



Universidad del Valle

**PROPUESTA DE POLÍTICA EN LA GESTIÓN DE INVENTARIO EN UN CENTRO
DE DISTRIBUCIÓN PARA LOS ÍTEMS CLASE A**

BRAYAN ANDRÉS SIABATO ORTIZ (1550061-3751)

JUAN DAVID TORRES VILLAFANE (1550069-3751)

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
GUADALAJARA DE BUGA**

2020



Universidad del Valle

**PROPUESTA DE POLÍTICA EN LA GESTIÓN DE INVENTARIO EN UN CENTRO
DE DISTRIBUCIÓN PARA LOS ÍTEMS CLASE A**

BRAYAN ANDRÉS SIABATO ORTIZ (1550061-3751)

JUAN DAVID TORRES VILLAFANE (1550069-3751)

TRABAJO DE GRADO

**Para optar al título de
INGENIEROS INDUSTRIALES**

DIRECTOR: ALVARO JOSE TORRES PENAGOS

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
GUADALAJARA DE BUGA**

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO 1

JURADO 2

Guadalajara de Buga, 2020

Agradecimientos

Agradecemos a Dios, por la vida, por sus bendiciones, por permitirnos llegar hasta esta etapa en nuestro camino profesional. Gracias a él y a la fortaleza que nos brinda, todos los obstáculos pueden ser superados.

A nuestro tutor Álvaro Torres quien nos guio, asesoro y apoyo a través de su experiencia y motivándonos a realizar el mejor trabajo.

Por último, gracias a nuestros padres, por habernos apoyado desde siempre, son nuestra razón para crecer, quien a pesar de los altos y bajos estuvieron con nosotros brindándonos su apoyo siempre en todos los aspectos de nuestras vidas.

Tabla de contenido

Resumen.....	11
Introducción	12
1 Planteamiento del problema.....	14
2 Objetivos	16
2.1 Objetivo general.	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 Antecedentes	17
4 CAPÍTULO 1.....	19
4.1 Marco teórico capítulo 1	19
4.1.1 Clasificación ABC	19
4.1.2 Metodologías multicriterio para la clasificación ABC.	19
4.2 Diagnóstico situación actual.....	21
4.2.1 Caracterización del proceso.....	23
4.3 Clasificación ABC.....	25
4.3.1 Recolección de datos	25
4.3.2 Selección método Multicriterio	25
4.3.3 Búsqueda de criterios.....	26
4.3.4 Selección de criterios.....	27
4.3.5 Agrupación de datos	28
4.3.6 Aplicación escala Saaty	28
4.3.7 Asignación de valores para cada criterio	29
4.3.8 Normalización de los datos.....	29
4.3.9 Ponderación de criterios por medio del AHP	29
4.3.10 Resultados obtenidos aplicación AHP	30
4.4 Aplicación fórmula puntaje total.....	31
5 CAPÍTULO 2.....	33
5.1 Marco teórico capítulo 2.	33
5.1.1 Demanda Dependiente.....	33
5.1.2 Demanda Independiente	33
5.1.3 Patrones de demanda.	33
5.1.4 Pronósticos en demanda.	33
5.1.5 Elementos de tiempo en un sistema de pronósticos.	37

5.1.6 Datos atípicos.	37
5.1.7 ¿Qué valor de α para los pronósticos de demanda?.....	37
5.1.8 Indicadores del pronóstico.....	37
5.2 Tipo de demanda centro de distribución.	38
5.2.1 Calculo patrón de demanda.	38
5.3 Pronósticos de demanda.....	40
5.3.1 Promedio móvil.	40
5.3.2 Suavización Exponencial Simple.	41
5.3.3 Regresión lineal.	42
5.3.4 Suavización exponencial doble.	43
5.3.5 Holt Winters.	44
5.4 Optimización de los modelos.	45
5.4.1 Optimización del promedio móvil.....	45
5.4.2 Optimización suavización exponencial simple.....	45
5.4.3 Optimización regresión lineal.....	46
5.4.4 Optimización suavización exponencial doble.	46
5.4.5 Optimización Winters.....	46
6 CAPÍTULO 3.....	47
6.1 Marco teórico capítulo 3.	47
6.1.1 Gestión de inventarios.	47
6.1.2 Modelos de inventarios.....	47
6.1.3 Modelo de medición del impacto financiero del mantenimiento de inventario de suministros.....	48
6.1.4 Un modelo de clasificación de inventarios para incrementar el nivel de servicio al cliente y la rentabilidad de la empresa.....	48
6.1.5 Modelo dinámica de sistemas.....	48
6.1.6 Algoritmo de Silver Meal.	50
6.1.7 Modelo de planeación de inventarios.	51
6.1.8 Modelo EOQ.....	52
6.1.9 Sistemas de revisión	53
6.2 Búsqueda y selección del modelo.	54
6.3 Métodos seleccionados.....	55
6.4 Resolución de modelos.....	55

6.4.1 Modelo EOQ.....	56
6.4.2 Sistema de revisión continua (s,Q).....	58
6.4.3 Algoritmo de Silver Meal	63
7 CAPITULO 4.....	69
7.1 Comparación de resultados.	69
7.2 Guía de manejo.....	72
7.3 Selección del proveedor.	76
7.4 Indicadores de gestión.....	78
7.5 Indicadores propuestos.	78
7.5.1 Costo de unidad almacenada	79
7.5.2 Duración del inventario	79
7.5.3 Entregas Perfectas.....	79
7.5.4 Nivel de cumplimiento de despachos	80
7.5.5 Costos logísticos vs. Ventas	80
7.5.6 Costo de Transporte vs. Venta.....	80
8 Conclusiones.	81
9 Bibliografía.	84

Lista de tablas.

Tabla 1 Matriz de Clasificación de Flores	20
Tabla 2 Caracterización del proceso	23
Tabla 3 Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos.....	26
Tabla 4 Escala Saaty	28
Tabla 5 Índice Aleatorio	30
Tabla 6 Resultados AHP	31
Tabla 7 Cantidad de Productos por Clase	31
Tabla 8 Cantidad de Ítems Para Cada Tipo de Demanda	39
Tabla 9 Modelo y Grafica para Cada Tipo de Demanda	39
Tabla 10 Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto PH FAMILIA FAMILIAR*1 PC24.	40
Tabla 11 Ejemplo Demostrativo del Promedio Móvil para el Producto PH FAMILIA FAMILIAR*1 PC24	41
Tabla 12 Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto CANDELA SMAT ELECTRONICA DP25 PC40.....	41
Tabla 13 Ejemplo Demostrativo de la Suavización Exponencial Doble para el Producto CANDELA SMAT ELECTRONICA DP25 PC40.....	42
Tabla 14 Comparación Error Cuadrático Medio de Promedio Móvil y Suavización Exponencial Simple	42
Tabla 15 Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto MIRRINGO 500GR PC*20 LB	42
Tabla 16 Ejemplo Demostrativo de la Regresión Lineal para el Producto MIRRINGO 500GR PC*20 LB.....	43
Tabla 17 Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto RINGO CROQUETAS 1KL PC*20	43
Tabla 18 Ejemplo demostrativo de la Suavización Exponencial Doble para el Producto RINGO CROQUETAS 1KL PC*20	43
Tabla 19 Comparación de Error Cuadrático Medio de Regresión Lineal Y Suavización Exponencial Doble.....	44
Tabla 20 Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto LAPIC KILOM 100 NEGRO DP12 PC48.....	44
Tabla 21 Ejemplo Demostrativo de Holt Winter para el Producto LAPIC KILOM 100 NEGRO DP12 PC48.....	45

Tabla 22 Cantidad de Demanda Pronosticada para los Ítems Clase A Según su Tipo de Demanda.	46
Tabla 23 Comparación de Métodos Seleccionados	55
Tabla 24 Ejemplo Demostrativo Costo Fijo de Ordenar del Producto ARIEL P400LL450GR** PC24.....	56
Tabla 25 Parámetros para Costo de Mantener Inventario.....	56
Tabla 26 Datos del ejemplo demostrativo para la Realización del Modelo EOQ	57
Tabla 27 Costo Total Relevante del Ejemplo Demostrativo	57
Tabla 28 Resultado del Costo Total Relevante para el Ejemplo Demostrativo PH FLIA MEGA ACOLCH T.H*1 PC24.....	61
Tabla 29 Resultado del Costo Total Relevante para el Ejemplo Demostrativo LAPIC KILOM 100 NEGRO DP12 PC48.....	63
Tabla 30 Tabla Resumen Pronósticos de Demanda según su tipo de Demanda y los modelos seleccionados de los Ítems Clase A	65
Tabla 31 Comparación Σ Costo Total Relevante Entre el EOQ y el Algoritmo de Silver Meal	69
Tabla 32 Cantidad de ítems favorecido según su costo mínimo.....	69
Tabla 33 Resumen de las Políticas Propuestas	72
Tabla 34 Guía de Manejo para el Abastecimiento de Productos	73
Tabla 35 Guía de Manejo para el Almacenamiento de Materias Primas.....	74
Tabla 36 Guía de manejo para el Manejo de Materiales	75
Tabla 37 Guia de Manejo para el Control de Inventario	75
Tabla 38 Formato Selección de Proveedor	77

Lista de Figuras.

Figura 1 Modelos de Gestión de Inventarios. Flores & Parra, 2012.....	47
Figura 2 Variables Endógenas. Se obtuvo de Software Vensim PLE ®	49
Figura 3 Diagrama de Forrester. Se obtuvo de Software Vensim PLE ®	49
Figura 4 Costo Total Relevante EOQ VS Algoritmo Silver Meal.....	70
Figura 5 Pronóstico del indicador de abastecimiento, Elaboración Propia	71

Resumen

Este trabajo de grado consistió en el estudio y mejora en la gestión de inventarios de un centro de distribución perteneciente al mercado de consumo masivo.

