugar cuando en un sistema se permite la rotura del stock. Habitualmente se considera que, cuando se produce esta situación de carencia de existencias, la demanda pendiente se atiende en el momento que llega un nuevo pedido al almacén”¹².

¹¹ Disponible en Internet: http://www.articulosinformativos.com/Manejo_de_Inventario-a862351.html#8076846 Recuperado el 6 de Abril de 2012.

¹² Sicilia, Joaquín; San José, Luis A. y García-Laguna, Juan (2009) Modelos de tamaño de lote económico con demanda parcialmente satisfecha. Universidad de Valladolid. España

3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a los cambios a los que han sido sometidas las empresas de mensajería especializada, cambios de tipo tecnológico que las ha llevado a implementar nuevas herramientas y manejo de software, llevadas a un mercado donde la competencia por la excelencia y calidad de los servicios es muy alta, ha surgido la necesidad de brindarle una administración de inventarios a Mensajería Especializada Express S.A que actualmente posee un sistema de inventarios empírico, (se calculan y se hacen los pedidos por intuición y según la trazabilidad de los mismos); a pesar del sistema de información “SAP” que maneja la empresa, estos hacen parte fundamental de la empresa y deben llevar un control para supervisar los niveles de inventario y para diseñar sistemas y procedimientos para la gestión efectiva, ya que el exceso de los mismos causa sobrecostos a la hora de la compra de insumos para la empresa.

El sistema de información utilizado en la empresa, es una herramienta productiva usada por muchas organizaciones. El nombre de SAP proviene de: Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de datos. Este sistema comprende muchos módulos completamente integrados, que abarca prácticamente todos los aspectos de la administración empresarial. Cada módulo realiza una función diferente, pero está diseñado para trabajar con otros módulos¹³.

SAP¹⁴ proporciona productos y servicios de software para solucionar problemas en las empresas que surgen del entorno competitivo mundial, los desarrollos de estrategias de satisfacción al cliente, las necesidades de innovación tecnológica,

¹³ Disponible en Internet: http://espanol.geocities.com/emoly188/sap_index.htm, página particular de Rodrigo Sánchez Martínez, estudiante de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Santiago de Chile Recuperado el 26 de Agosto de 2012

¹⁴ Disponible en Internet: <http://www.sap.com/index.epx>, SAP global, sitio electrónico de la corporación SAP Recuperado el 26 de Agosto de 2012

procesos de calidad y mejoras continuas, así como, el cumplimiento de normatividad legal impuesta por las instituciones gubernamentales. Los Módulos de aplicación son los siguientes:

Tabla 1. Módulos de aplicación SAP

MÓDULOS	DESCRIPCIÓN
Gestión financiera (FI).	Libro mayor, libros auxiliares, ledgers especiales, etc.
Controlling (CO).	Gastos generales, costes de producto, cuenta de resultados, centros de beneficio, etc.
Tesorería (TR).	Control de fondos, gestión presupuestaria, etc.
Sistema de proyectos (PS).	Grafos, contabilidad de costes de proyecto, etc.
Gestión de personal (HR).	Gestión de personal, cálculo de la nómina, contratación de personal, etc.
Mantenimiento (PM).	Planificación de tareas, planificación de mantenimiento, etc.
Gestión de calidad (QM).	Planificación de calidad, inspección de calidad, certificado de, aviso de calidad, etc.
Planificación de producto (PP).	Fabricación sobre pedido, fabricación en serie, etc.
Gestión de material (MM).	Gestión de stocks, compras, verificación de facturas, etc.
Comercial (SD).	Ventas, expedición, facturación, etc.
Workflow (WF).	Soluciones sectoriales (IS), con funciones que se pueden aplicar en todos los módulos.

Fuente: Autor

Este sistema está implementado en la empresa hace 10 años, y ha sido parte fundamental para cubrir todas las necesidades de la gestión empresarial, puesto que establece e integra el sistema productivo de las empresas del grupo Mensajería Especializada Express Sons S.A. Esta herramienta utilizada correctamente facilita el manejo de los inventarios; en este caso en particular, el mal uso y la poca capacitación por parte de la empresa hace que esta herramienta no sea eficiente, dado que se necesita más que la herramienta, para que el sistema funcione a la perfección. El almacén emplea el módulo de Gestión de

material (MM), la persona encargada de manipular el sistema no es capacitada por un profesional, la persona que abandona el puesto capacita a la persona que toma el cargo, por tal motivo, el manejo de la herramienta es deficiente, ya que la persona que ingresa incurre en errores de operación del auxiliar anterior.

Teniendo en cuenta éstos conflictos en el manejo de inventarios, es oportuno presentar una mejor administración, para ello es necesario analizar la conducta de la demanda de los seis últimos meses y determinar su comportamiento.

Uno de los problemas más comunes que se presentan en la administración de inventarios y que directamente afectan la empresa y la satisfacción de los clientes, es la sobre-utilización de las instalaciones administrativas en almacenamiento. Esta situación hace que el bienestar de los pedidos sea deficiente; los costos de almacenamiento, y el inventario muerto, también son factores que debilitan la gestión de inventarios, dado que en repetidas ocasiones hay que verificar varias veces la información real de los materiales existentes. También hay otro factor directamente relacionado con las dificultades en la administración del stock, y es la relación con los proveedores; estos hacen parte fundamental del ciclo de procedimientos y operación interna del almacén, y por ende se debe tener en cuenta el manejo de tiempo y los requerimientos para que ellos puedan dar cumplimiento a las necesidades de la empresa. También es importante tener en cuenta que los problemas anteriores mencionados incurren en aspectos como desorden, pésima ubicación de insumos críticos, pérdida de referencias y desperdicio de espacio.

Estas rutinas se están viendo alteradas por la falta de un procedimiento más claro y conciso para la realización de pedidos, admisión de mercancías y despacho de las mismas.

Es importante tener claro que la clase de inventarios con los que opera la empresa Mensajería Especializada Express S.A, maneja varias referencias de insumos que en su mayoría son críticos, debido a la complejidad de los mismos, ya que estos cumplen una serie de requerimientos específicos en su fabricación, de tal forma que impiden hacer alianzas con proveedores semejantes, esto quiere decir, que se limitan al tener un único proveedor. Estas particularidades hacen que la operación interna del almacén sea compleja.

Para concluir, se ha determinado realizar un estudio que manifieste la situación actual que presenta la empresa y permita darle una mejor proyección con la nueva política de inventarios que se ha propuesto para la compañía.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 TEORÍA DE INVENTARIOS

“La administración de inventarios es una de las actividades logísticas en donde se encuentran más posibilidades de reducir costos para las empresas, mediante una mejor gestión de los materiales almacenados y su transporte (Sallenave, 2002). Una buena administración en este campo permite reducir la cantidad de elementos requeridos en los almacenes, así como aumentar los niveles de cumplimiento de los pedidos de clientes internos y externos (Silver, Pyke y Peterson, 1998; Frazelle y Sojo, 2007; Chopra y Meindl, 2008; Goldsby y Martichenko, 2005).

Tanto en la bibliografía como a nivel práctico, existen múltiples herramientas y modelos que permiten administrar y calcular los inventarios adecuados, con el objetivo de que los costos logísticos asociados a esta actividad sean mínimos (Silver, Pyke y Peterson, 1998; Bowersox, Closs y Cooper, 2002; Hugos, 2003; Ghiani, Laporte y Musmano, 2004; Chopra y Meindl, 2008; Taylor, 2008). Como ejemplo de estas herramientas y modelos se encuentran el JIT, modelo de EOQ, políticas de inventario periódico y permanente, VMI, Newsvendor problem y otros.”¹⁵.

4.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE INVENTARIO

A lo largo del tiempo han surgido una serie de definiciones en el tema de los inventarios, que han ido cambiando sustancialmente con el paso del tiempo, en la que encuentran definiciones como:

1. “El inventario es el almacenamiento de los productos que se venderán a los consumidores con el fin de obtener una utilidad”.¹⁶
2. “El inventario es el conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa para comercializarlos, permitiendo la compra y venta o la fabricación primero

¹⁵ Arango, Martín; Zapata Julián y Jaimes Wilson (2011) Aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor en una empresa del sector alimentario Colombiano, *Revista EIA*, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia), ISSN 1794-1237 Número 15, p. 21-32

¹⁶ Disponible en Internet: http://www.articulosinformativos.com/Manejo_de_Inventario-a862351.html
Recuperado el 31 de Oct de 2011.

antes de venderlos, en un periodo económico determinado. Deben aparecer en el grupo de activos circulantes”¹⁷.

3. “El inventario es el almacenamiento de bienes y productos. En manufactura, los inventarios se conocen como SKU (StockkeepingUnits) y se mantiene en un sitio de almacenamiento. Los SKU comúnmente consiste en”¹⁸:
 - Materia Primas
 - Productos en Proceso
 - Productos Terminados

Tomando lo anterior se puede concluir que para una empresa, los inventarios deben tener el mismo nivel de importancia a la rentabilidad, ya que el manejo de la administración de inventarios debe ser eficiente para que la empresa optimice uno a uno todos sus recursos.

La eficiencia en el manejo adecuado del registro, de la rotación del inventario y de la clasificación de los productos; la empresa determina los resultados (utilidades o perdidas) de una manera razonable, pudiendo establecer la situación financiera de la empresa y las medidas necesarias para mejorar o mantener dicha situación.

Es decir, la administración del inventario se refiere a la determinación de la cantidad de inventario que se debería mantener, la fecha en que se deberán colocar las órdenes y la cantidad de unidades que se deberán ordenar cada vez.

¹⁷Disponible en Internet: <http://www.mitecnologico.com/Main/DefinicionTiposDeInventariosRecuperado> el 31 de Oct de 2011.

¹⁸Disponible en Internet: <http://es.scribd.com/doc/2298564/Concepto-de-inventarioRecuperado> el 31 de Oct de 2011.

4.3 IMPORTANCIA DE LOS INVENTARIOS¹⁹

La razón fundamental es porque resulta físicamente imposible y económicamente impráctico el que cada artículo llegue al sitio donde se necesita y cuando se necesita. Aunque para un proveedor le sea físicamente posible suministrar materias primas con intervalos de una cuantas horas, por ejemplo, esto será prohibitivo debido al costo involucrado.

La gestión de inventarios (stocks) es la preocupación en la mayoría de las empresas cualquiera sea su dimensión y el sector de su actividad.

Esto obedece a tres factores:

1. No hacer esperar al cliente.
2. Efectuar la producción y/o servicio a un ritmo regular; aunque la demanda fluctué.
3. Comprar los bienes a precios más bajos.

Para gestionar bien los inventarios se deben definir perfectamente:

- El material a solicitar.
- La fecha de pedido.
- El lugar de almacenamiento.
- La manera de evaluar el nivel de los stocks.
- El modo de reaprovisionamiento.

¹⁹Disponible en Internet:

<http://www.investigacionoperaciones.com/material%20didactico/TEORIA%20INVENTARIOS.doc>.

Disponible en internet:

<http://www.unilibre.edu.co/facultades/contaduria/webcontaduria/estudie/inventarios/cap0501.htm#5.1.%20DEFINICION%20DE%20LOS%20INVENTARIOS>

Recuperado el 31 de Oct de 2011.

4.4 SISTEMAS DE INVENTARIOS

“Desde el punto de vista logístico, la cuestión más importante vinculada con los inventarios es su costo y solamente puede mantenerse bajo, si el volumen de inventarios es extremadamente bajo”²⁰.

La determinación de los niveles de inventarios que debe mantener una empresa, ya sea en aprovisionamiento de materiales como la cadena de distribución del producto, se asocia a la manera en que se realiza la gestión de flujos físicos, el tipo de contratos con proveedores y distribuidores y los costos aceptados para cumplir niveles de servicio a la producción y a los clientes.

De alguna manera, la determinación del nivel de inventario implica un proceso de decisiones en un sistema fuertemente retroalimentado; cuando se ofrece una canasta de productos, conviene diferenciar la gestión inventarios según productos, recurriendo a distintos niveles de inventario de seguridad como a tiempos de reposición diferentes.

Los sistemas de inventarios justo a tiempo (Just in Time), (Kan-ban) en japonés han sido desarrollados por empresas japonesas. Actualmente han sido adoptadas por empresas occidentales modernas, para obtener una disminución considerable de costos logísticos y mejorar utilidades. Esto es clave cuando el costo de capital es alto y cuando la competitividad del producto se enfrenta a un mercado mundial.

²⁰ MARTÍNEZ ROBLES, AGNESSY Y. Control de inventarios con análisis de la demanda para la empresa “SPORT B” Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

5. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La empresa Mensajería Especializada Express S.A., es Miembro del Grupo Mensajería Especializada Express Sons S.A, antiguamente Mensajería Especializada de la Rue. Nuestra organización cuenta con más de 50 años de experiencia en Colombia y hoy en día tiene presencia en 10 países (Colombia, Estados Unidos, México, Venezuela, Perú, Brasil, Reino Unido, China, India y Filipinas) tenemos alianzas con las más grandes empresas internacionales de Courier para ofrecer a usted servicios de recolección, entrega y despacho de aduanas, desde y hacia más de 200 destinos internacionales. Esta firma está dedicada a la prestación de servicio postal, nacional e internacional de mensajería especializada, comprometidos con el manejo confiable y seguro de los productos y servicios que ofrecemos a nuestros clientes: eficiencia y excelencia son nuestros mayores valores.