El estudio se inició con el levantamiento de la información necesaria para llevar a cabo el análisis del problema, para lo que fue necesario entrevistas directas con el personal. Se procedió con esta información a levantar los procesos existentes (abastecimiento, procura y planificación) que no están documentados por la empresa, para encontrar con mayor facilidad las fallas en el sistema. Una vez descritos los procesos y levantada la situación, se procedió a realizar un diagnóstico de la situación actual, para lo cual, se identificaron problemas y deficiencias presente en los procesos actuales y se realizó un contraste con los principios teóricos universalmente aceptados para realizar una gestión de inventarios eficientes. Luego de identificar estos factores, se procedió a seleccionar aquellos que requieran de una atención inmediata, para cual se hizo uso una clasificación ABC multicriterio, en lo cual directores, gerentes, supervisores y personal involucrado, participo en la calificación de los criterios seleccionados.

Identificado los factores de mayor impacto sobre el desempeño de la gestión del centro de distribución, se procedió a desarrollar un conjunto de propuestas que permitieran corregir las deficiencias y problemas encontrados a lo largo del proceso, como lo son los pronósticos de demanda y la utilización de modelos de planificación de inventarios. Posteriormente se realizó un análisis económico para así facilitar la toma de decisiones con respecto de la implementación de la propuesta planeada. Finalmente, este trabajo culmina con las conclusiones y recomendaciones obtenidas a raíz de la investigación realizada.

Palabras clave: *Gestión de inventarios, modelos inventarios, clasificación ABC, multicriterio, caracterización, Indicador de gestión, criticidad, AHP, pronósticos de demanda, variabilidad, punto de reorden, costo total relevante.*

Introducción

La función de una política de inventario es establecer el tipo de inventario correcto que permita mantener en bodega la cantidad mínima de producto, con capacidad de satisfacer la demanda y al mismo tiempo genere el menor costo de mantenimiento. El desafío no radica en reducir los inventarios a su mínima expresión para abatir los costos, ni en tener inventario en exceso para satisfacer todas las demandas, sino en mantener la cantidad adecuada para que el Centro de Distribución alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente posible. La buena gestión del inventario es crucial; por un lado, el Centro de Distribución puede reducir sus costos al disminuir el inventario; por el otro, la falta de un artículo puede detener los pedidos y dejar insatisfechos a los clientes. El propósito es encontrar un equilibrio entre la inversión en el inventario y el servicio al cliente.

El manejo del inventario en las empresas comercializadoras juega un papel esencial ya que éste puede llegar a representar el 46,5% de los costos logísticos totales (Departamento nacional de planeación, 2018). Así mismo, dado la naturaleza de estas empresas, es importante prestar un alto nivel de servicio a los clientes teniendo disponibilidad y variedad de inventario en todo momento. De tal modo, se desea siempre tener disponibilidad sin llegar a excesos. Esta investigación tendrá como objetivo proponer soluciones, a partir de la gestión de inventarios, a las situaciones problemáticas que presenta en el caso de estudio.

La investigación se llevará a cabo en un Centro de Distribución líder en el comercio Tulueño con 20 años de experiencia, sus productos ofrecidos cuentan con características de consumo inmediato, compra cotidiana y fácil de encontrar. Se proyecta como un Centro de Distribución especializado en el canal tienda a tienda sin dejar a un lado otros canales; teniendo en cuenta los niveles de distribución, de productos, los costos y socios comerciales.

La empresa caso de estudio cuenta con una serie de problemas relacionados con los procesos involucrados en la gestión de inventario, estos consisten en metodologías poco especializadas dando como resultado deficiencia, debido a eso se incurre en un aumento de los costos derivados al manejo de los productos por el largo tiempo de retención en el inventario. Otro factor relevante se encuentra en los métodos de compra ya que no son lo más adecuados, teniendo como efecto pedidos excesivos y aumento en los costos de compra por artículos innecesarios. Al tener gran cantidad las referencias no cuentan con su debida categorización que permita jerarquizar según la importancia. Además, las consecuencias que incurre el Centro de Distribución son los retrasos en la fecha de entrega de sus productos, compras a último momento, sobre stocks, etc. Todo esto debido a que la mayoría de sus procesos no están claramente definidos y que no hay una gestión eficiente de ellos.

Esta iniciativa, surge de la preocupación por parte del responsable de la empresa por mejorar la actual gestión de los inventarios de productos en la bodega para evitar fallas en la calidad de pedidos entregados a sus clientes, permitir el rápido despacho de los productos y mejorar su participación en el mercado. Por todo lo anterior, se cree conveniente, establecer una metodología apoyada en las bases teóricas existentes a través de la implementación de modelos. El fundamento de la investigación estará en la metodología propuesta, esta nos orientará al diseño del trabajo, porque se encarga de establecer los lineamientos y dictamina el cómo se

debe realizar la investigación; se realizará con un orden lógico, con el fin de obtener resultados confiables y alcanzar de manera exitosa los objetivos formulados. Cada etapa de esta metodología tiene un procedimiento a seguir e involucra distintas técnicas y herramientas para la recolección y procesamiento de la información, desde la observación de un proceso, las entrevistas directas, determinación del comportamiento de la demanda, evaluar los métodos de compra, nivel de servicio, entre otros.

Por esto, se prevé que, con los métodos implementados, se pueden obtener grandes mejoras y buenos resultados, logrando controlar el nivel de inventario, disminución de costos e incrementar la satisfacción al cliente.

1 Planteamiento del problema

Quien está a cargo de la administración de inventarios sabe que en sus manos se encuentra una de las áreas más importantes de la empresa, ya que su correcta gestión genera utilidades, productividad y un coherente funcionamiento entre la oferta y la demanda. Cada organización resuelve de manera diferente el control de su inventario, y esto se debe a que las políticas internas de las empresas son distintas, así como las exigencias de cada organización, pero uno de los mayores inconvenientes a los que se enfrentan las empresas es la desorganización en sus procesos obsoletos que no permiten adaptarse a las nuevas necesidades del consumidor, lo que conlleva a demoras en el abastecimiento, incumplimiento en los procedimientos, inadecuado manejo en los sistemas de control de inventarios y deficiencias metodológicas.

Por consiguiente, es fundamental realizar una adecuada gestión de inventarios en las empresas, realizar las compras requeridas y controlar los niveles de productos en inventario para poder reducir los costos de posesión de estos, además de los costos de oportunidad asociados a la pérdida de clientes; por ello, la gestión de inventarios es un tema de suma importancia en todas las organizaciones.

La gestión de inventarios en Colombia hace parte de un todo logístico coherente con los métodos de compras y ventas; compartiendo información entre sí, como son: la gestión de Ítems/Artículos, Bodegas/Localizaciones, entre otras, y permiten reducir consistentemente los movimientos, saldos y compromisos de inventarios, para la mayoría de escenarios; en el Valle del Cauca la gestión de inventarios es un requisito de muchos locales comerciales y empresas de pequeña a grande, con esto buscan actualizar y aplicar las mejores prácticas de almacenamiento de clase mundial que contribuyan a optimizar y simplificar las operaciones externas e internas mediante la implementación de herramientas prácticas; en un ámbito más local como es la ciudad de Tuluá, un estudio desarrollado por (Plaza, 2014) en el cual describe que “la administración de inventarios dentro de las empresas es un proceso que requiere de constante inspección y control, debido a la necesidad de las organizaciones de contar con información confiable y precisa de todos los movimientos que ocurren dentro de los almacenes, determinar posibles pérdidas o daños en la mercancía, además de ayudar en la toma de decisiones en inventario” (p.16). Cuando se estudia el caso específico de la empresa “Muebles Ferreira” se pueden observar problemas causados, por la falta de un modelo de inventarios que permita la administración y control sobre los inventarios en todas sus formas (materia prima, producto en proceso y producto terminado).

En los últimos años, el país ha mejorado en su desempeño logístico, tal como lo demuestra el índice de Desempeño Logístico (LPI) del Banco Mundial, el país pasó del puesto 94 en el 2016 al 58 en 2018 entre 160 países; este progreso se sustenta en las mejoras que presentaron las aduanas, infraestructura, competencia logística, trazabilidad y facilidad de envío. El (Departamento nacional de planeación, 2018) en su encuesta nacional logística de 2018 realizó 50 preguntas a 848.986 empresas y establecimientos comerciales, teniendo en cuenta variables e indicadores en desempeño logístico, tercerización, comercio exterior, prospectiva y logística regional. De los resultados obtenidos, las empresas cuentan con 13,5% en costo logístico como porcentaje de las ventas, este costo está compuesto principalmente por el costo de

almacenamiento (Costos de operadores logísticos, bodegas, arriendos e inversiones, tecnologías asociadas, costo de etiquetados, vigilancia, seguros, entre otros), con un 46,5% de participación.

Por su parte, el índice de rotación de inventarios es utilizado por las empresas como uno de los parámetros de control de gestión logística de almacenamiento; este indicador permite evaluar la gestión de abastecimiento, de los inventarios y de las prácticas de compra de una empresa. Teniendo en cuenta su importancia, se identificó que el 41,8 % de las empresas grandes miden el índice de rotación de inventarios de materias primas, mientras que el 56,3% miden el de producto terminado. También se evidencia que el promedio de días de rotación de inventarios de materias primas se ubica en 37,1 días, y de producto terminado, en 42,7 días. Esta recolección de información nos induce a la relevancia de la gestión inventario en las presentes empresas.

Actualmente el Centro de Distribución del caso de estudio presenta las siguientes dificultades:

- El proceso de inventario se realiza de una forma empírica o con herramientas poco eficientes, esto desata gran cantidad de problemas para la compañía.
- Incremento en el costo derivado de almacenaje de productos obsoletos por su prolongado lapso de tiempo de inventario.
- Los criterios establecidos acerca de cuánto pedir para cada tipo de producto genera que las órdenes de pedido se efectúen cuando llega la demanda del mercado.
- La gran cantidad de artículos en la empresa impide el tratamiento de estos según su importancia.
- Según datos entregados por el centro de distribución a incurrido 16% en demanda insatisfecha.

Las causas a dichas problemáticas descritas en el proceso de abastecimiento está asociado a las estrategias implementadas las cuales no tienen en cuenta la variabilidad de la demanda, produciendo que el inventario de seguridad sea insuficiente para cubrir la demanda real, ya que el comportamiento de esta es basado en las preferencias de los clientes, por lo cual existen cambios drásticos asociados a la temporadas del año, generando que el producto no se pueda vender quedando estancado en el almacén por considerable tiempo; la gran diversidad de productos ofrecidos conlleva a un aumento en el tiempo de búsqueda de los artículos y además el proceso de despacho la actividad de distribución del producto se realiza por outsourcing registrando poca información de la cantidad de producto entregado.

Con el anterior diagnóstico nos permite inducir a la pregunta problema, ¿Cuál debería ser la política de gestión de inventarios que se ajuste al tipo de demanda presentada en el centro de distribución para los ítems clase A?

2 Objetivos

2.1 Objetivo general.

Proponer una política para la gestión de inventario en los ítems clase A, en un Centro de Distribución ubicado en la ciudad de Tuluá.

2.2 Objetivos específicos.

- Establecer la importancia de los productos que son comercializados por el Centro de Distribución mediante el sistema de clasificación ABC que permita la realización de un adecuado control e identificación del comportamiento de la demanda en los productos más relevantes.
- Seleccionar el modelo de gestión en inventarios apropiado, para la elaboración de una política ordenada de los datos recolectados que se ajuste a la situación actual del Centro de Distribución.
- Evaluar el modelo propuesto a través de la comparación de la estrategia actual y la estrategia recomendada.

3 Antecedentes

Los antecedentes de la presente investigación como referencia para el sustento y desarrollo de este trabajo, se basa fundamentalmente en la exploración de investigaciones similares ejecutados por otros autores. A continuación, se exponen las investigaciones que están directamente relacionados con el proyecto de grado:

(OVIAMATHI, 2014) proveniente de India en su artículo denominado “Driving effective inventory management” relata que las empresas “inteligentes” se están dando cuenta de que un proceso eficaz de gestión de inventario juega un papel fundamental en la reducción de capital de trabajo y aumentar la rentabilidad mediante la liberación de dinero en efectivo de exceso de inventario, aumentar la satisfacción del cliente a través de mayores niveles de servicio, y la disponibilidad para el crecimiento del negocio significativa y una mayor capacidad de producción. Los factores claves que se relata en el artículo le permitió lograr la gestión eficiente del inventario incluyendo una mejor visibilidad de los niveles de inventario, el inventario de segmentación efectiva, los métodos de predicción avanzada y la planificación de nivel de servicio. La empresa caso de estudio era una ingeniería global en donde las métricas clave eran bajas rotaciones de inventario y altos niveles de inventario. Las metodologías aplicadas obtuvieron como resultado una reducción en su nivel de inventario en un 27% y mejoró su rotación de inventarios de ocho a nueve mediante el uso de un enfoque de múltiples criterios para llevar a cabo la clasificación de inventario.

(Khader, Rekik, Botta-Genoulaz, & Campagne, 2014) provenientes de la Universidad de Lyon en Francia, en su artículo denominado “Inventory management subject to multiplicative inaccuracies”, describen que en los últimos años algunos estudios empíricos destacaron que los errores y las perturbaciones del flujo de materiales son debido al sistema de inventario. El impacto de tales errores es particularmente importante en un contexto de ventas al por mayor y comercio minorista donde se satisface la demanda basándose en los registros de inventario que se muestra el sistema de información. Estos errores pueden ser modelados por una estructura de aditivo o multiplicativo en función de la relación entre la variabilidad de error y la cantidad pedida. Los resultados obtenidos fue proporcionar una solución óptima de ordenación analítica para el problema y lo más importante, se a deducido que la gestión de inventario tiene relación con el impacto de los errores en la política de ordenación óptima de producto terminado. En particular, se podría proporcionar condiciones en los nuevos costes de la tecnología para implementar estas herramientas dando resultados positivos en la disminución de costos de retención en inventario.

(Mas Pajares & Zavaleta Vásquez, 2016) en su tesis denominada “Diseño de un sistema de gestión de inventarios para incrementar la eficiencia en la empresa Indra Perú s.a” para optar el título de Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional de Trujillo, propusieron diseñar un

sistema de gestión de inventarios y almacenes que conlleve a un mejor orden, control y planificación de las existencias. Su informe se dividió en tres partes: En primera instancia, se realiza un diagnóstico de la situación actual de los subsistemas de inventarios, compras y almacenes identificando los principales problemas que presentan. En segunda instancia, se elaboran las propuestas de mejora para cada subsistema, que conforman en conjunto el sistema de gestión de inventarios y almacenes para la organización en estudio. Basado en las técnicas y modelos que se exponen en el marco teórico, y que puedan dar solución a los problemas identificados. En tercer lugar, se realiza la evaluación cualitativa y cuantitativa de las propuestas elaboradas para poder comprobar y demostrar la mejora en la eficiencia en el uso de los recursos, materiales y la utilización de espacios que se obtendrá de poner en marcha sistema propuesto.

Concluyen que, implementando un sistema de gestión de inventarios se incrementará la eficiencia en el uso de dichos recursos, generando ahorros y permitiendo un trabajo más ordenado y planificado con el cual se puede afrontar los retos del día a día.

De forma complementaria, (Alvarez, 2014) en su investigación realizada que lleva por título “Diseño y desarrollo de un sistema propuesto de planeación para los procesos logísticos de aprovisionamiento y control de inventarios”, de la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, expone que los aspectos fundamentales a evaluar en el funcionamiento de un sistema de inventario en las empresas son el aprovisionamiento y las políticas de inventarios, principalmente porque tienen un impacto directo en la fabricación de productos y en los costos operativos de producción. Es por ello que, entre otras recomendaciones, plantea la realización de un proceso de compra más eficiente en precio, tiempo y calidad, determinando a través del módulo de estándares de la herramienta informática, la selección de los proveedores, los precios de venta y los requerimientos de materiales. La implementación del modelo que el investigador propone, permite una reducción en los costos de almacenamiento del 79% y de producción en un 16%. En cuanto a los costos de almacenamiento, la reducción se origina en la reducción del volumen de inventarios, y en la mejor distribución y uso del espacio.

(Ramos & Flores, 2013) en su investigación denominada “Análisis y propuesta de implementación de pronósticos, gestión de inventarios y almacenes en una comercializadora”, para optar el título de Ingeniero Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú, explican que, en gestión de inventarios, se utilizan conceptos relacionados a clasificación ABC y Curva de Intercambio. El primero permite a la empresa conocer que 20% de sus existencias concentra el 80% de valor de su inventario, por otro lado, la segunda herramienta le permite poder formular una estrategia que considere sus límites económicos y financieros para determinar la cantidad y frecuencia de abastecimiento a sus proveedores, de modo que se encuentre en su curva de eficiencia. Concluye con respecto a la gestión de inventarios el uso de la clasificación ABC es una herramienta que permite conocer más a detalle los productos que maneja y saber cuáles son los principales en que debería dársele prioridad tanto para el manejo de inventarios y almacenes.

4 CAPÍTULO 1

4.1 Marco teórico capítulo 1

A lo largo del desarrollo de esta investigación el marco teórico se dividirá por capítulos, este se encontrará siempre al inicio de cada sección e incluirá solo lo correspondiente a ese capítulo. Como primera parte efectuaremos diversas visitas para detectar la situación actual del centro de distribución, con el fin de recolectar la información de la variedad de productos que ofrecen para agrupar los que más beneficio le generan mediante la clasificación ABC multicriterio, debido a que en capítulos futuros nos serán de utilidad aquellos ítems clase A.

4.1.1 Clasificación ABC

Esta metodología trata de segmentar los productos que están dentro de la empresa de acuerdo con categorías preestablecidas, como lo puede ser, demanda, costo unitario, utilidad, etc., para ello es importante definir cuáles ítems deben formar parte de cada clase (A, B o C), se escoge un porcentaje de mayor a menor, de acuerdo con el orden secuencial dado por la mayor utilización de los ítems. Usualmente, los ítems clase A constituyen del 10 al 20% de los primeros ítems dentro de la clasificación, contando con el 60% al 80% del valor total de las ventas anuales; los ítems clase B constituyen entre un 20 y un 40% del total de ítems, contando entre el 20% y el 30% restante del valor anual; y los ítems clase C, usualmente los más numerosos, constituyen el resto, contando con una pequeña parte del total de la inversión en inventario, la cual usualmente no pasa del 10% del total de ventas de la empresa. Vidal (2010, p. 26)

4.1.2 Metodologías multicriterio para la clasificación ABC.

A continuación, se realiza una exploración a través de las diferentes metodologías que existen para realizar una clasificación multicriterio, las cuales ayudaran a seleccionar cual es la más propicia para desarrollar a largo de este documento.