5.1 RESEÑA HISTÓRICA

Mensajería Especializada Express S.A., inició operaciones en 1968 como una división que ofrecía el servicio de Mensajería Nacional a los clientes de Grupo Mensajería Especializada Express Sons S.A, Transportadora de Valores. En 1994 se constituyó como una compañía independiente de Mensajería Especializada. Desde entonces nuestro enfoque ha sido la búsqueda de la excelencia para brindar a nuestros clientes un servicio con los más altos estándares de calidad y seguridad.

Ofrecemos un amplio portafolio de servicios para dar solución a cada una de las necesidades de nuestros clientes.

5.2 ACTIVIDAD ECONÓMICA

Prestación del servicio postal, nacional e internacional, de mensajería especializada; servicio de importación de tráfico postal y liberación de envíos urgentes por avión, prestación de toda clase de servicios de tele marketing, incluyendo la tele venta, líneas de atención, tele cobranza y otros servicios de marketing y mercadotecnia.

5.3 LA EMPRESA ACTUALMENTE

Mensajería Especializada Express S.A., se encuentra ubicada Calle 66 A N°. 52 – 34 Int. 12, Bogotá D.C. Colombia, cuenta con dos bodegas, una bodega para trabajo operacional y otra bodega para las oficinas administrativas, así mismo dentro de las instalaciones cuenta con 3 bodegas de almacenamiento, una de ellas es el objeto de estudio de este proyecto, la empresa cuenta con 24 sucursales y 5 agencias en todo el país, ellos cuentan también con una empresa matriz del Grupo Mensajería Especializada Express Sons S.A., llamada CSC (Centro de Servicios Compartidos), encargada de supervisar las operaciones tanto internas como externas de las empresas del grupo.

Presta actualmente servicios de:

Mensajería Nacional²¹

Recolección y entrega certificada de paquetes y documentos con servicios que se ajusten a sus necesidades bajo la normatividad de la ley 1369 de 2009 para Mensajería Expresa. Cada envío está amparado con un número de guía único lo que permite realizar rastreo en tiempo real y visualizar la prueba de entrega digitalizada en nuestra página web o recibirla físicamente.

²¹Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=13>Recuperado el 31 de Oct de 2011.

Entrega Personalizada²²

Administración integral del proceso de recolección, alistamiento, custodia, ubicación del titular y entrega personalizada de productos financieros, documentos de identificación, pasaportes y documentos comerciales bajo los estándares PCI.

Contact Center²³

Con más de 120 puestos de trabajo, nos permite proveer a usted estrategias de contacto a través de vía telefónica, chat, mail, SMS y fax, para construir relaciones de mutuo beneficio entre su empresa y sus usuarios.

Cuenta con una infraestructura tecnológica y humana que nos garantiza procesos con los más altos estándares de calidad, seguridad y confiabilidad. Nuestra plataforma tecnológica incluye un Communication manager con ACD y CTI, IVR, marcador predictivo y grabadora de llamadas con alcance al 100% de la gestión.

Mensajeros Especializados²⁴

Los mensajeros de Mensajería Especializada Express S.A., y auxiliares de correspondencia, son asignados en forma exclusiva para atender los servicios de mensajería requeridos por las distintas dependencias de su entidad o empresa, sin necesidad de incurrir en gastos y trámites de selección, contratación, capacitación, incapacidad, despido o remplazo de vacaciones.

²²Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=16>Recuperado el 31 de Oct de 2011.

²³Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=23>Recuperado el 31 de Oct de 2011.

²⁴Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=17>Recuperado el 31 de Oct de 2011.

Centros de Correspondencia²⁵

Ofrece unidades logísticas al interior de su empresa, diseñadas para atender las necesidades de recepción, radicación, alistamiento, transporte y distribución interna y externa de correspondencia.

Mensajería Internacional²⁶

Tienen alianzas estratégicas con las más grandes empresas de Courier a nivel internacional, lo que nos permite brindarle el servicio de recolección, entrega y despacho de aduanas de paquetes y documentos, desde y hacia más de 200 países alrededor del mundo con tiempos en tránsito de 1 a 7 días hábiles, según el destino y el servicio solicitado

Este grupo de servicios comprometidos hacen que la familia Mensajería Especializada Express S.A., sea una de las empresas líderes en mensajería especializada en el mercado destacándose por su excelente servicio.

Actualmente, para dar cumplimiento a estos servicios se requieren insumos críticos puntuales, estos se encuentran en una bodega de $162m^3$, con capacidad en estantería y estivas por $80m^3$ especialmente para el almacenamiento de inventario y se encuentran los siguientes ítems:

Este listado de insumos críticos, son los que se destacan para dar cumplimiento a las operaciones de la empresa, de tal modo que hay que realizar un debido seguimiento para que la operación de despacho sea eficiente. Este listado se destaca por su demanda y lo que representa para cada proceso.

²⁵Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=22>Recuperado el 31 de Oct de 2011.

²⁶Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=15>Recuperado el 31 de Oct de 2011.

Tabla 2. Listado de insumos críticos para la operación

N°	Material
1	GUÍA NACIONAL
2	BOLSA PLÁSTICA DE GUÍA
3	BOLSA PLÁSTICA 80X100
4	BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5
5	BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5
6	BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5
7	BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3
8	BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3
9	BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5
10	BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80
11	BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50

Fuente: Autor

En esta tabla se muestran 10 tipos de bolsas especiales y 1 tipo de guía de mensajería. Las bolsas especiales son fabricadas por un mismo proveedor ALBERTO CADAVIDR. Y CIA S. A., y las guías nacionales son fabricadas por PANAMERICANA EDITORIAL LTDA.

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Mensajería Especializada Express S.A. está trabajando en el mejoramiento continuo de todos sus procesos, atendiendo el plan que tiene la gerencia de implementar la norma NTC ISO 9004:2008, que proporciona orientación a las organizaciones para ayudar a lograr el éxito sostenido mediante un enfoque de gestión de la calidad. Uno de los requisitos de la norma es determinar el manejo de inventarios de insumos críticos. La realización de este trabajo de grado le apunta a esa parte del proceso de mejoramiento continuo.

Como resultado de las inquietudes que le surgen a la empresa, nace la necesidad de realizar un estudio de inventarios detallado en el cual se logre determinar cuál es la cantidad óptima de compra de insumos críticos y cada cuanto tiempo se deben realizar los pedidos de cada uno de los 11 materiales mencionados anteriormente, y de esta forma reducir los costos por manejo de inventarios.

6.1 MODELO MATEMÁTICO

En esta sección se definen los parámetros y variables del modelo y se presenta el modelo matemático que se propone utilizar para dar solución al problema de investigación.

6.2 SUPUESTOS DEL MODELO

Para desarrollar la política de inventarios en la Empresa de Mensajería Especializada se consideran las siguientes características:

1. Maneja un sistema de inventarios para 11 insumos críticos, cada uno identificado en la base de datos de SAP.
2. El sistema está compuesto por 1 Bodega, 24 sucursales y 5 agencias a nivel nacional.
3. La bodega realiza los pedidos a un centro de servicios, que se encarga de contactar a los proveedores externos 2 veces al año, cada sucursal realiza pedidos a la bodega una vez al mes. Por esta razón el tiempo de reaprovisionamiento de la bodega es de 7 meses.
4. La demanda de cada insumo crítico está preestablecida por el presupuesto de cada una de las sucursales, esto quiere decir que se genera a partir de decisiones tomadas por la propia empresa.
5. Se realiza la clasificación de Pareto para identificar los insumos críticos tipo A, B ó C, según el nivel de inventario y rotación.
6. La bodega tiene una restricción de espacio para el almacenamiento de los insumos.
7. El comportamiento de la demanda es constante con surtido instantáneo de pedido y sin faltante.

6.3 PARÁMETROS Y VARIABLES DEL MODELO

Se definieron los datos requeridos para la elaboración y desarrollo del modelo matemático y el sistema de inventarios. Estos datos fueron proporcionados por la empresa:

- Volumen máximo disponible para todos los productos.
- Costo unitario de cada producto.
- Valor de realizar un pedido, este valor incluye el costo desde la solicitud de compra hasta el costo de transporte desde el centro de entrega hasta la empresa.
- Demanda promedio mensual de cada uno de los insumos.

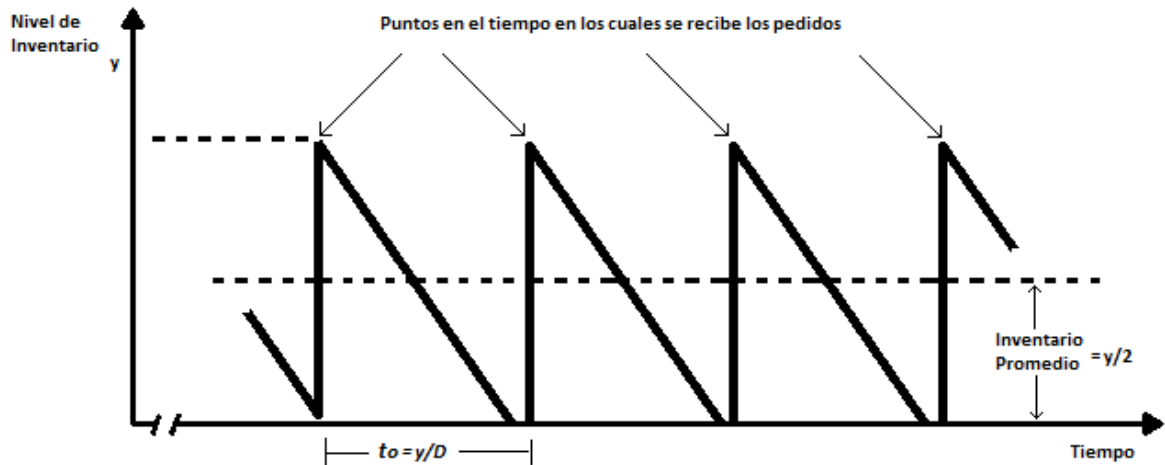
- El costo de mantener una unidad almacenada que es igual a multiplicar el valor de compra de la unidad de producto por el costo mensual del dinero.

Este modelo se aplica al caso con n (>1) artículos cuyo inventario fluctúa de acuerdo con la pauta de la figura 1. La diferencia está en que los artículos compiten por un espacio limitado de almacenamiento.

Se definirá, para el artículo $i, i = 1, 2, \dots, n$:

- D_i Tasa de Demanda
- K_i Costo de Preparación
- h_i Costo unitario de almacenamiento por unidad de tiempo
- y_i Cantidad de Pedido
- a_i Área de almacenamiento por unidad de inventario
- A Área máxima disponible de almacenamiento para n artículos
- λ Multiplicador de Lagrange
- i Insumo Crítico

Figura. 1 Comportamiento del inventario EOQ



Fuente: TAHA. HAMDY A. Investigación de Operaciones Una Introducción. Sexta Edición. Modelos de Inventarios Determinísticos. Pág.439. México, 1998

7. METODOLOGÍA

Los resultados del modelo matemático presentado en la sección anterior, se obtuvieron con base en la siguiente revisión bibliográfica:

Handy A. Taha (2004) presentó un modelo de cantidad económica de pedido de varios artículos con limitación de almacén. En este modelo describen una serie de artículos con sus parámetros necesarios para cada artículo, seguidos de una restricción de área total disponible para almacenamiento.

Después de definir la notación anterior, se formula el problema de la siguiente manera:

Suponiendo que no hay faltantes, el modelo matemático que representa la situación del inventario es:

$$\text{Minimizar } TCU(y_1, y_2, \dots, y_n) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{K_i D_i}{y_i} + \frac{h_i y_i}{2} \right) \quad (1)$$

Sujeta a:

$$\sum_{i=1}^n a_i y_i \leq A \quad (2)$$

$$y_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Nota: El modelo supone minimización ya que esta sujeta a una restricción de capacidad, este también se podría escribir como un problema Min-Max si se tuviera información de los ingresos de la empresa; y no se considera un problema de optimización entero ya que la división por cero es indefinida.

Los pasos para resolver el problema son los siguientes.

Paso 1. Calcular los valores óptimos no restringidos de las cantidades de pedido con: Ver (3)

$$y_i^* = \sqrt{\frac{2K_i D_i}{h_i}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Paso 2. Comprobar si los valores óptimos no restringidos y_i^* satisfacen la restricción del almacenamiento. Si la satisfacen, detenerse; la solución $y_i^*, i = 1, 2, \dots, n$ es óptima. En caso contrario seguir en el paso 3.

Paso 3. Se debe satisfacer la restricción del almacenamiento en forma de la ecuación. Usar el método de los multiplicadores de Lagrange para determinar los valores restringidos óptimos de las cantidades de pedido.

En el paso 3, la función de Lagrange se formula como sigue:

$$\begin{aligned} L(\lambda, y_1, y_2, \dots, y_n) &= TCU(y_1, y_2, \dots, y_n) - \lambda(\sum_{i=1}^n a_i y_i - A) \\ &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{K_i D_i}{y_i} + \frac{h_i y_i}{2} \right) - \lambda(\sum_{i=1}^n a_i y_i - A) \end{aligned} \quad (4)$$

Donde $\lambda (< 0)$ es el multiplicador de Lagrange.