4.1.2.1 Matriz de dos criterios de flores

En esta se toman todos los ítems junto a dos criterios previamente establecidos y se evalúan por aparte, mediante un ABC tradicional, una vez obtenida la clasificación ABC por el primer criterio, se procede a hacerlo con el segundo criterio. Como es evidente cada criterio entregará una clasificación diferente para cada ítem, esta clasificación se ubica dentro de una matriz y se hace una relación por cada ítem, esto significa que se ve que clasificación tuvo este respecto al primer y segundo criterio, con esto y de acuerdo con lo estipulado por flores se realiza una nueva clasificación para cada ítem. Según Flores, si el ítem en el primer criterio se clasifica en cómo A y en el segundo también como A, este en definitiva sería tipo A; si en el primero es B y en el segundo es C este finaliza en clasificación tipo B y así sucesivamente se realiza este proceso para cada ítem analizado, esto se explica de mejor manera en la siguiente tabla.

Tabla 1
Matriz de Clasificación de Flores

Matriz de dos criterios		Segundo criterio		
Primer criterio		A	B	C
	A	AA	AB	AC
	B	BA	BB	BC
	C	CA	CB	CC

Fuente: Flores (1992)

4.1.2.2 Proceso de análisis jerárquico (AHP)

Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso.

El AHP utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior, esto podrá verse con mayor claridad en el desarrollo del ejemplo que se encuentra en el siguiente apartado de este artículo. Cuando las prioridades de los elementos en cada nivel se tienen definidas, se agregan para obtener las prioridades globales frente al objetivo principal. Los resultados frente a las alternativas se convierten entonces en un importante elemento de soporte para quien debe tomar la decisión (Osorio & Orjuela, 2008).

4.1.2.3 Proceso analítico jerárquico de Partovi y Burton

En esta metodología se incluyen criterios tanto cuantitativos como cualitativos. Dentro de cada criterio se encuentra una escala con un peso asignado dependiendo de su importancia; una vez determinados los porcentajes de los criterios, se procede a determinar una escala dentro de cada criterio (Partovi & Burton, 1993). Este es una variación del método más popular desarrollado Thomas L. Saaty.

4.1.2.4 Modelo de optimización lineal alternativo de Wan Lung

Este modelo consiste en clasificar todas las mediciones del i -ésimo ítem bajo el j -ésimo criterio denominadas Y_{ij} . El modelo de optimización lo que busca es convertir todos los datos en una escala de 0 a 1, esto se conoce como normalizar y se lleva a cabo formulando la restricción (1) y con una segunda restricción se garantiza la secuencia de los criterios (Wan Lung, 2007).

4.2 Diagnóstico situación actual

El Trabajo de Grado se implementó en un Centro de Distribución ubicado en la ciudad de Tuluá el cual comercializa productos de consumo masivo, con ítems certificados de calidad, el cual brinda un servicio superior y pretende cumplir en los tiempos de entrega, para obtener la satisfacción de los clientes. Cuenta con alrededor de 40 marcas potenciales en productos de aseo del hogar, aseo personal, medicamentos, cigarrillos y comidas para mascotas. El sistema de control de inventario relacionado es un sistema de contabilidad que se utiliza para registrar las cantidades de mercancías existentes y para establecer la inversión de la mercancía vendida.

Evidentemente el proceso mediante el cual el Centro de Distribución busca mantener determinado nivel de inventario es la metodología de “rotación de inventario”, siendo el análisis que permite saber el número de veces que se realiza esa contabilidad de recursos en un tiempo determinado; esto les ayuda a llevar un control de las ventas y a que la empresa esté en equilibrio financiero.

Los criterios influenciados en el proceso de abastecimiento cuentan con registro de inventario inicial-final, fecha inicial-final, bodega inicial-final y las marcas, todos estos registros se representan mediante formatos preestablecidos en Excel. Implementan clasificación de los productos según la duración el inventario; en esta clasificación se consideran los productos de baja rotación cuando se encuentran en el inventario con duración de 60 días. Los productos que se encuentren con más de 60 días en el inventario son reportados al proveedor con el propósito de obtener un descuento o autorizar la devolución del producto. Para terminar antes de generar la orden de compra se debe confirmar que el proveedor se encuentre al día en averías (Daño sufrido por una mercancía transportada o almacenada).

Las actividades asociadas al proceso de abastecimiento son la alineación estratégica del proceso, gestión de compras para el aprovisionamiento del almacén, selección y evaluación de proveedores, auditorías internas (ICONTEC), actualización de indicadores y el plan de mejoramiento para la mejora continua.

Una vez revisado los criterios anteriores, se procede a realizar la herramienta de rotación de inventario:

$$\text{Rotación de inventario} = (\text{Rotación} \div 60 * \text{Número días}) - \text{Inventario} \quad (1)$$

Aplicando la fórmula dará el resultado sugerido de compra para negociar con los proveedores, si el resultado da negativo no se debe pedir.

El margen de negociación pactado es del 30%. En la orden de compra se incluye la fecha de recibido y de pedido para tener el control de las órdenes, permitiendo cumplir con los pedidos a los clientes. La gestión de compras les asegura que el centro de distribución tenga los mejores proveedores para abastecer los productos al mejor valor total. La revisión de los niveles de productos en inventario se realiza cada 2 meses.

Los métodos de compra dependerán de la situación que se presente en el momento de efectuar la adquisición, es decir, de las cantidades y tiempo de entrega. Los tipos de compras llevados a cabo por parte del centro de distribución son compras de pedido continuo, según la situación del mercado y compras por contrato.

El proceso de compras a menudo gasta más dinero que cualquier otra función con alrededor de \$600 millones de pesos (según información entregada por la responsable de abastecimiento) invertidos, así que compras proporciona una buena oportunidad para reducir los costos y aumentar los márgenes de beneficio. La función de compra es adquirir los productos que la empresa necesita, garantizando el abastecimiento de las cantidades requeridas en términos de tiempo, calidad y precio.

Para el proceso de adquisición de productos se tienen establecidos los respectivos requerimientos, siendo las condiciones de entrega y observaciones adicionales que correspondan para obtener lo solicitado. Por esta razón se abarca la posibilidad en devoluciones, esto sucede cuando un producto entregado por un proveedor no cumpla con los criterios especificados, se realiza la devolución explicando las inconformidades con los productos.

Dentro del proceso selección del proveedor, los criterios utilizados son: información técnica, disponibilidad de productos y condiciones de pago. Después se debe hacer la evaluación preliminar de proveedores según el formato establecido. Por ende, este abastecimiento es todo aquello que el centro de distribución realiza para incorporar productos con criterios de calidad, costo y creación de valor, mitigando riesgos de obsolescencia y asegurando el desarrollo de las actividades necesarias orientadas a cumplir los compromisos con los clientes.

El centro de distribución utiliza un indicador KPI, siendo una métrica utilizada para medir y cuantificar los resultados del proceso y la estrategia de negociación. Generalmente se representa con una clave de colores (rojo, amarillo o verde) facilitando información del cumplimiento o no del objetivo fijado. El indicador utilizado es el tiempo del ciclo de adquisición, el cual se puede medir bien sea, el tiempo medio que se tarda entre la presentación de la solicitud y la colocación de la orden de compra, o el tiempo que se lleva desde el principio del proceso de abastecimiento hasta el momento en el que se firma el contrato. La respectiva fórmula del indicador es:

$$TDC = (\text{Órdenes de compra solicitadas} \div \text{Necesidades de inventario}) * 100 \quad (2)$$

Una vez realizado el despliegue informativo de la situación actual, se pudo identificar que una de las falencias que tiene la compañía en caso de estudio es el poco conocimiento de los procesos que interactúan entre sí, es por ello que se debe de realizar una caracterización de los procesos ya que es una herramienta que nos permite planear el proceso de proveedores, insumos, actividades, productos o clientes, interrelacionándose con los demás procesos del Centro de Distribución y la definición de indicadores que permiten medir la gestión y el desempeño de dicho proceso.

La caracterización permite obtener la información en cuanto a los requerimientos del proceso, sus actores principales, clientes, los productos que genera, así como los mecanismos de control. A continuación, se representa la caracterización del abastecimiento de los productos.

El Abastecimiento es una de las operaciones más trascendentes en el caso de estudio, conocer cada una de sus etapas y la forma en que afectan a los diversos departamentos, a continuación, se representa la caracterización de dicho proceso:

4.2.1 Caracterización del proceso

Tabla 2
Caracterización del proceso

Abastecimiento					
Objetivo	El área de Abastecimiento tiene como objetivo proveer oportunamente, los productos, insumos y servicios necesarios para satisfacer las necesidades de los clientes.				
Alcance	El proceso comienza con la recepción de pedidos, evaluando la herramienta de “rotación de inventario” para visualizar la disponibilidad y realizar la cantidad a pedir, para luego dialogar con el proveedor los requerimientos del producto, para terminar, transportar al inventario.				
Matriz de Procesos					
Proveedores	Entradas		Actividades	Salidas	Cliente
Gestión gerencial	Políticas, objetivos y metas estratégicas para la organización		Planear	Indagar oportunidades de mejora para promover actitudes positivas alineadas con los objetivos estratégicos de la compañía. Tener registros de los pedidos que ingresan a la empresa, para realizar su respectivo análisis	Desarrollo de estrategias de abastecimiento para mejorar la identidad en el mercado, aumentar las ventas y ganar cuota de mercado. Realización de propuestas de mejoras para la implementación en los procesos
Gestión gerencial	Decisión del presupuesto para las personas y procesos a utilizar.	Hacer	Realización de informes en donde se especifiquen toda la información contable. Distribución de recursos para realizar los procesos pertinentes	Informe de costos y gastos que se tendrán en el proceso Planificación de las ventas	Gestión Gerencial

Gestión de Calidad	Control y evaluación de calidad de los productos. Informes donde se especifique los datos de control de calidad de los productos.	Verificar	Asegurar que los productos cumplan con los requisitos de calidad especificados. Cumplir políticas para el almacenamiento de los insumos, establecer procedimientos con este objeto y supervisar las existencias y procedimientos de ingresos y distribución.	Informe general de pedidos, donde se evidencia toda la información que debe cumplir los productos, para ser revisada por los responsables de inventario.	Gestión de Almacén
Gestión de Compras	Informe de los pedidos realizados y los registros de rotación de inventario	Actuar	Asegurar que los productos cumplan con los requisitos de cantidad. Analizar y comprobar de manera detallada las especificaciones que específico el cliente.	Obtención y distribución de los insumos solicitados en inventario. Informe de los costos asociados a los pedidos	Gestión Financiera y Gestión de Almacén
Gestión de Compras	Establecer sistemas para mantener un inventario completo y actualizado de los productos y controlar el cumplimiento de las normativas. Atender las solicitudes de pedido emitidas.		Recibimiento y control de calidad de las cantidades pedidas. Solicitud, inquietud, reclamo o sugerencia.	Registros físicos en donde se confirma las cantidades despachadas	Consumidor

Fuente: Elaboración propia

Con lo presentado anteriormente permite observar de manera global los procesos dentro del centro de distribución.