Como la función de Lagrange es convexa²⁷, los valores óptimos de y_i y λ se determinan con la siguiente condición necesaria:

$$\frac{\partial L}{\partial y_i} = -\frac{K_i D_i}{y_i^2} + \frac{h_i}{2} - \lambda a_i = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = -\sum_{i=1}^n a_i y_i + A = 0 \quad (6)$$

La ecuación indica que se debe satisfacer la restricción en la forma de la ecuación para el óptimo. Ver **(6)**

De la primera ecuación,

$$y_i^* = \sqrt{\frac{2K_i D_i}{h_i - 2\lambda^* a_i}} \quad (7)$$

La fórmula indica que y_i^* depende del valor de λ^* . Para $\lambda^* = 0$, y_i^* da la solución sin restricción.

El valor de λ^* se puede determinar como sigue: por definición $\lambda < 0$ para el caso de minimización, se disminuye λ en forma sucesiva una cantidad razonablemente grande para este caso en particular, y se sustituye en la fórmula para calcular la y_i^* asociada. La λ^* deseada produce los valores de y_i^* que satisfacen la restricción de almacenamiento en forma de ecuación. (Mapa Conceptual) **Ver anexo 4.**

²⁷Véase la sección 20.2.1 para los detalles del método de Lagrange del libro TAHA. HAMDY A. Investigación de Operaciones Una Introducción. Sexta Edición. Modelos de Inventarios Determinísticos. Pág.746. México, 1998

7.1 CÁLCULO DE LA DEMANDA

A través de información histórica del Departamento de Compras y del análisis de las solicitudes de pedido registrada en la base de datos de SAP, se obtuvieron todos los datos necesarios para la creación de una plantilla en Microsoft Excel 2010, donde se muestra la demanda de cada una de las sucursales debidamente diligenciada y basada sobre un presupuesto económico; se partió de esta información para suponer que el comportamiento y las características de la demanda es constante, y tomando en cuenta esta información determinar la complejidad de modelo de control resultante.

Se realizó de esta manera ya que por políticas de confidencialidad, la empresa no permite revelar información acerca de sus clientes, esta información está registrada en una base de datos que les permitió generar un presupuesto, basado en unidades mensuales de insumos críticos solicitadas por sucursal a partir de las necesidades de cada una de estas. La empresa en favor del proyecto, facilitó el presupuesto para dar solución al problema presentado en este trabajo de grado.

La información obtenida bajo estricto control de seguridad fue tomada desde el 1 de Julio de 2011 a 31 de Diciembre de 2011. Se realizó una clasificación de cada uno de los insumos críticos por sucursal, es decir por cada ciudad y/o municipio, para un mayor control en los datos, la empresa cuenta con 24 sucursales y 5 agencias a nivel nacional. Se analizaron uno a uno los registros de entrada y salida para cada uno de los insumos y se consideró que la demanda es igual a lo despachado por el auxiliar de compras; cabe aclarar que se interpreta esta información desde la fecha anteriormente mencionada, ya que en periodos anteriores el encargado de la bodega no realizó las debidas entradas y/o salidas y como consecuencia se presentaron faltantes en el sistema. Debido a este inconveniente se tuvo que realizar la búsqueda en los libros mes a mes de cada uno de los registros que no habían sido ingresados y los registros a los cuales no

les habían hecho salida del sistema de información SAP por parte de la persona encargada en ese momento, una vez recuperada la información se realizaron los ingresos y las salidas, donde se asumió un punto de partida para la recolección de los datos que hicieron parte de este proyecto de grado.

Como nota aclaratoria, las unidades de demanda tomadas para realizar la política de inventarios se aproximaron, dado que el proveedor genera los despachos en miles de unidades. **Ver Anexo 2**

7.2 METODOLOGÍA ABC DE LOS INSUMOS

Se implementó esta metodología para establecer los diferentes tipos de insumos. Para ello, se realizó la clasificación según su nivel de rotación, no se tuvo en cuenta otras variables ya que la metodología tuvo como base el presupuesto económico de la empresa; los insumos con mayor demanda hacen parte de los Tipo A (insumos que constituyen el 76% de la demanda), los Tipo B (insumos que constituyen el 90% de la demanda, descartando los que ya hacen parte de los Tipo A) y los Tipo C (insumos que representan la menor demanda).

Los datos requeridos para realizar la metodología ABC fueron:

- Precio de cada uno de los Insumos Críticos.
- Unidades de demanda mensuales de julio de 2011 a diciembre de 2011.

Con las unidades mensuales de estos meses se determinó el promedio de demanda mensual nacional, y con la metodología de Pareto se establecieron los tipos de insumos, como se presenta:

Tabla 3. Clasificación ABC de los Insumos Críticos

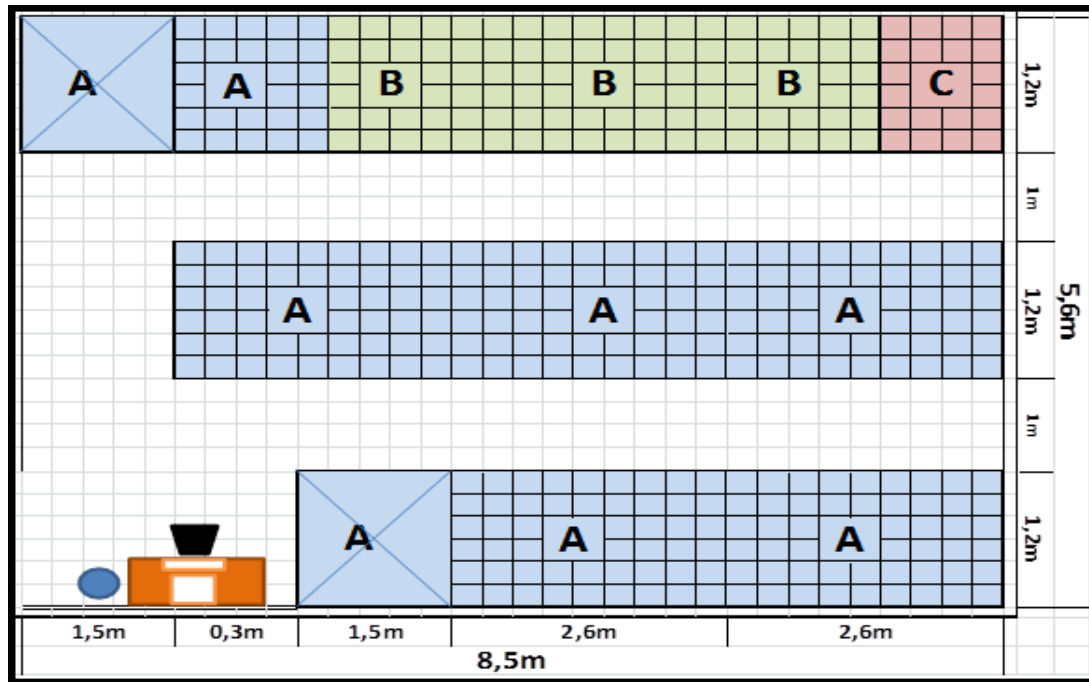
No.	Insumos	%	% Acumulado	Tipo de Producto
1	BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3	27,37%	27,37%	A
2	GUÍA NACIONAL	18,81%	46,19%	A
3	BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5	14,88%	61,06%	A
4	BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5	14,33%	75,39%	A
5	BOLSA PLÁSTICA DE GUÍA	11,68%	87,07%	B
6	BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5	5,46%	92,53%	B
7	BOLSA PLÁSTICA 80X100	3,91%	96,44%	B
8	BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80	1,18%	97,62%	C
9	BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3	1,03%	98,65%	C
10	BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50	0,68%	99,33%	C
11	BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5	0,67%	100,00%	C

Fuente: Autor

Según la clasificación ABC, se determina que de un total de 11 insumos críticos, 7 de ellos representan más del 90% de la demanda; 4 insumos tipo A, 3 insumos tipo B y 4 hacen parte de los tipo C.

A continuación se presenta el plano de la bodega según su clasificación.

Figura 2. Plano de Bodega, clasificación ABC de los Insumos Críticos.



7.3 CÁLCULO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA DE INVENTARIO

Después de haber sido recolectada toda la información sobre demanda que se utilizaría para la elaboración de la política de inventarios, se realizó la búsqueda de una serie de datos necesarios por insumo, con ellos completar los datos para determinar la solución del modelo, estos fueron: costo de ordenar, costo de mantener; se describió uno a uno cada parámetro para cada uno de ellos.

Se consultó el costo de ordenar, a partir de la información suministrada por el departamento de Compras y con autorización de una matriz llamada Centro de Servicios compartidos (CSC), ellos son los encargados de realizar la solicitudes de pedido y del contacto con los proveedores, para este caso fueron dos proveedores, uno para las Guías Nacionales y uno para las Bolsas de Seguridad, el valor del flete es fijo e independiente de la cantidad solicitada como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Costo de Ordenar de los Insumos Críticos

No.	Insumos Críticos	VALOR FLETE
1	GUÍA NACIONAL	\$ 90.000
2	BOLSA PLÁSTICA DE GUÍA	\$ 75.000
3	BOLSA PLÁSTICA 80X100	\$ 75.000
4	BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5	\$ 75.000
5	BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5	\$ 75.000
6	BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5	\$ 75.000
7	BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3	\$ 75.000
8	BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3	\$ 75.000
9	BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5	\$ 75.000
10	BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80	\$ 75.000
11	BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50	\$ 75.000

Fuente: Autor

Se halló el costo de mantener los inventarios, que es igual al valor de compra de una unidad de producto, por el costo mensual del dinero. Se calcularon de la siguiente manera: este costo es una tasa agregada de interés formada por 4 componentes:

28% = Costo de capital

2% = Impuestos y seguro

6% = Costo de almacenamiento

0,25% = Espacio Disponible

1% = Costo de roturas y deterioro

37.25% = Cargo total por interés Anual

Fuente: Autor

Si c es el valor monetario de una unidad por año, I la tasa anual de interés y h el costo de mantener el inventario en pesos por unidad por año, tenemos la ecuación $h=Ic$.

El porcentaje de espacio disponible se calculó teniendo en cuenta el volumen total de la bodega operativa de $66.000m^3$, respecto a las dimensiones del almacén de insumos críticos.

Para este parámetro se obtuvieron once 11 costos, uno para cada insumo crítico. Una vez obtenidos los datos necesarios para la solución, y suponiendo que no hay faltantes, se remplazaron los valores en la formula, Ver **(1)** para calcular los valores óptimos *no restringidos* de las cantidades de pedido para cada uno de los insumos. Calculadas las 11 cantidades, se pasó a comprobar si los valores óptimos *no restringidos* satisficieron la restricción de almacenamiento, Ver **(2)**, de la siguiente manera: se realizó la sumatoria de las cantidades de pedido para los 11 insumos por el área de almacenamiento necesaria por unidad de inventario, si

se cumplía la restricción, la solución era óptima, en este caso no se cumplió dado que la capacidad máxima de almacenamiento es de $80m^3$ y la arrojada por el ejercicio fue igual a $110,127m^3$.

Para determinar los valores de las variables que cumplen con la restricción de espacio de almacenamiento, se requirió el uso del Método de los Multiplicadores de Lagrange, para determinar los valores óptimos restringidos para cada uno de los insumos críticos.

Se utilizó la función Lagrange (**Ver Paso. 3 de la Metodología**), la aplicación del método fue correcta en este caso, “porque $TCU(y_1, y_2, \dots, y_n)$ es convexa y el problema tiene una sola restricción lineal; por consiguiente su espacio de soluciones es convexo”²⁸. Los cálculos asociados con el modelo fueron sencillos pero tediosos, se usó una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010 para subsanar esa dificultad. **Ver Anexo 1**

La plantilla de Excel contiene todos los parámetros necesarios para cada uno de los insumos críticos, el valor de λ (lambda inicial) suele ser igual a cero, y el valor de λ (decremento lambda) se establece en un valor razonable. Estos valores iniciales se pueden ajustar a cualquier grado de exactitud en los cálculos.

²⁸ TAHA. HAMDY A. Investigación de Operaciones Una Introducción. Sexta Edición. Modelos de Inventarios Determinísticos. Pág.439. México, 1998.

Figura 3. Solución del Modelo de almacenamiento, con Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Insumo	Costo de Ordenar(K)	Costo de Mantener (H)	Demanda (D)	Volumen (ai)	Area Disponible(m3)	λ Decremento	λ Inicial
2	1	\$ 90.000	\$ 0,38988	258.000	0,000061275	80	106	-3000,00000
3	2	\$ 75.000	\$ 0,49822	150.000	0,0001081			
4	3	\$ 75.000	\$ 3,48598	133.000	0,000348			
5	4	\$ 75.000	\$ 2,35296	25.000	0,000124			
6	5	\$ 75.000	\$ 2,17292	25.000	0,00034			
7	6	\$ 75.000	\$ 2,09531	16.000	0,000155			
8	7	\$ 75.000	\$ 3,34629	6.000	0,00045			
9	8	\$ 75.000	\$ 2,26294	2.000	0,0002139			
10	9	\$ 75.000	\$ 1,56760	3.000	0,0000576			
11	10	\$ 75.000	\$ 10,26486	1.000	0,0007			
12	11	\$ 75.000	\$ 5,59992	1.000	0,0002775			
13								
14								
15	λ	-3000,0000	-3106,0000	-3212,0000	-3318,0000		-3319,4030	
16	Y1	247597	245501	243457	241464		241438	
17	Y2	140070	138691	137352	136051		136034	
18	Y3	59826	59434	59049	58672		58667	
19	Y4	34797	34651	34506	34363		34361	
20	Y5	29835	29583	29337	29097		29094	
21	Y6	28166	28014	27865	27718		27716	
22	Y7	12200	12105	12012	11922		11920	
23	Y8	9198	9139	9082	9026		9025	
24	Y9	15336	15288	15240	15192		15191	
25	Y10	3220	3204	3188	3172		3172	
26	Y11	4544	4526	4508	4490		4489	
27	Sum(ay)-A	1,81289	1,19696	0,59542	0,00769		0,00000	
28								

Fuente: Autor

La hoja de Excel pudo refinar la respuesta a cualquier exactitud del siguiente modo: cambió los valores de λ inicial en la celda (H2) a -3000 y específico un decremento menor de lambda celda (G2) a 106. Se ejecutó el modelo y se revisaron el λ inicial y el decremento. Se Repitió el proceso, actualizando el λ inicial hasta obtener la exactitud deseada, se hizo la prueba y se refino la búsqueda hasta λ inicial = -3300 y decremento de = 6,46765 la ecuación cerraba aproximadamente en 0.00000, y partiendo de este valor, se cumplieron las condiciones de las ecuaciones (5) y (6), y se lograron los valores correspondientes de las cantidades de pedido para los 11 insumos críticos.