Actualmente la compañía cuenta con más de 3000 referencias, debido a esta gran cantidad de ítems es necesario clasificarlos dentro de conjuntos de características comunes, los cuales se

llamaremos familias, esto con el fin de identificar con mayor claridad y facilidad los ítems, además, otra de las razones por la cual se tomó esta decisión de agrupamiento es debido a que, al momento de analizar la adquisición y manejo de productos que realiza la compañía actualmente se evidencio una característica común en cuanto a los costos. Las familias que se componen en el centro de distribución son los cigarrillos, medicamentos, papelería, aseo personal, aseo hogar, oferta JM, mascotas y hogar.

Con el nombre que se le asigna a cada familia se busca ser muy evidente en qué productos hacen parte de la categoría, la única que amerita una mención especial es la de Oferta JM, esta hace referencia a los productos que por alguna razón se dan en descuento o que por petición de las marcas se agrupan en un paquete que corresponda a varios productos y por ende estos tienen un precio especial.

Una vez clasificado por familias los productos, se hace necesario implementar un método que ayude a clasificar todos estos ítems dentro de ciertas categorías de acuerdo con parámetros establecidos, por lo anterior se debe de realizar una clasificación ABC, esta es una metodología que ha demostrado su efectividad en diferentes situaciones y permite agrupar los ítems de manera tal que se puedan controlar de distintas maneras. Además, es oportuno realizar el proceso de clasificación ABC ya que el centro de distribución no cuenta con el personal suficiente para realizar seguimiento y control continuo a todos estos ítems y se debe priorizar a que productos se debe realizar un mayor y mejor seguimiento.

4.3 Clasificación ABC.

Esta clasificación es sumamente necesaria y fundamental dentro del trabajo ya que debido al gran número de referencias de productos que se tiene es preciso clasificarlas de esta manera, pero aplicando una variante de esta técnica, la cual es la clasificación ABC multicriterio, esto permite realizar una selección más efectiva de los productos ofrecidos por la empresa caso de estudio. El proceso mediante el cual se realizó la clasificación ABC multicriterio fue el siguiente:

4.3.1 Recolección de datos

Primero se solicitó a la persona encargada de los manejos de inventarios dentro del centro de distribución, que nos suministra la lista e información de todos los ítems que están manejando actualmente para luego ser ordenada de acuerdo a las necesidades que tenemos.

4.3.2 Selección método Multicriterio

Este es un paso crucial ya que a partir de acá se desencadenará todas las tomas de decisiones en el futuro, para ello se buscó los diferentes métodos de clasificación multicriterio de los cuales se tiene como conocimiento. En la recopilación elaborada por Zúñiga y Castillo (2016) los autores hacen referencia a algunos métodos interesantes para la utilización multicriterio dentro de una clasificación ABC.

Después de la revisión bibliográfica la cual toda se encuentra expresada en el apartado del marco teórico correspondiente al capítulo uno, se decidió emplear el método de **proceso de análisis jerárquico (AHP)**, debido a que los fundamentos que esta metodología proporciona se adapta de una mejor manera a las condiciones del presente caso de estudio, tales como una facilidad ejecución, ya que no demanda gran procesamiento de datos, además, el AHP ofrece la posibilidad de comparar gran cantidad de criterios de evaluación al mismo tiempo, lo que lo hace indicado debido al número abundante de ítems con el que cuenta el centro de distribución actualmente permitiendo al final alcanzar un resultado objetivo y viable.

4.3.3 Búsqueda de criterios

Debido a que el enfoque es multicriterio, es necesario buscar las posibilidades que se tienen y esto se realizó mediante una revisión bibliográfica con el objetivo de buscar los criterios acorde a la situación presentada dentro del centro de distribución, encontrándose investigaciones muy completas acerca de este tema, los cuales son clasificados de acuerdo con la actividad económica de la empresa, además, se sugieren métodos de medidas para cada criterio, esto se muestra más detalladamente en la siguiente Tabla.

Tabla 3
Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos

Criterios	Unidad de Medida	Entrada		Salida	
		Materias Primas	Repuestos	Fabricante	Comercializadora
Demanda/ Ventas Anual	unidades/año			x	x
Consumo/ Utilización Anual	unidades/año	x	x		
Inventario Promedio	unidades/año	x	x	x	x
Costo Unitario	\$/unidad	x	x	x	x
Volumen	m3/unidad	x	x	x	x
Criticidad	0,1,2,3,4,5	x	x		
Costo Anual del Inventario	\$/año	x	x	x	x
Costo Anual Demanda/Ventas	\$/año			x	x

Costo Anual Consumo/Utilización	\$/año	x	x		
Tiempo de Entrega	unidades de tiempo	x	x		x
Tiempo Producción por lote	unidades de tiempo			x	
Escasez	1,2,3,4,5	x	x		
Durabilidad	1,2,3,4,5	x	x	x	x
Sustitubilidad	1,2,3,4,5	x	x		
Reparabilidad	1,2,3,4,5		x	x	x
Número de Proveedores	Cantidad	x	x		x

Fuente: Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos (Castro, Velez, & Castro, 2011)

Lo anterior es de suma ayuda ya que se presenta de una manera organizada los principales criterios utilizados a la hora de crear una clasificación multicriterio.

4.3.4 Selección de criterios

Una vez hecha la recopilación bibliográfica acerca de los criterios para implementar la clasificación ABC, se procede a establecer algún método de selección de criterios ya que como se puede ver en la tabla anterior son bastantes y además todos no son pertinentes para el enfoque que tiene esta investigación ya que algunos criterios no encajan directamente con los tipos de productos que se tienen en la empresa caso de estudio. Para la selección se escogió un grupo pequeño de personas que están directamente relacionadas con el área de inventarios y con la parte gerencial de la empresa, a estas se les entregó una serie de criterios y se explicó un poco cada uno de estos, además, se les pidió que escogieran los que para ellos fueran más importantes y creyeran que influyen más al momento de guardar inventario de algún producto, siempre teniendo en cuenta que lo que se desea es tener la menor cantidad posible de aquel y que se debe garantizar un nivel de servicio alto.

El resultado de lo anterior fue la selección de los siguientes criterios:

- **Demanda:** El criterio de demanda/ventas anuales hace referencia a la cantidad de unidades físicas que fueron demandadas del producto durante el último año, por ello sólo es utilizado para clasificar productos terminados por parte de fabricantes o distribuidores.
- **Costo unitario:** El costo unitario se basa en el costo total que representa cada unidad del ítem.

- **Críticidad:** La criticidad se encuentra estrechamente relacionada con el costo de faltantes del ítem y se representa en una escala de 1 a 5, donde 5 implica un alto costo de faltantes y una alta importancia del ítem.
- **Costo trimestral de inventario:** El costo anual del inventario se basa en el costo total que implicó tener dicho ítem en el almacén durante los últimos tres meses.
- **Durabilidad:** se refiere a la longitud de tiempo que un ítem permanece en condiciones útiles y debe ser medido en una escala de 1 a 5, donde 5 implica que el producto tiene un período muy corto de vida útil, como es evidente va ligado a la fecha de vencimiento de algunos productos.
- **Número de proveedores:** El número de proveedores de un ítem indica la cantidad de compañías que lo fabrican y de las cuales se puede obtener dicho bien. Mientras más pequeña sea esta cantidad, mayor importancia tomará la realización de un control estricto sobre las existencias del ítem.
- **Almacenabilidad:** indica el nivel de peligro o dificultad en el almacenamiento de un ítem, por ello en una escala de 1 a 5, los productos que presenten mayores dificultades o peligro en el proceso de manejo de materiales tomarán un valor de 5.

4.3.5 Agrupación de datos

De acuerdo a la selección de criterios efectuado en el paso anterior se debe proceder a calificar cada ítem de acuerdo a los criterios

4.3.6 Aplicación escala Saaty

Esta escala es proporcionada por el mismo creador del método AHP es importante tener definida una escala general, aplicable a cualquier situación lo cual permite la universalidad del método y lo hace sencillo de aplicar para quien toma la decisión. Además, la escala es clara y provee una gran amplitud para las comparaciones.

Tabla 4
Escala Saaty

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Fuente: Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980) Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill.

La anterior escala se les proporcionó a las personas responsables del área de inventarios donde se les pidió que compararan cada uno de los criterios por pares y que asignaran un número de acuerdo a la escala Saaty, al final se obtuvieron los resultados de cada persona y se promediaron para establecer la calificación final de cada criterio.