Una vez encontrado el λ^* y los y_i^* óptimos, se procedió con el cálculo del costo total reemplazando los valores en la fórmula de Lagrange, ecuación (4) de la metodología; y realizando las operaciones, arrojó como resultado un costo total mensual por manejo de inventarios de \$ 975.938,30. Se comparó este valor con el costo de manejo de inventarios que ha venido manejando la empresa Mensajería Especializada Express S.A., Con la política actual se realizan pedidos para seis meses, dos veces al año. Partiendo de allí, se tomaron las cantidades para la realización de las solicitudes de pedido y se calculó el costo total mensual igual a \$ 2.234.615,42. Se puede observar que el nuevo modelo para la política de manejo de inventarios promete un ahorro en el costo total mensual por \$ 1.258.677,12.

También se encontraron las cantidades óptimas de pedido para cada insumo crítico teniendo en cuenta la restricción de espacio y los tiempos entre pedido en días para cada uno de ellos, cabe aclarar que los proveedores manejan un tiempo de entrega de pedidos de: Guías Nacionales 10 días y de Bolsas de seguridad 12 días, este tiempo será manejado como tiempo de anticipación a la realización del pedido para no tener inconvenientes a la hora de la entrega.

7.4 ESPACIO DISPONIBLE DE BODEGA

La empresa cuenta con 1 almacén, provisionado con 3 estanterías y dos estibas para el almacenamiento, destinado solo para insumos críticos. El espacio total de bodega es de $162m^3$ y cuenta con un espacio disponible para existencias (stock) de $80m^3$, que se representaron de la siguiente manera: Almacenamiento en estibas $10,8m^3$ y en estantería $69,2m^3$. Una vez obtenidas las dimensiones de la bodega y su espacio máximo de almacenamiento, se calculó el espacio requerido y el porcentaje de utilización por cada insumo crítico, teniendo en cuenta las cantidades óptimas que proyectó el modelo ajustado por el multiplicador de Lagrange.

Nota: Las dimensiones del almacén fueron tomadas manualmente.

Se utilizó la clasificación ABC para determinar la configuración de bodega, no se tuvo en cuenta otros espacios para almacenamientos ya que la empresa no cuenta con mas espacios disponibles, no desean re-ubicar el almacén y no contemplan la idea de arrendar un espacio fuera de la empresa. **Ver anexo 3.**

7.5 VOLUMEN OCUPADO POR LOS INSUMOS

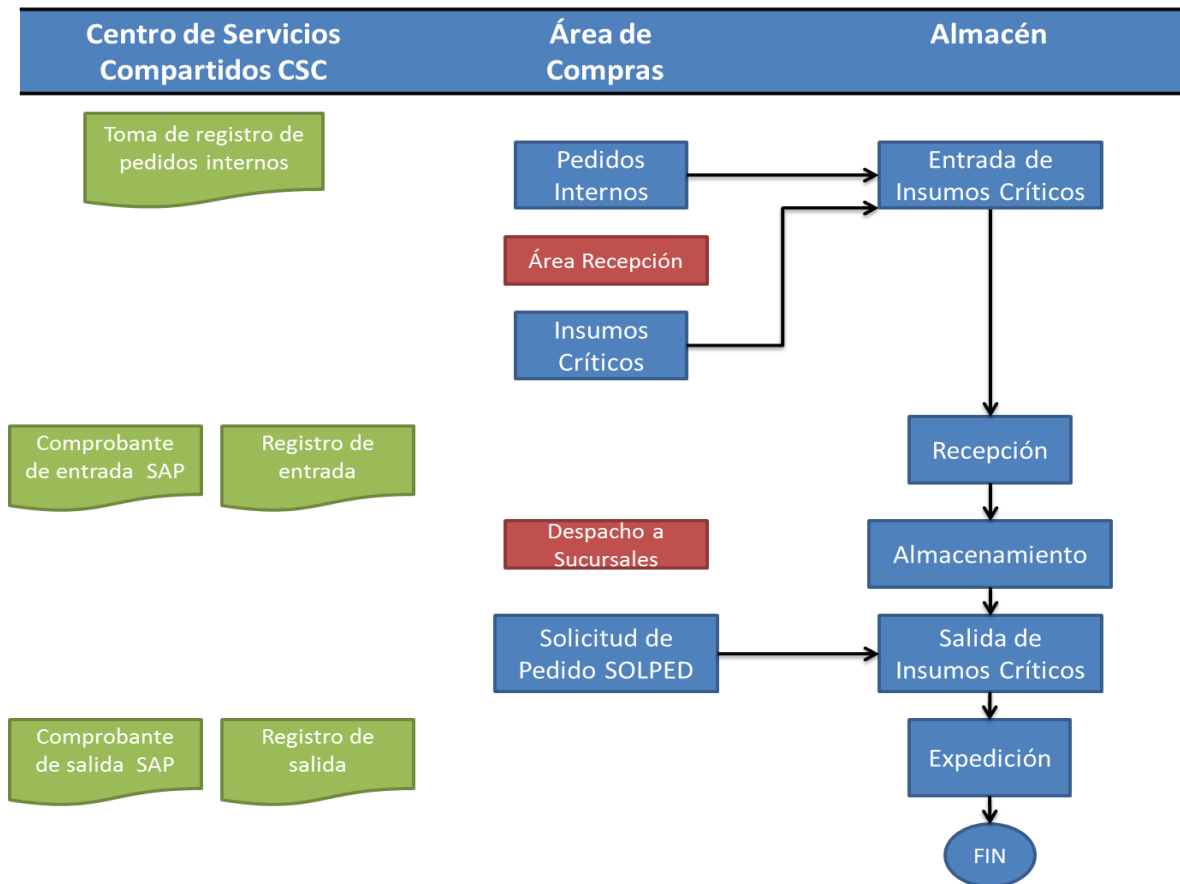
Para conocer el volumen ocupado por los insumos, se realizó una visita a las instalaciones de la empresa, y con el apoyo del personal del Departamento de Compras, se realizó manualmente la medición de cada uno de los insumos para obtener los datos del ancho, alto y largo por cada unidad. **Ver anexo 3.**

7.6 MARCACIÓN DE LA BODEGA

En el proceso de marcación de bodega, se tuvo en cuenta la división realizada por la metodología ABC aplicada a los insumos críticos, verificando los tipos A, B y C y con ellos se realizó la ubicación más conveniente para mejorar el flujo de entrada y salida de los mismos. **Ver anexo 3.**

Se realizo un diagrama de flujo con el fin de conocer el procedimiento de las tareas de recepción, almacenamiento y flujo de los insumos en el almacén, así como la expedición de los mismos.

Figura 4. Diagrama de flujo del almacén



Fuente: Autor

Se acordó con la persona a cargo del almacén, diferenciar los tipos de bolsa de seguridad, por medio de etiquetas de colores y así identificar con mayor facilidad cada una de las referencias. Se plasmó de esta manera ya que el proveedor de este insumo, maneja un mismo tipo de caja para el empaque de dicho producto. De igual forma, se solicitó a las personas autorizadas para el descargue de las cajas de insumos, realizar el respectivo cubicaje de las mismas con supervisión del personal encargado de la bodega, ya que estas vienen con numeración y deben seguir su respectivo consecutivo, de esta manera evitar arrumar las cajas y violentar el contenido de estas. El objetivo del cubicaje es acomodar la carga

dentro de un contenedor de forma óptima, de manera que tanto la empresa como la transportadora manejen la mercancía de forma adecuada y ahorren costos²⁹.

²⁹Disponible en Internet: <http://www.revistadelogistica.com/Cubicaje-efectividad-a-la-hora-de-acomodar-mercancias.asp>Recuperado el 13 de Ago. de 2012.

8. RESULTADOS

Para el desarrollo de los modelos matemáticos se trabajó con una hoja de cálculo de Excel en la cual se determinó la y_i^* óptima y el intervalo de tiempo de compra de los insumos.

Según el modelo de inventarios, en la siguiente tabla se presentan los resultados de la cantidad óptima y las figuras de los respectivos intervalos de compra para cada producto.

Tabla 5. Cantidades óptimas de pedido, porcentaje de utilización y tiempos.

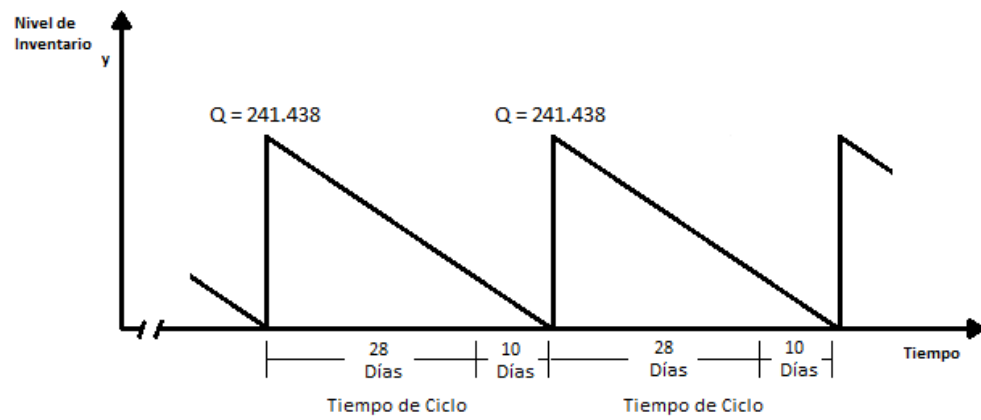
INSUMOS CRÍTICOS	CANTIDA ÓPTIMA	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PUNTO DE REORDEN	TIEMPO ENTRE PEDIDOS	TIEMPO DE ENTREGA	TIEMPO DE CICLO
GUÍA NACIONAL	241.438	18,49%	86.228 Unid	28 Días	10 Días	38 Días
BOLSA PLÁSTICA DE GUÍA	136.034	18,38%	60.459 Unid	27 Días	12 Días	39 Días
BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3	58.667	25,52%	54.154 Unid	13 Días	12 Días	25 Días
BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5	34.361	5,33%	10.056 Unid	41 Días	12 Días	53 Días
BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5	29.094	12,37%	9.975 Unid	35 Días	12 Días	47 Días
BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5	27.716	5,37%	6.396 Unid	52 Días	12 Días	64 Días
BOLSA PLÁSTICA 80X100	11.920	6,71%	2.384 Unid	60 Días	12 Días	72 Días
BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3	9.025	2,41%	802 Unid	135 Días	12 Días	147 Días
BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5	15.191	1,09%	1.200 Unid	152 Días	12 Días	164 Días
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80	3.172	2,78%	401 Unid	95 Días	12 Días	107 Días
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50	4.489	1,56%	333 Unid	135 Días	12 Días	147 Días

Fuente: Autor

Las cantidades anteriores aplicaron para obtener la totalidad del espacio de almacenamiento y así no sobre-utilizar las instalaciones de la empresa. Los intervalos de compra de cada insumo crítico están representados cada uno por su figura:

GUÍA NACIONAL

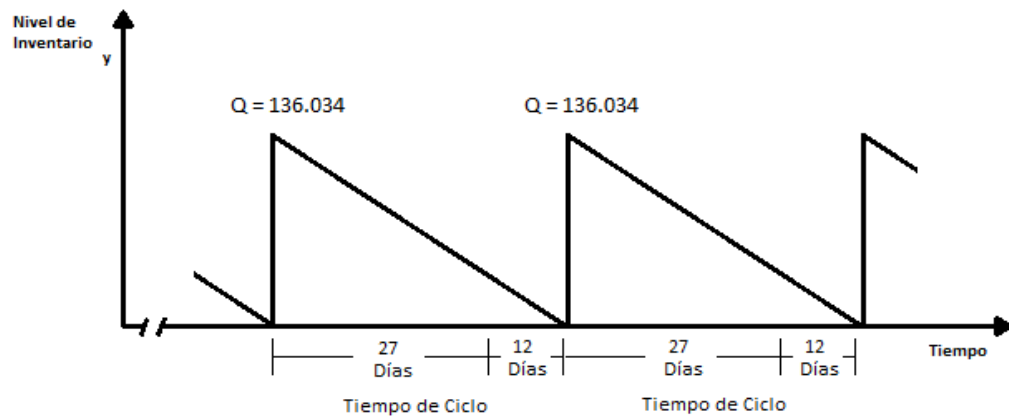
Figura 5. Comportamiento del inventario de Guía Nacional