4.3.7 Asignación de valores para cada criterio

Cada criterio seleccionado cuenta con una unidad de medida, algunos fueron proporcionados directamente por el centro de distribución ya que son datos básicos para el manejo de inventario tales como la demanda por producto, el costo unitario, el costo trimestral de inventario y número de proveedores, que es lo que asume la empresa por tener este producto almacenado un periodo de tiempo (3 meses). Debido a que otros criterios no eran utilizados para tal fin, fue necesario buscar la forma de proporcionar una calificación adecuada a todos los ítems, como se explicó en un punto anterior estos criterios poseen una escala generalmente de 1 a 5, para ello se calificó manualmente cada uno de los productos con el fin de que fuera una calificación verídica y con poco sesgo se logró también gracias a la participación de las personas del área de inventario ya que éstas proporcionaron su opinión acerca de cuáles eran las familias más importantes dentro de cada criterio. cabe recordar que los criterios que se les tuvo que realizar esta acción fueron los de criticidad, almacenabilidad y durabilidad.

4.3.8 Normalización de los datos

Es necesario normalizar la información para que cada uno de los valores asignados en la calificación quede en unidades iguales, ya que estos utilizan unidades de medida que no son comparables ni operables entre ellas, lo anterior se logra utilizando la siguiente fórmula de normalización, la cual permite asignar otro valor a las calificaciones pero que son comparables entre cada una de ellas.

$$yn_{ij} = \frac{y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}} \quad (3)$$

Donde,

y_{ij} = es el valor del criterio j-ésimo para el i-ésimo ítem en inventario.

yn_{ij} = valor normalizado.

Con estas calificaciones ya normalizadas se procede a realizar la clasificación ABC.

4.3.9 Ponderación de criterios por medio del AHP

Una vez se asigna el grado de importancia de cada criterio de acuerdo con la escala Saaty se puede seguir con el proceso para encontrar el peso porcentual de cada criterio dentro del análisis, para ello se confrontan todos los criterios en una matriz de comparación, en estos se consignan los valores suministrados de acuerdo con la escala y se hace una sumatoria por cada columna de la matriz obteniéndose un valor total. Posteriormente se construye otra tabla, en esta se depositan los valores normalizados para cada criterio, esto se logra dividiendo cada

valor asignado al criterio sobre la sumatoria total de la columna, así para todas las columnas (en este caso son siete columnas). Luego se continúa con la construcción del vector prioridad, simplemente es sacar un promedio de cada fila de la matriz de normalización. Ahora para cada criterio se saca un valor el cual tiene por nombre suma ponderada, en el cual se hace una multiplicación de valores matriciales entre la fila correspondiente al criterio en la matriz de comparación vs el vector prioridad, esto se realiza para cada criterio, seguidamente se debe de calcular el parámetro lambda (λ), este se obtiene dividiendo la suma ponderada para cada criterio sobre el valor del vector prioridad para este criterio, se realiza para todos los criterios. Una vez calculado esto se debe de promediar toda la lambda (λ), para hallar un valor que se nombra como lambda máxima (λ_{max}). Con lo anterior calculado se continúa con el índice de consistencia (IC) esto se logra con la siguiente fórmula, donde n es el número de criterios enfrentados:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Luego de calcular IC, se procede a calcular la razón de consistencia:

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (5)$$

El IA o índice aleatorio de consistencia es previamente establecido de acuerdo al número de elementos o criterios que se comparan, estos se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 5
Índice Aleatorio

N° de Elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio de Consistencia (IA)	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

Esta razón de consistencia (RC) está diseñada de manera que los valores que exceden el 0.10 son señal de juicios inconscientes; es probable que la persona encargada de tomar la decisión desee reconsiderar los valores originales de la matriz de comparaciones. Por el contrario, si el resultado de RC es igual o menor a 0.10 se considera una señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones.

4.3.10 Resultados obtenidos aplicación AHP

Los resultados obtenidos después de aplicar el proceso de AHP fueron los siguientes tanto de la matriz de comparación como el resultado del vector prioridad:

Tabla 6
Resultados AHP

Criterio	Decisión
Demanda	34%
Costo Unitario	15%
Criticidad	27%
Costo trimestral de inventario	6%
Durabilidad	3%
Número de proveedores	3%
Almacenabilidad	12%

Fuente: Elaboración propia

4.4 Aplicación fórmula puntaje total

En este paso se aplica la fórmula de puntaje total, la aplicación de esta permite determinar los ítems que pertenecen a cada clasificación A, B o C, la fórmula es la siguiente:

$$Puntaje\ Total = \sum_{i=1}^I w_j y n_{ij} \quad (6)$$

Donde $y n_{ij}$ es el valor normalizado del ítem i-ésimo con respecto al criterio j-ésimo y w_j es el peso asignado al criterio j, este peso es el obtenido mediante el análisis AHP, lo cual garantiza un correcto manejo y disminuye el sesgo ya que no es un valor totalmente subjetivo, sino que se apoyó en una herramienta apropiada para estos casos. La fórmula se aplica para todos los ítems por lo cual todos tendrán un valor correspondiente.

De acuerdo con el valor arrojado al aplicar la fórmula del puntaje total podemos definir nuestra clasificación, todos los ítems que tengan un puntaje mayor a 0,20 será los llamado CLASE A, esto debido a que, en referencia al artículo utilizado, demuestra que este es el puntaje que se debe de utilizar, luego los CLASE B son los que tienen un puntaje entre 0,20 y 0,04 y los CLASE C uno menor a 0,04 o negativo. Obtenemos la clasificación siguiente:

Tabla 7
Cantidad de Productos por Clase

Clasificación	Cantidad	Porcentaje
CLASE A	77	2,52%
CLASE B	673	22,02%
CLASE C	2307	75,47%

Fuente: Elaboración propia

Si se analiza de mejor manera lo anterior se puede decir que los ítems clase A (2,52%) representa un 79% del total de criterios evaluados, mientras que los clase B (22,02%) representan el 15% de estos criterios y los clase C (75,47%) el 6% restante. Esto va alineado con lo que justifica Vidal el cual nos dice que “Usualmente, los ítems clase A constituyen del 10 al 20% de los primeros ítems dentro de la clasificación, contando con el 60% al 80% del valor total de las ventas anuales; los ítems clase B constituyen entre un 20 y un 40% del total de ítems, contando entre el 20% y el 30% restante del valor anual; y los ítems clase C, usualmente los más numerosos, constituyen el resto, contando con una pequeña parte del total de la inversión en inventario, la cual usualmente no pasa del 10% del total de ventas de la empresa” Vidal (2010, p. 26), aclarando claro está que cuando se hace referencia a la ventas anuales para nuestro caso se tratarían de cantidad de criterios seleccionados a través de la fórmula del puntaje total; lo anterior también se conoce como principio de Pareto.

En nuestro análisis se indica que, de la cantidad máxima de ítems el 2,52% de estos pertenecen a la categoría A, en los cuales nos centraremos en analizar cada uno para crear una política de abastecimiento adecuada, para así controlar de manera más eficiente esta cantidad y fuera de ello proponer mejores medidas ya que estos son los de vital importancia para la compañía.

5 CAPÍTULO 2

5.1 Marco teórico capítulo 2.

Se explicará los tipos de demanda existentes para detectar la que está asociada a la situación actual del centro de distribución, de ahí seguiremos con los propósitos de los patrones en demanda con el fin de obtener el coeficiente de variación y su obtención de la gráfica para concluir con la selección del patrón de demanda para cada producto. Pronosticaremos todos los productos clase A con su respectivo pronóstico de demanda escogido y seleccionando aquellos pronósticos (para el caso que tengan 2 o más modelos para un tipo de demanda) que obtengan menor error cuadrático medio.

5.1.1 Demanda Dependiente

Se refiere a una dependencia conocida de la demanda de un producto con otro. Cuando se realiza un proceso de planeación de producción, esta demanda debe predecirse. Sin embargo, en ocasiones no es necesario predecir ya que se puede calcular a partir de la demanda de artículos finales y las decisiones de producción (García & Albarracín, 2015).

5.1.2 Demanda Independiente

Son aquellas en las cuales se desconoce la dependencia de la demanda con otro artículo o producto. Esta demanda está influenciada por las condiciones del mercado fuera del control de operaciones (García & Albarracín, 2015)

5.1.3 Patrones de demanda.

Existen diversos patrones de demanda, uno de estos es la demanda *aleatoria* la cual se presenta de acuerdo con varios patrones claramente identificables. La demanda *perpetua, estable o uniforme*, cuyo promedio se mantiene por largos períodos de tiempo. Si el promedio de demanda varía significativamente con el tiempo, se tiene un patrón de demanda con *tendencia* (creciente o decreciente), la cual generalmente se toma como lineal. Otro patrón de demanda ocurre cuando se esperan picos en determinadas épocas del año se denomina *periódico o estacional*. El patrón de demanda *errática* presenta grandes variaciones a lo largo del tiempo, pasando de períodos de cero demandas, a grandes picos (Villareal, 2016).

5.1.4 Pronósticos en demanda.

El sistema de pronósticos es un elemento clave para el cumplimiento de los objetivos de la organización y para el mejoramiento de su competitividad, ya que, de no tomar las decisiones correctas, se puede caer en extremos como el deficiente servicio al cliente, el exceso de inventarios o, peor aún, ambos factores en forma simultánea cuando se presenta el desbalance de los inventarios. El objetivo es reducir la incertidumbre del futuro, mediante la anticipación de eventos cuya probabilidad de ocurrencia sea relativamente alta, respecto a otros eventos posibles. De igual manera apoyar la toma de decisiones y prepararse ante estos eventos (Villareal, 2016).