Fuente: Autor

BOLSA PLÁSTICA DE GUÍA

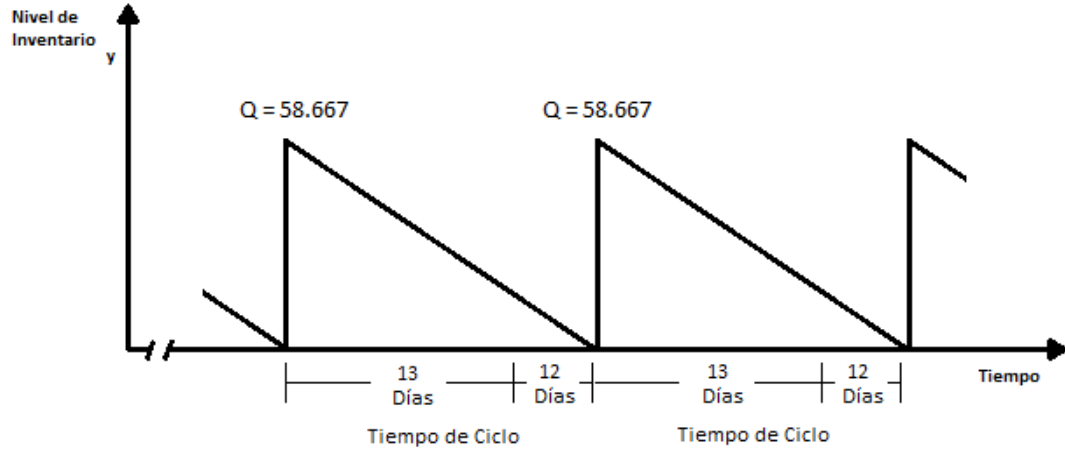
Figura 6. Comportamiento del inventario de Bolsa Plástica de Guía



Fuente: Autor

BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3

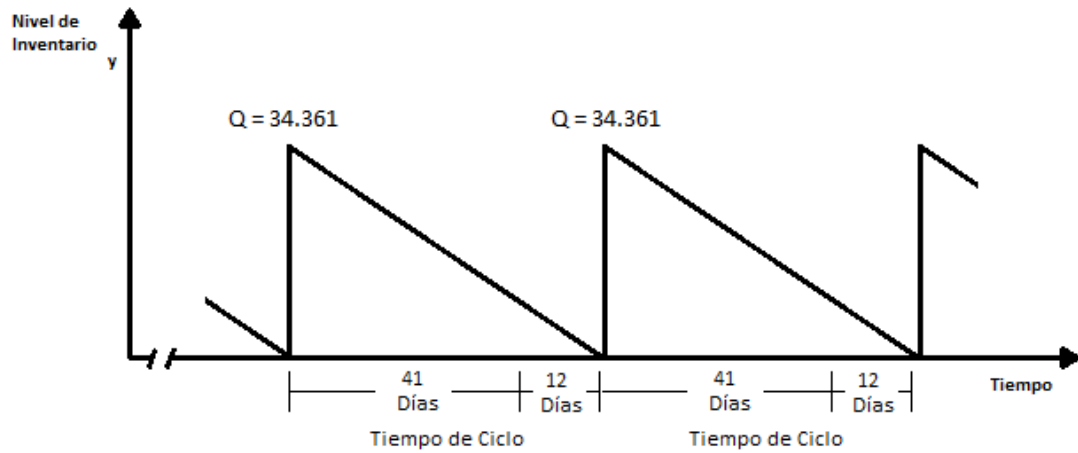
Figura 7. Comportamiento del inventario de Bolsa de Seguridad 23X28+3cm Cinta Cal.3



Fuente: Autor

BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5

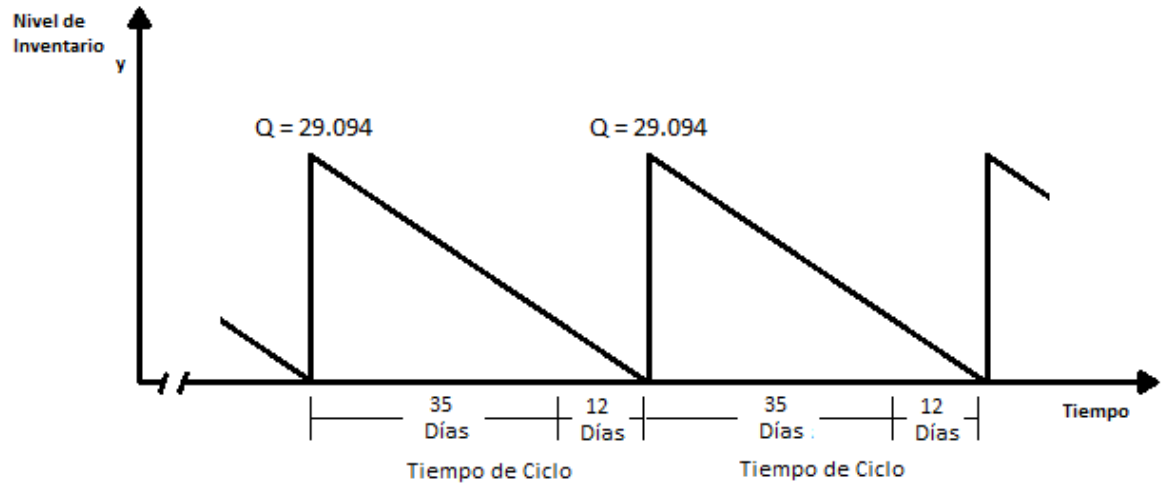
Figura 8. Comportamiento del inventario de Bolsa de Retorno 31X16 Calibre 2.5



Fuente: Autor

BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5

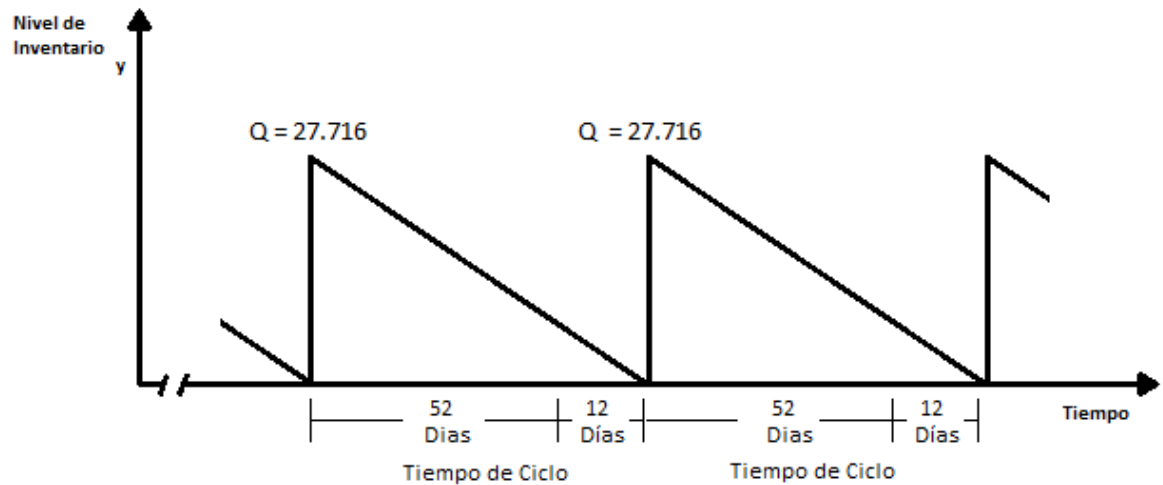
Figura 9. Comportamiento del inventario de Bolsa Courier 34X40 Cm Calibre 2.5



Fuente: Autor

BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5

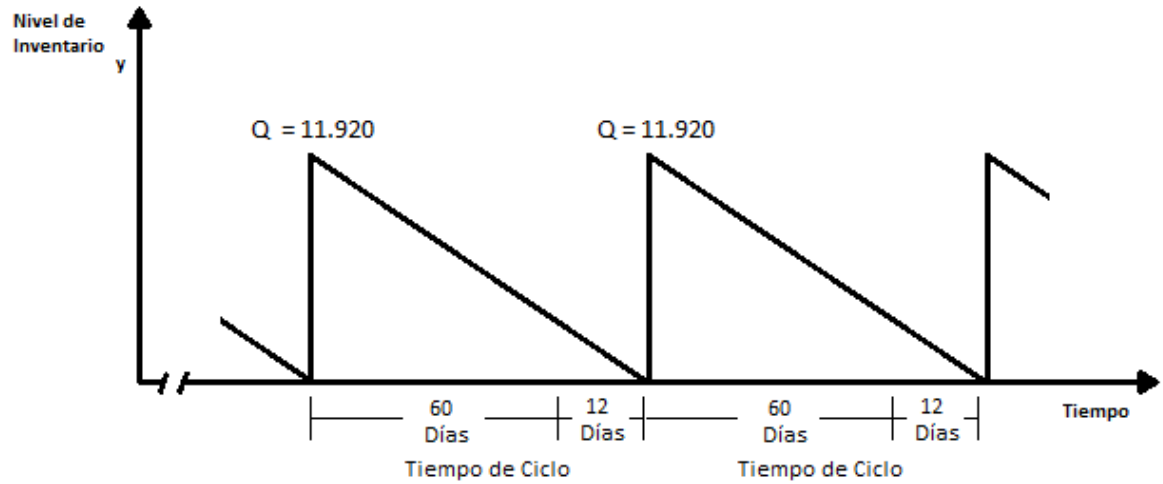
Figura 10. Comportamiento del inventario de Bolsa Courier 20X31 Cm Calibre 2.5



Fuente: Autor

BOLSA PLÁSTICA 80X100

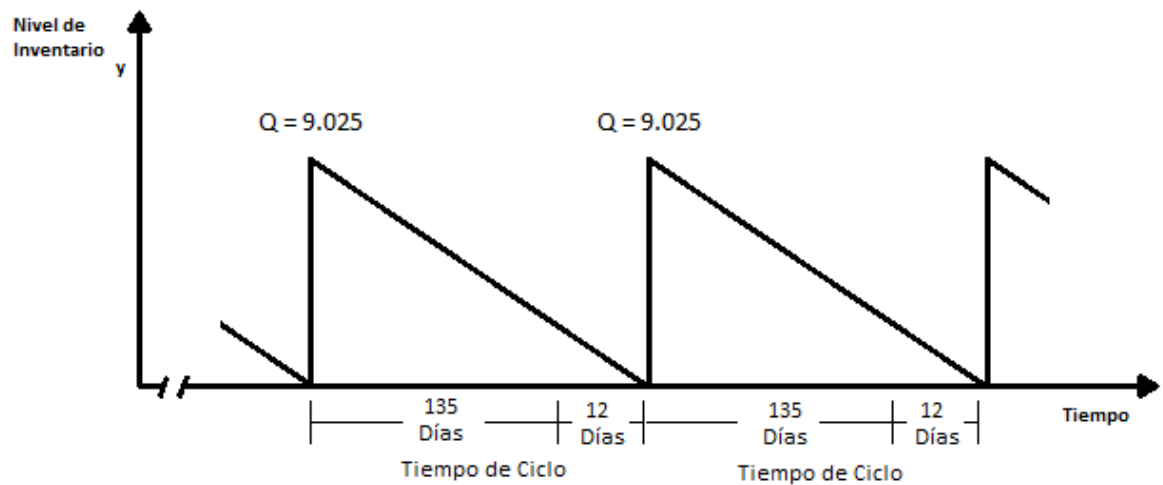
Figura 11. Comportamiento del inventario de Bolsa Plástica 80X100



Fuente: Autor

BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3

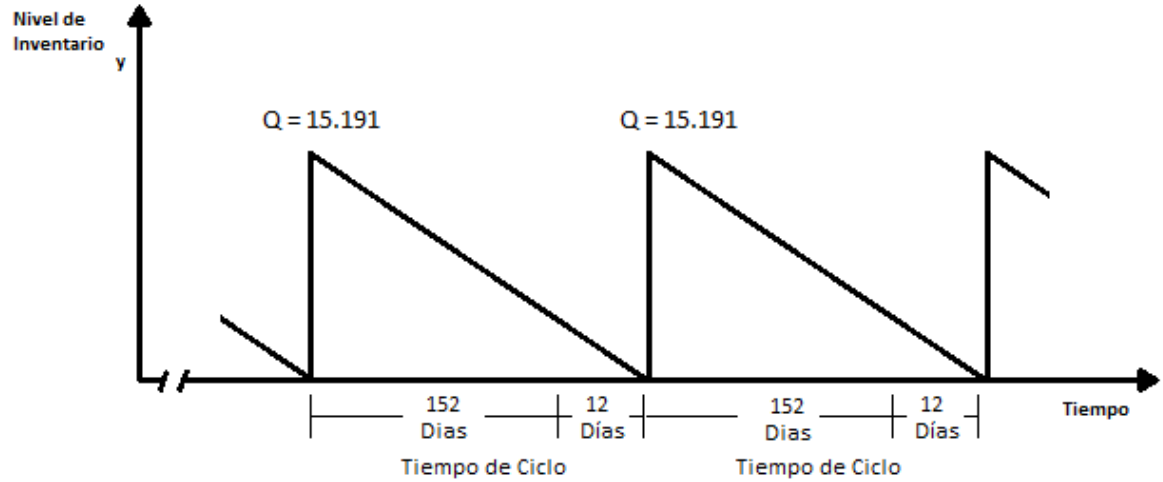
Figura 12. Comportamiento del inventario de Bolsa Transparente 50X60 cm Cal 3



Fuente: Autor

BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5

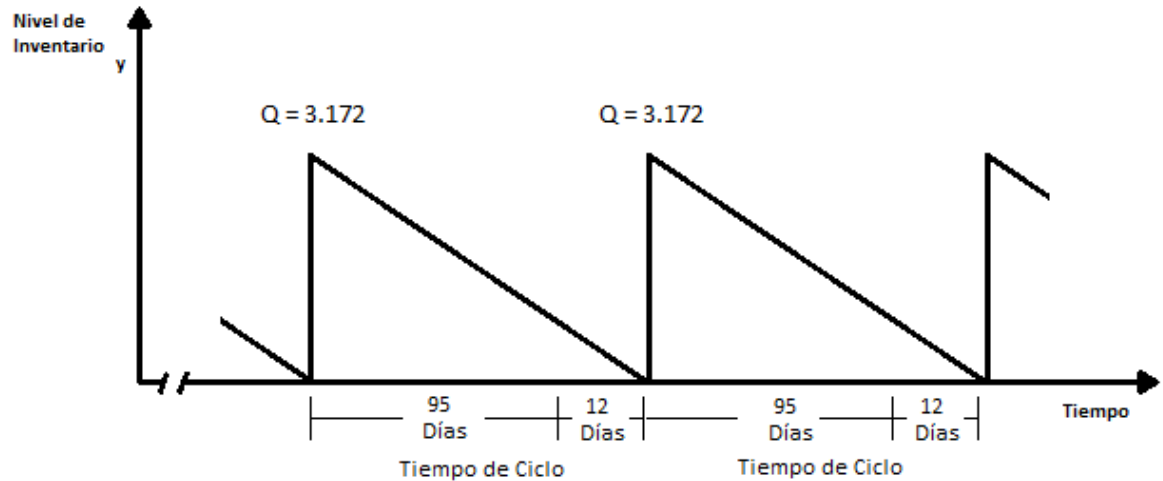
Figura 13. Comportamiento del inventario de Bolsa Courier 16X24 cm Calibre 2.5



Fuente: Autor

BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80

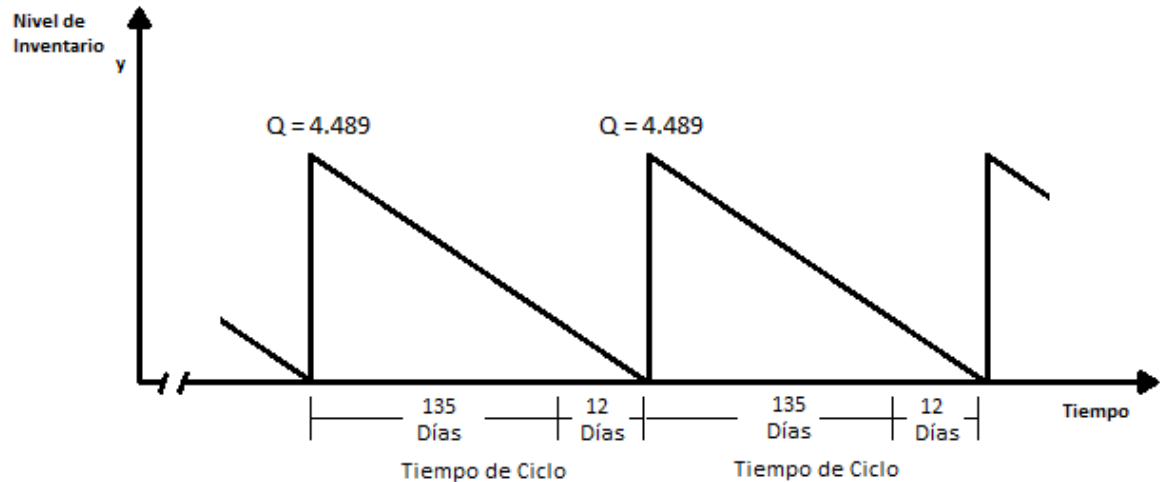
Figura 14. Comportamiento del inventario de Bolsa Coextruida Blanca 50X80



Fuente: Autor

BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50

Figura 15. Comportamiento del inventario de Bolsa Coextruida Blanca 50X50



Fuente: Autor

Los datos en la tabla y en las figuras se interpretan como: la cantidad óptima de pedido a realizar, el tiempo entre pedidos, punto de reorden, tiempo de ciclo, tiempo de entrega y el porcentaje de utilización de espacio de bodega por insumo crítico. Con lo anterior, cada solicitud se debe realizar acorde a los resultados que dieron solución al problema de capacidad de almacenamiento.

En los resultados se considera que el tiempo de entrega es constante, ya que el proveedor con su capacidad de producción garantiza la entrega de los pedidos en el espacio de tiempo definido entre las dos partes, este espacio se definió en el momento que se firmó el contrato.

Las solicitudes se deben realizar teniendo en cuenta los tiempos entre pedidos y los tiempos de entrega del proveedor. Se hacen con tiempo de anticipación con el fin de recibir el pedido finalizado el tiempo de ciclo, donde el inventario tiende a ser cero.

A continuación se exponen los costos antes y después de la propuesta: (Ver Tabla 5 y Tabla 6)

Tabla 6. Costo de la de política de inventarios propuesta.

INSUMO	CANTIDAD OPTIMA	COSTO DE LA PROPUESTA
GUIA NACIONAL	241438	\$ 143.240,15
BOLSA PLASTICA DE GUIA	136034	\$ 116.587,32
BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3	58667	\$ 272.283,01
BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5	34361	\$ 94.992,76
BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5	29094	\$ 96.055,34
BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5	27716	\$ 72.333,25
BOLSA PLASTICA 80X100	11920	\$ 57.695,00
BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3	9025	\$ 26.831,81
BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5	15191	\$ 26.718,13
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80	3172	\$ 39.925,41
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50	4489	\$ 29.276,10
		\$ 975.938,30

Fuente: Autor

Tabla 7. Costo de la de política de inventarios anterior y ahorro respecto a la propuesta.

INSUMO	CANTIDAD DE ANTES	COSTO DE ANTES	AHORRO MENSUAL
GUÍA NACIONAL	1448627	\$ 298.426,69	\$ 155.186,53
BOLSA PLÁSTICA DE GUÍA	816203	\$ 217.107,23	\$ 100.519,90
BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3	352004	\$ 641.877,50	\$ 369.594,49
BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5	206165	\$ 251.643,54	\$ 156.650,78
BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5	174566	\$ 200.399,61	\$ 104.344,27
BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5	166295	\$ 181.435,89	\$ 109.102,63
BOLSA PLÁSTICA 80X100	71522	\$ 125.959,11	\$ 68.264,11
BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3	54152	\$ 64.041,00	\$ 37.209,18
BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5	91147	\$ 73.909,43	\$ 47.191,30
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80	19030	\$ 101.609,09	\$ 61.683,68
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50	26937	\$ 78.206,34	\$ 48.930,24
		\$ 2.218.852,54	\$ 1.258.677,12

Fuente: Autor

Con el fin de determinar el impacto económico del modelo propuesto, se realizó la comparación con el sistema de inventarios de la empresa Mensajería Especializada Express S.A. y así concluir.

9. CONCLUSIONES

En este proyecto de investigación se determinó una política de inventarios para la empresa MENSAJERIA ESPECIALIZADA EXPRESS S.A. con las siguientes contribuciones:

- Por medio de la nueva política de inventarios se logró determinar la cantidad óptima a comprar por pedido de cada uno de los insumos críticos, que logró minimizar los costos de almacenamiento. Por medio de la aplicación de este modelo de inventario más económico, se determinó que el costo mensual de compra y manejo de inventario con la política actual, es \$ 2.218.852,54 y con el modelo propuesto este costo mensual es de \$ 973.172,49 presentando un ahorro de \$ 1.245.680,05 que equivale a 56,33% mensual utilizando el mismo esquema de medición de costos para los 2 escenarios.
- El tiempo de anticipación para realizar un pedido de Bolsas de Seguridad es de 12 días y de un pedido de Guías Nacionales es de 10 días, debido a que por política de los proveedores se debe realizar el pedido con este tiempo de anticipación para realizar el alistamiento de los insumos y programar el proceso de entrega.
- Aplicando el método de los multiplicadores de Lagrange se solucionó el problema de espacio disponible para almacenar inventario de forma precisa, y usar su capacidad de forma más eficiente de las instalaciones destinadas al almacenamiento.
- Al determinar el lambda en la función de Lagrange en la hoja de cálculo de Excel 2010 y refinarla a la mayor exactitud, se alcanzó el máximo absoluto de la función haciendo de la política de inventarios óptima.

10. RECOMENDACIONES

Después de llevarse a cabo este proyecto de investigación de operaciones y teniendo en cuenta este caso de estudio en particular, se hicieron las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda a la empresa tener en cuenta la reubicación de la bodega ya que esta se encuentra en un segundo piso, este factor hace más complejo la entrada y salida de insumos.
- Se sugiere a la persona encargada del almacén realizar puntualmente las entradas en el sistema de información SAP el mismo día que se hace la entrega del pedido, para evitar faltantes. De la misma manera se le indica realizar las salidas respectivas a los pedidos el mismo día que se realiza el despacho, adjuntar la salida física, fotocopiarla y archivarla.
- Se invita al personal encargado del departamento de Compras, no permitir el ingreso de personal no autorizado para realizar las salidas físicas de los insumos, ya que estos deben permanecer bajo estricto control de seguridad y no pueden ser retirados del almacén sin previa autorización del auxiliar de bodega, esto evita desorden y el extravío del material.
- Se recomienda no ingresar a la bodega materiales distintos a los insumos críticos, como por ejemplo suministros de papelería, estos no están considerados como insumo de este tipo y además no se dispone de espacio para ser almacenados.
- Se recomienda a la empresa no hacer uso de espacios administrativos para el almacenamiento de materiales, ya que estos no fueron creados para tal fin,

este inconveniente hace que el desplazamiento de las cajas de insumos sea más tedioso y desgastante para la persona encargada de la bodega aumentando así la probabilidad de daños en los productos.

- Se sugiere a la empresa enviar al personal encargado del almacén periódicamente a capacitaciones en temas relacionados con las funciones a cargo, para que de ésta forma sean ejecutadas eficientemente.
- La empresa debe ser capaz de cumplir con su propia política de inventarios, como modelo de gestión y planificación, basado en sus necesidades y en las de sus clientes, esta debe actuar como un motor de crecimiento, que a su vez ayudará aprovechar todos sus recursos.

BIBLIOGRAFIA

- SHAMBLIN, James. Investigación de operaciones, Un enfoque fundamental. Mc Graw Hill.
- CHASE, JACOBS, ALQUILANO. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva, Editorial McGraw Hill, Décima Edición.
- SLACK, CHAMBER y otros. Administración De Operaciones, México D.F, CECSA, 1999.
- TAHA. HAMDY A. Investigación de Operaciones Una Introducción. Sexta Edición. Modelos de Inventarios Determinísticos. Pág.439, 440, 746. México, 1998.
- WINSTON WAYNE L. Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos. Cuarta Edición, Modelos Determinísticos de Inventario, Pág. 847. México, 2004.
- NAHMIAS, STEVEN. Análisis de la producción y las Operaciones. Primera Edición. Control de Inventarios Sujeto a Demanda Conocida. Pág. 204. México, 1999.
- HILLIER FREDERICK S. & LIEBERMAN GERALD J. Investigación de Operaciones. Séptima Edición, Teoría de Inventarios. Pág. 935. México, 2002.
- APOSTOL. TOM M. Calculus, Cálculo con funciones de varias variables y álgebra lineal, con aplicaciones a las ecuaciones diferenciales y a las

probabilidades. Aplicaciones de cálculo diferencial. Segunda edición. Pág.385.Colombia, 1988.

- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC ISO 9004:2008. Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de calidad. Bogotá. 2010. P.20
- Arango, Martín; Zapata Julián y Jaimes Wilson (2011) Aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor en una empresa del sector alimentario Colombiano, Revista EIA, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia), ISSN 1794-1237 Número 15, p. 21-32

WEBGRAFIA

- Disponible en Internet: <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin/adxcinv.htm>. Recuperado el 31 de Oct de 2011.
- Disponible en Internet: http://www.e-seia.cl/archivos/ADENDA_1_ANEXO_10_A.pdf Recuperado el 13 de Agosto de 2012.
- Disponible en internet: http://www.adpostal.gov.co/secs/normatividad/decreto_229.htm Recuperado el 13 de Agosto de 2012.
- Disponible en Internet: http://www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas/inventariosfundamentos/ Recuperado el 6 de Abril de 2012.
- Disponible en Internet: http://www.articulosinformativos.com/Manejo_de_Inventario-a862351.html#8076846 Recuperado el 6 de Abril de 2012.
- Disponible en Internet: http://www.articulosinformativos.com/Manejo_de_Inventario-a862351.html Recuperado el 31 de Oct de 2011.
- Disponible en Internet: <http://es.scribd.com/doc/2298564/Concepto-de-inventario> Recuperado el 31 de Oct de 2011.