5.1.4.1 Promedio móvil

El método de los promedios móviles utiliza el promedio de los k valores de datos más recientes en la serie de tiempo como el pronóstico para el siguiente periodo. Se establece un promedio de la demanda pasada (patrón constante y pequeñas fluctuaciones) dando el mismo peso a las últimas N demandas: entre mayor sea N , menor será el coeficiente de variación y el peso de los últimos datos, lo que no permite respuesta rápida.

$$Mt = \frac{X_T + X_{T-1} + X_{T-2} + \dots + X_{T-N+1}}{N} \quad (7)$$

El subíndice T representa el período actual, a partir del cual se calcula el promedio, devolviéndose N períodos, o sea, hasta el período $T - N + 1$. Esta expresión no es más que el promedio simple de las últimas N observaciones de demanda, donde X_T es la más reciente demanda conocida. Al obtener el x_t siendo el valor del pronóstico, procederemos con el error del error cuadrático medio para seleccionar cuál de los dos pronósticos con patrón de demanda uniforme es el más adecuado.

5.1.4.2 Suavización exponencial simple

La suavización exponencial utiliza un promedio ponderado de valores de series de tiempo pasadas como pronóstico. La fórmula muestra que el pronóstico para el periodo $t+1$ es un promedio ponderado del valor real en el periodo t y el pronóstico para el periodo t .

Se demuestra que el pronóstico de la suavización exponencial para cualquier periodo también es un promedio ponderado de todos los valores reales previos.

Ajusta los pesos de los datos pasados otorgando un valor σ ($0 \leq \sigma \leq 1$) a la última demanda y $(1 - \sigma)$ al pronóstico anterior con la siguiente ecuación:

$$S_T = \alpha X_T + (1 - \alpha)S_{T-1} \quad (8)$$

- S_T = Pronóstico realizado al final del período T , es decir, la estimación del parámetro b al final del período T .
- S_{T-1} = Pronóstico anterior, es decir, la estimación del parámetro b realizada al final del período $T-1$.
- X_T = Demanda real observada al final del período actual T .
- α = Constante de suavización (inicialmente definida en el intervalo $0 \leq \alpha \leq 1$)

La siguiente anterior ecuación mencionada es equivalente a:

$$S_T = \alpha \sum_{k=0}^{T-1} (1 - \alpha)^k X_{T-k} + (1 - \alpha)^T S_0 \quad (9)$$

Se observa que a medida que se retrocede en el tiempo, los pesos aplicados a cada dato real observado disminuyen exponencialmente con una razón geométrica igual a $(1 - \alpha)$; este es el origen del nombre de este sistema de pronósticos.

5.1.4.3 Regresión lineal

El Análisis de Regresión tiene como objetivo estudiar la relación entre variables. Permite expresar dicha relación en términos de una ecuación que conecta una variable de respuesta Y, con una o más variables explicativas $X_1, X_2, \dots, X_k$. Tiene como finalidad la determinación explícita del funcional que relaciona las variables y la comprensión por parte del analista de las interrelaciones entre las variables que intervienen en el análisis. Procederemos a utilizar las respectivas formulas:

$$\hat{X}_t = \hat{a} + \hat{b}_t \quad (10)$$

Los parámetros a y b se estiman mediante el método de mínimos cuadrados. Consiste en encontrar los valores para los parámetros a y b, tal que la suma de los errores al cuadrado sea mínima.

Los valores de a y b se obtienen de resolver las siguientes ecuaciones:

$$\sum_{i=1}^n X_i = \hat{a} n + \hat{b} \sum_{i=1}^n t_i \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i t_i = \hat{a} \sum_{i=1}^n t_i + \hat{b} \sum_{i=1}^n t_i^2 \quad (12)$$

Las ecuaciones definitivas para a y b son:

$$\hat{a} = \frac{(\sum X_i \sum t_i^2) - (\sum t_i)(\sum t_i X_i)}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \quad \hat{b} = \frac{(\sum X_i/n) - \hat{a}}{\sum t_i/n} \quad (13)$$

El análisis de regresión se relaciona en gran medida con la estimación y/o predicción de la media (de la población) o valor promedio de la variable dependiente, con base en los valores conocidos o fijos de las variables explicativas. El valor obtenido del pronóstico se representa mediante la variable x y el fin del cálculo del error cuadrático medio es para la selección del método acertado para el tipo de demanda con tendencia.

5.1.4.4 Suavización exponencial doble

La ecuación de esta metodología viene dada por:

$$X_{T+\tau}(T) = \left(2 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha}\right) * S_T - \left(1 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha}\right) * S_T^{[2]} \quad (14)$$

En esta ecuación se utiliza en suavización exponencial doble para calcular el pronóstico de demanda períodos adelante, basados en los valores y correspondiente al actual período T. Esta metodología, igual que la suavización exponencial simple requiere de unos valores iniciales y los cuales se determinan por:

$$S_0 = b_1(0) - \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) * b_2(0) \quad (15)$$

$$S_0^{[2]} = b_1(0) - 2 \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) * b_2(0) \quad (16)$$

Las primeras ecuaciones que rigen la suavización exponencial doble son:

$$S_T = \alpha X_T + (1-\alpha)S_{T-1} \quad (17)$$

$$S_T^{[2]} = \alpha S_T + (1-\alpha)S_{T-1}^{[2]} \quad (18)$$

Con los datos históricos calculamos y, a través de una regresión lineal, determinando así:

$$b_1(0) = a_1(0) + mb_2(0) \quad (19)$$

Donde m es el número de periodos utilizados con base en datos históricos para estimar los valores iniciales de y, para estimar estos valores se procede de la siguiente forma. En el tiempo T el intercepto con el eje y en el origen se estimaría así:

$$b_1(T) = 2S_T - S_T^{[2]} - T \frac{\alpha}{\beta} (S_T - S_T^{[2]}) \quad (20)$$

Si se define el origen de coordenadas para iniciar el pronóstico como T = 0, se obtiene, de la anterior expresión y de la ecuación anterior, el siguiente sistema de ecuaciones, donde representa el intercepto con el eje y en el origen de coordenadas desde donde se van a iniciar los pronósticos:

$$b_1(0) = 2S_0 - S_0^{[2]} \quad (21)$$

$$b_2(0) = \frac{\alpha}{\beta} (S_0 - S_0^{[2]}) \quad (22)$$

5.1.4.5 Holt Winters

Al final del periodo T, se revisa la estimación de la componente permanente con la siguiente ecuación donde $0 < \alpha < 1$ es una primera constante de suavización:

$$\widehat{a}(T) = \alpha \frac{x_t}{\widehat{a}_t(T-L)} + (1-\alpha)[\widehat{a}_1(T-1) + b_2(T-1)] \quad (23)$$

Luego, se estima la tendencia:

$$\widehat{b}_2(T) = \beta[\widehat{a}_1(T) - \widehat{a}_1(T-1)] + (1-\beta)\widehat{b}_2(T-1) \quad (24)$$

Donde X_t =última demanda; L=12 periodo que cubre la estación; L-T= componente estacional, m= datos históricos; $0 < \beta < 1$ = segunda constante de suavización. Seguido, se estima el factor estacional para el periodo T:

$$\widehat{c}_t(T) = \gamma \frac{x_t}{\widehat{a}_1(T)} + (1-\gamma)\widehat{c}_t(T-L) \quad (25)$$

Donde $0 < \gamma < 1$ tercera constante de suavización. Finalmente, se pronostica la demanda de cualquier período futuro T + W:

$$\widehat{x}_{T+t}(T) = [\widehat{a}_1(T) + t\widehat{b}_2(T)]\widehat{c}_{T+t}(T+t-L) \quad (26)$$

5.1.5 Elementos de tiempo en un sistema de pronósticos.

Existen tres factores de tiempo que deben especificarse en cualquier sistema de pronósticos, a saber:

- *Período del pronóstico*: es la unidad básica de tiempo para la cual se realiza el pronóstico y depende de la naturaleza del proceso bajo estudio y de la forma como se registran las transacciones en la organización.
- *Horizonte del pronóstico*: Número de períodos en el futuro que será cubierto por el pronóstico. El horizonte de planeación no debe ser menor que el tiempo necesario para implementar la decisión correspondiente.
- *Intervalo del pronóstico*: Es la frecuencia con que el nuevo pronóstico será preparado. A menudo el intervalo del pronóstico es el mismo periodo del pronóstico.

5.1.6 Datos atípicos.

Un dato atípico puede causar un comportamiento no deseado en las primeras etapas del pronóstico. Una forma de controlar esto es identificar los datos atípicos y reemplazarlos por promedios adecuados o, incluso, eliminarlos. En la fase de inicialización del pronóstico se pueden identificar datos atípicos por medio de la estimación del promedio y la desviación estándar de la demanda en forma directa con base en los datos de demanda disponibles (Méndez & López, 2013).

5.1.7 ¿Qué valor de α para los pronósticos de demanda?

Si la variabilidad aleatoria de la serie de tiempo es considerable, es preferible un valor pequeño para la constante de suavización. Para una serie de tiempo con relativamente poca variabilidad, los valores más grandes de la constante de suavización tienen la ventaja de ajustar rápidamente los pronósticos cuando ocurren errores de pronóstico y por ende permiten que el pronóstico reaccione más rápido a las condiciones cambiantes. Aunque inicialmente lo lógico es definir α en el intervalo $0 \leq \alpha \leq 1$, la experiencia ha demostrado que valores de α entre 0,01 y 0,30 son más adecuados. (Méndez & López, 2013).