- Disponible en Internet: <http://www.investigacionoperaciones.com/material%20didactico/TEORIA%20INVENTARIOS.doc>.
- Disponible en internet: <http://www.unilibre.edu.co/facultades/contaduria/webcontaduria/estudie/inventarios/cap0501.htm#5.1.%20DEFINICION%20DE%20LOS%20INVENTARIOS>
Recuperado el 31 de Oct de 2011.
- Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=16>
Recuperado el 31 de Oct de 2011.
- Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=23>
Recuperado el 31 de Oct de 2011.
- Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=17>
Recuperado el 31 de Oct de 2011.
- Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=22>
Recuperado el 31 de Oct de 2011.
- Disponible en Internet: <http://www.tgexpress.com.co/interna.php?id=15>
Recuperado el 31 de Oct de 2011.
- Disponible en Internet: <http://www.revistadelogistica.com/Cubicaje-efectividad-a-la-hora-de-acomodar-mercancias.asp> Recuperado el 13 de Ago. de 2012.

ANEXOS

ANEXO 1. Parámetros

En esta sección se muestran los parámetros de cada insumo crítico y su desarrollo matemático.

Parámetros para GUÍA NACIONAL

Los parámetros para el modelo de inventarios de Guías Nacionales es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 14,79 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$12,56.
- El costo de la solicitud del pedido y del flete es \$90.000.
- La demanda promedio mensual es de 257868 \approx 258000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 0,38988.

Parámetros para BOLSA PLASTICA DE GUIA

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa Plástica de Guía es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 14,71 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$16,05.
- El costo de la solicitud del pedido y el flete es \$75.000.
- La demanda promedio mensual es de 149022 \approx 150.000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 0,49822.

Parámetros para BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa Seguridad 23x28cm +3cm Cinta Cal.3 es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 20,42 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$72,90.
- El costo de la solicitud del pedido y el flete es \$75.000.
- La demanda promedio mensual es de 132159 \approx 133000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 3,48598.

Parámetros para BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa de Retorno 31x16 Calibre 2.5 es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 4,26 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$75,80.
- El costo de la solicitud del pedido y el flete es de \$75.000.
- La demanda promedio mensual es de 24117 \approx 25000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 2,35296.

Parámetros para BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa Courier 34x40Cms Calibre 2.5 es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 9,89 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$70,00.
- El costo de la solicitud del pedido y el flete es de \$75.000.
- La demanda promedio mensual es de 24033 \approx 25000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 2,17292.

Parámetros para BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa Courier 20x31Cms Calibre 2.5 es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 4,30 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$67.50.
- El costo de la solicitud de pedido y el flete es de \$75.000.
- La demanda promedio mensual es de 15285 \approx 16000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 2,09531.

Parámetros para BOLSA PLASTICA 80X100

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa Plástica 80x100 es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 5,36 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$112,30.
- El costo de la solicitud de pedido y flete es de 75.000.
- La demanda promedio mensual es de \$5008 \approx 6000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 3,34629.

Parámetros para BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa Transparente 50x60 cm Cal 3 es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 1,93 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$107,80.
- El costo de la solicitud de pedido y el flete es de 75.000.
- La demanda promedio mensual es de \$1350 ≈ 2000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 2,26294.

Parámetros para BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa Courier 16x24 Cms Calibre 2.5 es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 0,88 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$50,50.
- El costo de la solicitud y el flete es de \$75.000.
- La demanda promedio mensual es de 2630 ≈ 3000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 1,56760.

Parámetros BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa Coextruida Blanca 50x80 es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 2,22 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$330,68.
- El costo de la solicitud y el flete es de \$75.000.
- La demanda promedio mensual es de 650 ≈ 1000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 10,26486.

Parámetros BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50

Los parámetros para el modelo de inventarios de Bolsa Coextruida Blanca 50x80 es el siguiente:

- Volumen máximo de almacenamiento es de 1,25 metros cúbicos.
- El valor unitario promedio es de \$180,40.
- El costo de la solicitud y el flete es de \$75.000.
- La demanda promedio es de 650 ≈ 1000 unidades.
- El costo de mantener inventario \$ 5,59992.

DESARROLLO DEL MODELO MATEMATICO

INSUMOS CRÍTICOS

El modelo matemático para determinar la cantidad óptima de Insumos Críticos anteriormente mencionados es:

$$L(\lambda, y_1, y_2, \dots, y_n) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{K_i D_i}{y_i} + \frac{h_i y_i}{2} \right) - \lambda \left(\sum_{i=1}^n a_i y_i - A \right)$$

Donde:

D_i = Tasa de Demanda

K_i = Costo de Preparación

h_i = Costo unitario de almacenamiento por unidad de tiempo

y_i = Cantidad de Pedido

a_i = Área de almacenaminto por unidad de inventario

A = Área máxima disponible de almacenamiento para n artículos

λ = Multiplicador de Lagrange = -3319,4030

i = Insumo Crítico

ANEXO 2. Cálculos de la demanda en sucursales

En esta sección se muestran los cálculos de la demanda de las sucursales y de las agencias.

Tabla. 8 Demanda Insumo Guía Nacional

	GUIA NACIONAL					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	152500	149500	149500	149500	149500	149500
MEDELLIN	26700	26700	26700	26700	26700	26700
BARRANQUILLA	5685	5685	5685	5685	5685	5685
CALI	21500	21500	21500	21500	21500	21500
BUCARAMANGA	7965	7965	7965	7965	7965	7965
ARMENIA	2920	2920	2920	2920	2920	2920
BARRANCA	600	600	600	600	600	600
CARTAGENA	2139	2139	2139	2139	2139	2139
CUCUTA	4090	4090	4090	4090	4090	4090
FLORENCIA	1161	1161	1161	1161	1161	1161
FUSAGAZUGA	100	100	100	100	100	100
GIRARDOT	1000	1000	1000	1000	1000	1000
HONDA	300	300	300	300	300	300
IBAGUE	3790	3790	3790	3790	3790	3790
MANIZALES	3313	3313	3313	3313	3313	3313
MONTERIA	2651	2651	2651	2651	2651	2651
NEIVA	2282	2282	2282	2282	2282	2282
PASTO	2400	2400	2400	2400	2400	2400
PEREIRA	920	920	920	920	920	920
POPAYAN	1463	1463	1463	1463	1463	1463
QUIBDO	200	200	200	200	200	200
RIOHACHA	1010	1010	1010	1010	1010	1010
SAN ANDRES	300	300	300	300	300	300
SANTAMARTA	1726	1726	1726	1726	1726	1726
SINCELEJO	1750	1750	1750	1750	1750	1750
TUNJA	5343	5343	5343	5343	5343	5343
VALLEDUPAR	2160	2160	2160	2160	2160	2160
VILLAVICENCIO	3800	3800	3800	3800	3800	3800
YOPAL	600	600	600	600	600	600
TOTAL	260368	257368	257368	257368	257368	257368

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 9 Demanda Insumo Bolsa Plástica de Guía

BOLSA PLASTICA DE GUIA						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	66200	66200	66200	66200	66200	66200
MEDELLIN	24700	24700	24700	24700	24700	24700
BARRANQUILLA	4185	4185	4185	4185	4185	4185
CALI	9500	10500	9500	10500	9500	10500
BUCARAMANGA	6885	6885	6885	6885	6885	6885
ARMENIA	1810	1810	1810	1810	1810	1810
BARRANCA	550	550	550	550	550	550
CARTAGENA	1629	1629	1629	1629	1629	1629
CUCUTA	2000	2000	2000	2000	2000	2000
FLORENCIA	1101	1101	1101	1101	1101	1101
FUSAGAZUGA	100	100	100	100	100	100
GIRARDOT	1000	1000	1000	1000	1000	1000
HONDA	300	300	300	300	300	300
IBAGUE	3765	3765	3765	3765	3765	3765
MANIZALES	2793	2793	2793	2793	2793	2793
MONTERIA	2600	2600	2600	2600	2600	2600
NEIVA	2207	2207	2207	2207	2207	2207
PASTO	1400	1400	1400	1400	1400	1400
PEREIRA	300	300	300	300	300	300
POPAYAN	1463	1463	1463	1463	1463	1463
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	610	610	610	610	610	610
SAN ANDRES	300	300	300	300	300	300
SANTAMARTA	776	776	776	776	776	776
SINCELEJO	1050	1050	1050	1050	1050	1050
TUNJA	4788	4788	4788	4788	4788	4788
VALLEDUPAR	2110	2110	2110	2110	2110	2110
VILLAVICENCIO	3800	3800	3800	3800	3800	3800
YOPAL	600	600	600	600	600	600
TOTAL	148522	149522	148522	149522	148522	149522

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 10 Demanda Insumo Bolsa Plástica 80X100

BOLSA PLASTICA 80X100						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	1900	1900	1900	1900	1900	1900
MEDELLIN	500	500	500	500	500	500
BARRANQUILLA	250	250	250	250	250	250
CALI	100	100	100	100	100	100
BUCARAMANGA	300	300	300	300	300	300
ARMENIA	100	100	100	100	100	100
BARRANCA	20	20	20	20	20	20
CARTAGENA	50	50	50	50	50	50
CUCUTA	200	200	200	200	200	200
FLORENCIA	30	30	30	30	30	30
FUSAGAZUGA	0	0	0	0	0	0
GIRARDOT	100	100	100	100	100	100
HONDA	0	0	0	0	0	0
IBAGUE	75	75	75	75	75	75
MANIZALES	80	80	80	80	80	80
MONTERIA	60	60	60	60	60	60
NEIVA	50	50	50	50	50	50
PASTO	0	0	0	0	0	0
PEREIRA	210	210	210	210	210	210
POPAYAN	80	80	80	80	80	80
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	0	0	0	0	0	0
SAN ANDRES	0	0	0	0	0	0
SANTAMARTA	80	80	80	80	80	80
SINCELEJO	80	80	80	80	80	80
TUNJA	80	80	80	80	80	80
VALLEDUPAR	80	80	80	80	80	80
VILLAVICENCIO	500	500	500	500	500	500
YOPAL	100	50	100	50	100	50
TOTAL	5025	4975	5025	4975	5025	4975

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 11 Demanda Insumo Bolsa de Retorno 31X16 Calibre 2.5

	BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	13650	12650	12650	12650	13650	13650
MEDELLIN	2000	2000	2000	2000	2000	2000
BARRANQUILLA	400	400	400	400	400	400
CALI	5300	6300	5300	6300	5300	6300
BUCARAMANGA	375	375	375	375	375	375
ARMENIA	260	260	260	260	260	260
BARRANCA	60	60	60	60	60	60
CARTAGENA	180	180	180	180	180	180
CUCUTA	100	100	100	100	100	100
FLORENCIA	100	100	100	100	100	100
FUSAGAZUGA	0	0	0	0	0	0
GIRARDOT	50	50	50	50	50	50
HONDA	50	30	30	30	30	30
IBAGUE	125	125	125	125	125	125
MANIZALES	250	150	250	150	250	150
MONTERIA	125	125	125	125	125	125
NEIVA	350	350	350	350	350	350
PASTO	100	100	100	100	100	100
PEREIRA	0	0	0	0	0	0
POPAYAN	30	30	30	30	30	30
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	180	180	180	180	180	180
SAN ANDRES	0	0	0	0	0	0
SANTAMARTA	50	40	50	40	50	40
SINCELEJO	60	60	60	60	60	60
TUNJA	20	20	20	20	20	20
VALLEDUPAR	70	70	70	70	70	70
VILLAVICENCIO	270	270	270	270	270	270
YOPAL	50	50	50	50	50	50
TOTAL	24155	24025	23185	24075	24185	25075

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 12 Demanda Insumo Bolsa Seguridad 23X28cm + 3cm Cinta Cal.3

BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	91700	124201	112506	116887	132188	136272
MEDELLIN	10000	10000	10000	10000	10000	10000
BARRANQUILLA	0	0	0	0	0	0
CALI	3200	3200	3200	3200	3200	3200
BUCARAMANGA	0	0	0	0	0	0
ARMENIA	0	0	0	0	0	0
BARRANCA	0	0	0	0	0	0
CARTAGENA	0	0	0	0	0	0
CUCUTA	0	0	0	0	0	0
FLORENCIA	0	0	0	0	0	0
FUSAGAZUGA	0	0	0	0	0	0
GIRARDOT	0	0	0	0	0	0
HONDA	0	0	0	0	0	0
IBAGUE	0	0	0	0	0	0
MANIZALES	0	0	0	0	0	0
MONTERIA	0	0	0	0	0	0
NEIVA	0	0	0	0	0	0
PASTO	0	0	0	0	0	0
PEREIRA	0	0	0	0	0	0
POPAYAN	0	0	0	0	0	0
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	0	0	0	0	0	0
SAN ANDRES	0	0	0	0	0	0
SANTAMARTA	0	0	0	0	0	0
SINCELEJO	0	0	0	0	0	0
TUNJA	0	0	0	0	0	0
VALLEDUPAR	0	0	0	0	0	0
VILLAVICENCIO	0	0	0	0	0	0
YOPAL	0	0	0	0	0	0
TOTAL	104900	137401	125706	130087	145388	149472

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 13 Demanda Insumo Bolsa Courier 34X40 cms Calibre 2.5

	BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	13550	12550	12550	12550	13550	13550
MEDELLIN	2000	2000	2000	2000	2000	2000
BARRANQUILLA	400	400	400	400	400	400
CALI	5300	6300	5300	6300	5300	6300
BUCARAMANGA	375	375	375	375	375	375
ARMENIA	260	260	260	260	260	260
BARRANCA	60	60	60	60	60	60
CARTAGENA	180	180	180	180	180	180
CUCUTA	100	100	100	100	100	100
FLORENCIA	100	100	100	100	100	100
FUSAGAZUGA	0	0	0	0	0	0
GIRARDOT	50	50	50	50	50	50
HONDA	50	30	30	30	30	30
IBAGUE	125	125	125	125	125	125
MANIZALES	250	150	250	150	250	150
MONTERIA	125	125	125	125	125	125
NEIVA	350	350	350	350	350	350
PASTO	100	100	100	100	100	100
PEREIRA	0	0	0	0	0	0
POPAYAN	30	30	30	30	30	30
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	180	180	180	180	180	180
SAN ANDRES	0	0	0	0	0	0
SANTAMARTA	50	40	50	40	50	40
SINCELEJO	60	60	60	60	60	60
TUNJA	20	20	20	20	20	20
VALLEDUPAR	70	70	70	70	70	70
VILLAVICENCIO	270	270	270	270	270	270
YOPAL	50	50	50	50	50	50
TOTAL	24105	23975	23085	23975	24085	24975

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 14 Demanda Insumo Bolsa Courier 20X31 cms Calibre 2.5

	BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	12550	12550	12550	12550	12550	12550
MEDELLIN	1000	1000	1000	1000	1000	1000
BARRANQUILLA	0	0	0	0	0	0
CALI	1100	1100	1100	1100	1100	1100
BUCARAMANGA	50	50	50	50	50	50
ARMENIA	20	20	20	20	20	20
BARRANCA	20	20	20	20	20	20
CARTAGENA	20	20	20	20	20	20
CUCUTA	50	50	50	50	50	50
FLORENCIA	0	0	0	0	0	0
FUSAGAZUGA	50	50	50	50	50	50
GIRARDOT	20	20	20	20	20	20
HONDA	0	0	0	0	0	0
IBAGUE	15	15	15	15	15	15
MANIZALES	50	50	50	50	50	50
MONTERIA	0	0	0	0	0	0
NEIVA	50	50	50	50	50	50
PASTO	0	0	0	0	0	0
PEREIRA	100	100	100	100	100	100
POPAYAN	0	0	0	0	0	0
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	0	0	0	0	0	0
SAN ANDRES	50	50	50	50	50	50
SANTAMARTA	0	0	0	0	0	0
SINCELEJO	0	0	0	0	0	0
TUNJA	110	110	110	110	110	110
VALLEDUPAR	0	0	0	0	0	0
VILLAVICENCIO	30	30	30	30	30	30
YOPAL	0	0	0	0	0	0
TOTAL	15285	15285	15285	15285	15285	15285

FUENTE: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 15 Demanda Insumo Bolsa Transparente 50X60 cm Cal.3

BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	1500	1200	1500	1200	1500	1200
MEDELLIN	0	0	0	0	0	0
BARRANQUILLA	0	0	0	0	0	0
CALI	0	0	0	0	0	0
BUCARAMANGA	0	0	0	0	0	0
ARMENIA	0	0	0	0	0	0
BARRANCA	0	0	0	0	0	0
CARTAGENA	0	0	0	0	0	0
CUCUTA	0	0	0	0	0	0
FLORENCIA	0	0	0	0	0	0
FUSAGAZUGA	0	0	0	0	0	0
GIRARDOT	0	0	0	0	0	0
HONDA	0	0	0	0	0	0
IBAGUE	0	0	0	0	0	0
MANIZALES	0	0	0	0	0	0
MONTERIA	0	0	0	0	0	0
NEIVA	0	0	0	0	0	0
PASTO	0	0	0	0	0	0
PEREIRA	0	0	0	0	0	0
POPAYAN	0	0	0	0	0	0
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	0	0	0	0	0	0
SAN ANDRES	0	0	0	0	0	0
SANTAMARTA	0	0	0	0	0	0
SINCELEJO	0	0	0	0	0	0
TUNJA	0	0	0	0	0	0
VALLEDUPAR	0	0	0	0	0	0
VILLAVICENCIO	0	0	0	0	0	0
YOPAL	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1500	1200	1500	1200	1500	1200

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 16 Demanda Insumo Bolsa Courier 16X24 cms Calibre 2.5

BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	1000	1000	1000	1000	1000	1000
MEDELLIN	1000	1000	1000	1000	1000	1000
BARRANQUILLA	0	0	0	0	0	0
CALI	500	500	500	500	500	500
BUCARAMANGA	0	0	0	0	0	0
ARMENIA	0	0	0	0	0	0
BARRANCA	0	0	0	0	0	0
CARTAGENA	0	0	0	0	0	0
CUCUTA	0	0	0	0	0	0
FLORENCIA	0	0	0	0	0	0
FUSAGAZUGA	0	0	0	0	0	0
GIRARDOT	0	0	0	0	0	0
HONDA	0	0	0	0	0	0
IBAGUE	0	0	0	0	0	0
MANIZALES	0	0	0	0	0	0
MONTERIA	0	0	0	0	0	0
NEIVA	0	0	0	0	0	0
PASTO	0	0	0	0	0	0
PEREIRA	0	0	0	0	0	0
POPAYAN	50	50	50	50	50	50
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	0	0	0	0	0	0
SAN ANDRES	0	0	0	0	0	0
SANTAMARTA	60	60	60	60	60	60
SINCELEJO	0	0	0	0	0	0
TUNJA	0	0	0	0	0	0
VALLEDUPAR	20	20	20	20	20	20
VILLAVICENCIO	0	0	0	0	0	0
YOPAL	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2630	2630	2630	2630	2630	2630

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 17 Demanda Insumo Bolsa Coextruida Blanca 50X80.

BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	900	400	900	400	900	400
MEDELLIN	0	0	0	0	0	0
BARRANQUILLA	0	0	0	0	0	0
CALI	0	0	0	0	0	0
BUCARAMANGA	0	0	0	0	0	0
ARMENIA	0	0	0	0	0	0
BARRANCA	0	0	0	0	0	0
CARTAGENA	0	0	0	0	0	0
CUCUTA	0	0	0	0	0	0
FLORENCIA	0	0	0	0	0	0
FUSAGAZUGA	0	0	0	0	0	0
GIRARDOT	0	0	0	0	0	0
HONDA	0	0	0	0	0	0
IBAGUE	0	0	0	0	0	0
MANIZALES	0	0	0	0	0	0
MONTERIA	0	0	0	0	0	0
NEIVA	0	0	0	0	0	0
PASTO	0	0	0	0	0	0
PEREIRA	0	0	0	0	0	0
POPAYAN	0	0	0	0	0	0
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	0	0	0	0	0	0
SAN ANDRES	0	0	0	0	0	0
SANTAMARTA	0	0	0	0	0	0
SINCELEJO	0	0	0	0	0	0
TUNJA	0	0	0	0	0	0
VALLEDUPAR	0	0	0	0	0	0
VILLAVICENCIO	0	0	0	0	0	0
YOPAL	0	0	0	0	0	0
TOTAL	900	400	900	400	900	400

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

Tabla. 18 Demanda Insumo Bolsa Coextruida Blanca 50X50.

BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BOGOTA	700	600	700	600	700	600
MEDELLIN	0	0	0	0	0	0
BARRANQUILLA	0	0	0	0	0	0
CALI	0	0	0	0	0	0
BUCARAMANGA	0	0	0	0	0	0
ARMENIA	0	0	0	0	0	0
BARRANCA	0	0	0	0	0	0
CARTAGENA	0	0	0	0	0	0
CUCUTA	0	0	0	0	0	0
FLORENCIA	0	0	0	0	0	0
FUSAGAZUGA	0	0	0	0	0	0
GIRARDOT	0	0	0	0	0	0
HONDA	0	0	0	0	0	0
IBAGUE	0	0	0	0	0	0
MANIZALES	0	0	0	0	0	0
MONTERIA	0	0	0	0	0	0
NEIVA	0	0	0	0	0	0
PASTO	0	0	0	0	0	0
PEREIRA	0	0	0	0	0	0
POPAYAN	0	0	0	0	0	0
QUIBDO	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	0	0	0	0	0	0
SAN ANDRES	0	0	0	0	0	0
SANTAMARTA	0	0	0	0	0	0
SINCELEJO	0	0	0	0	0	0
TUNJA	0	0	0	0	0	0
VALLEDUPAR	0	0	0	0	0	0
VILLAVICENCIO	0	0	0	0	0	0
YOPAL	0	0	0	0	0	0
TOTAL	700	600	700	600	700	600

Fuente: T.G. EXPRESS S.A

ANEXO 3. Información de espacio disponible en bodega

En esta sección se muestra la información de espacio disponible de bodega, volumen ocupado por los insumos y marcación de bodega.

Tabla 19. Espacio disponible de bodega por insumo crítico.

INSUMO	Metros Cúbicos
GUÍA NACIONAL	14,79
BOLSA PLÁSTICA DE GUÍA	14,69
BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3	20,43
BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5	4,27
BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5	9,89
BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5	4,30
BOLSA PLÁSTICA 80X100	5,36
BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3	1,93
BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5	0,88
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80	2,22
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50	1,25
TOTAL ESPACIO	80

Fuente: Autor

Tabla 20. Porcentaje de utilización de bodega por insumo crítico.

INSUMO	
GUÍA NACIONAL	18,48%
BOLSA PLÁSTICA DE GUÍA	18,36%
BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3	25,53%
BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5	5,33%
BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5	12,36%
BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5	5,38%
BOLSA PLÁSTICA 80X100	6,70%
BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3	2,41%
BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5	1,10%
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80	2,78%
BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50	1,56%
TOTAL PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	100%

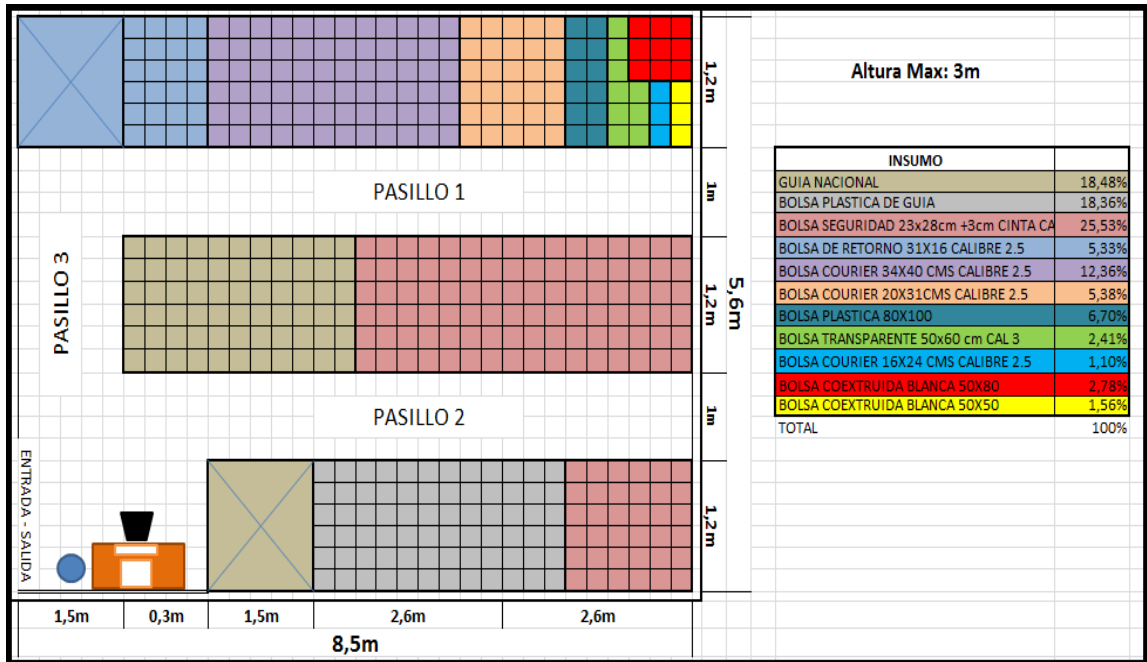
Fuente: Autor

Tabla 21. Volumen ocupado por los insumos críticos.

No.	Insumos Críticos	Guías/Bolsas			Vi
		ANCHO	LARGO	ALTO	
1	GUÍA NACIONAL	0,095	0,215	0,003	0,000061275
2	BOLSA PLÁSTICA DE GUÍA	0,115	0,235	0,004	0,0001081
3	BOLSA SEGURIDAD 23x28cm +3cm CINTA CAL.3	0,24	0,29	0,005	0,000348
4	BOLSA DE RETORNO 31X16 CALIBRE 2.5	0,31	0,16	0,0025	0,000124
5	BOLSA COURIER 34X40 CMS CALIBRE 2.5	0,34	0,4	0,0025	0,00034
6	BOLSA COURIER 20X31CMS CALIBRE 2.5	0,2	0,31	0,0025	0,000155
7	BOLSA PLÁSTICA 80X100	0,5	0,3	0,003	0,00045
8	BOLSA TRANSPARENTE 50x60 cm CAL 3	0,23	0,31	0,003	0,0002139
9	BOLSA COURIER 16X24 CMS CALIBRE 2.5	0,16	0,24	0,0015	0,0000576
10	BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X80	0,5	0,7	0,002	0,0007
11	BOLSA COEXTRUIDA BLANCA 50X50	0,5	0,37	0,0015	0,0002775

Fuente: Autor

Figura 16. Plano de Bodega, Ubicación según clasificación ABC de los Insumos Críticos.



ANEXO 4. Procedimiento para el cálculo de Lambda

En esta sección se muestra el procedimiento mediante un mapa conceptual de como hallar el multiplicador de Lagrange.