5.1.8 Indicadores del pronóstico.

La precisión de un pronóstico se mide con base en los errores de pronóstico, los cuales se calculan como la diferencia entre el valor real observado y su pronóstico, calculado en algún período antes, generalmente en un periodo anterior observado. La expresión más común para el cálculo de este error es el siguiente

$$\text{Error del pronóstico: } e_t = X_t - X'_t \quad (27)$$

Donde:

e_t = Error del pronóstico de la demanda para el periodo t

X_t = Valor real u observación de la demanda en el periodo t

X'_t = Pronóstico de la demanda para el periodo t

Otros medidores de variabilidad que han demostrado ser más efectivo que el anterior por cuanto su suma no tiende a cancelarse con signos contrarios, son los siguientes:

$$\text{Error Absoluto: } |e_t| = |X_t - X'_t| \quad (28)$$

$$\text{Error Cuadrático: } e_t^2 = (X_t - X'_t)^2 \quad (29)$$

La MAD está definida como el promedio de los errores absolutos sobre un número de periodos determinado, de la siguiente forma:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - X'_t|}{n} \quad (30)$$

El ECM se define como el promedio de los errores cuadráticos sobre un número determinado de periodos, así:

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - X'_t)^2}{n} \quad (31)$$

Continuaremos con la implementación de lo anterior descrito, primero comprenderemos el tipo de demanda, para hacer cálculo y gráfica de todos los patrones de demanda de los 77 ítems clase A. Al obtener el resultado del patrón le implementaremos su respectivo pronóstico de demanda y obtendremos su error cuadrático medio, que para futuros capítulos nos será de utilidad, todo lo anterior es basado en (Pérez, Mosquera & Bravo, 2012).

5.2 Tipo de demanda centro de distribución.

En la empresa caso de estudio se relaciona con la *demanda independiente* siendo aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa, la demanda de productos terminados acostumbra a ser externa la empresa, en el sentido en que las decisiones de los clientes no son controlables por parte de la empresa.

5.2.1 Calculo patrón de demanda.

Una forma práctica de determinar si una demanda es perpetua o errática constituye en calcular el coeficiente de variación de la distribución de la demanda, definido como:

$$C.V. \text{ de la demanda} = \frac{\text{Desviación estándar de la demanda}}{\text{Demandan promedio}} \quad (32)$$

Si el coeficiente de variación es mayor o igual que 1 (100%), la demanda puede catalogarse como errática. En caso contrario, la demanda puede considerarse estacionaria o perpetua. Obviamente, entre menor sea el coeficiente de variación de la demanda, menor es su grado de aleatoriedad.

Con la formula mencionada y realizando su gráfica para comprender su patrón la cantidad de ítems para cada tipo de demanda son:

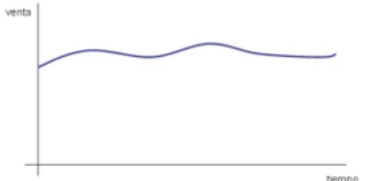
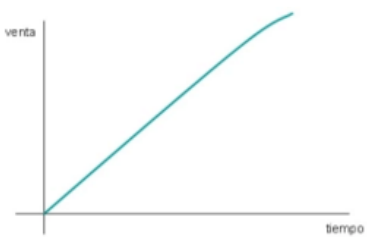
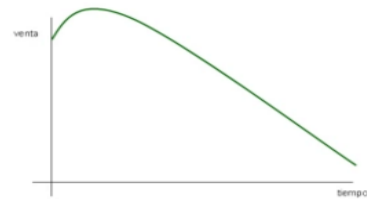
Tabla 8
Cantidad de Ítems Para Cada Tipo de Demanda

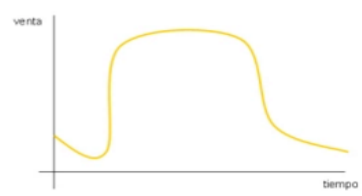
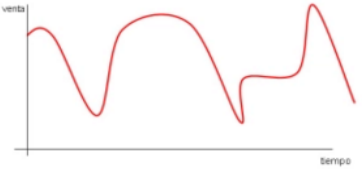
Patrón de demanda	Cantidad de ítems	% de ítems
Uniforme	49	63,62%
Tendencia	14	18,18%
Estacional	7	9,1%
Errática	7	9,1%

Fuente: Elaboración propia

Con lo anterior obtenido nos induce a seleccionar su respectivo modelo de pronóstico en demanda. Para el caso del método de selección para los patrones que contienen 2 modelos es el que posea menor error cuadrático medio. Entonces por medio de su coeficiente de variabilidad y su respectiva gráfica se le asignara su modelo de pronóstico en demanda:

Tabla 9
Modelo y Grafica para Cada Tipo de Demanda

Tipo de demanda	Modelo de pronóstico de demanda	Gráfica
Uniforme, perpetua o estable	Promedio móvil	
Uniforme, perpetua o estable	Suavización exponencial simple	
Tendencia, creciente o decreciente	Suavización exponencial doble	
Tendencia, creciente o decreciente	Regresión lineal	

Estacional, periódica	Winters	
Errática	Croston	

Fuente: *Análisis de la oferta y demanda*. Recuperado de: <https://ucema.edu.ar/>

5.3 Pronósticos de demanda

En esta etapa tenemos los patrones de demanda para todos los productos con el fin de comprender su tendencia central, proseguiremos con la implementación de los pronósticos de demanda.

Antes de comenzar a implementar los pronósticos, identificamos los datos atípicos mediante el cálculo del promedio y la desviación estándar de los datos, si el dato supera el promedio en $\pm 2,5$ desviaciones estándar, entonces se considera atípico y se reemplaza por el promedio, en nuestro caso no se presentaron datos atípicos.

5.3.1 Promedio móvil.

Para la realización de este pronóstico utilizaremos un ejemplo demostrativo para el producto PH FAMILIA FAMILIAR*1 PC24.

Como primer paso seleccionamos un producto que obtuviera el patrón de demanda uniforme, perpetua o estable mediante su coeficiente de variabilidad y su gráfica:

Tabla 10

Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto PH FAMILIA FAMILIAR*1 PC24.

Promedio	Desviación Estandar	Variabilidad
2.691	151	0,056

Fuente: *Elaboración Propia*

De ahí seguimos con la utilización de las fórmulas con anterioridad explicada en el marco teórico del presente capítulo:

Tabla 11

Ejemplo Demostrativo del Promedio Móvil para el Producto PH FAMILIA FAMILIAR*1 PC24

MES	Demanda	Xt	et	e_t^2
SEP	2.650			
OCT	2.375			
NOV	2.932			
DIC	2.799			
ENE	2.698			
FEB	2.702			
MAR	2.814	2.693	121	14.722
ABR	2.595	2.720	125	15.625
MAY	2.610	2.757	-147	21.511
JUN	2.735	2.705	32	1.024

Fuente: Elaboración Propia

ECM	13.220
-----	--------

5.3.2 Suavización Exponencial Simple.

Para la realización de este pronóstico utilizaremos un ejemplo demostrativo para el producto CANDELA SMAT ELECTRONICA DP25 PC40. Su patrón de demanda es uniforme y su coeficiente de variabilidad es:

Tabla 12

Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto CANDELA SMAT ELECTRONICA DP25 PC40

PROMEDIO	DESVIACIÓN	VARIABILIDAD
2.691	151	0,056

Fuente: Elaboración Propia

Continuaremos con la utilización de las fórmulas con anterioridad explicada en el marco teórico del presente capítulo. Los datos del pronóstico obtenido del ejemplo demostrativo es la variable x_t representada a continuación:

Tabla 13

Ejemplo Demostrativo de la Suavización Exponencial Doble para el Producto CANDELA SMAT ELECTRONICA DP25 PC40

MES	Demanda	So	St	Xt	et	e_t^2
SEP	2.650					
OCT	2.375					
NOV	2.932					
DIC	2.799					
ENE	2.698					
FEB	2.702					
MAR	2.814	32.140	32.272	32.140	442	195.511
ABR	2.595		32.036	32.272	-787	620.130
MAY	2.610		32.096	32.036	200	39.905
JUN	2.735		31.274	32.096	-1241	540.495

Fuente: Elaboración Propia

ECM	599.010
-----	---------

Para esta etapa se han realizado los dos pronósticos para demanda uniforme, el método a es la suavización exponencial simple por su menor ECM, siendo los siguientes valores:

Tabla 14

Comparación Error Cuadrático Medio de Promedio Móvil y Suavización Exponencial Simple

Σ ECM Promedio Móvil	Σ ECM Suavización exponencial simple
11.548.115	11.369.697

Fuente: Elaboración Propia

5.3.3 Regresión lineal.

Para la realización de este pronóstico utilizaremos un ejemplo demostrativo para el producto MIRRINGO 500GR PC*20 LB. Su patrón de demanda es con tendencia creciente (mediante la examinación de su gráfica) y su coeficiente de variabilidad es:

Tabla 15

Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto MIRRINGO 500GR PC*20 LB

PROMEDIO	DESVIACIÓN	VARIABILIDAD
19.193	8.690	0,45

Fuente: Elaboración Propia

Proseguiremos con la utilización de las fórmulas con anterioridad explicada en el marco teórico del presente capítulo:

Tabla 16

Ejemplo Demostrativo de la Regresión Lineal para el Producto MIRRINGO 500GR PC*20 LB

MES	Demanda	a	b	x	et	e_t^2
SEP	6.015					
OCT	6.250					
NOV	11.242					
DIC	18.887					
ENE	19.875					
FEB	21.658					
MAR	23.457	9.325	505	12.858	3.028	9.170.226
ABR	25.915	11.263	419	14.612	2.930	8.586.984
MAY	28.972	13.448	370	16.775	2.957	8.743.317
JUN	29.659	15.418	291	18.325	2.616	6.841.641

Fuente: Elaboración Propia

ECM 8.335.542

5.3.4 Suavización exponencial doble.

Para la realización de este pronóstico utilizaremos un ejemplo demostrativo para el producto RINGO CROQUETAS 1KL PC*20. Su patrón de demanda es con tendencia creciente (mediante la examinación de su gráfica) y su coeficiente de variabilidad es:

Tabla 17

Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto RINGO CROQUETAS 1KL PC*20

PROMEDIO	DESVIACIÓN	VARIABILIDAD
15.012	6.905	0,46

Fuente: Elaboración Propia

Como en los anteriores pronósticos de demanda, seguiremos con la utilización de las fórmulas con anterioridad explicada en el marco teórico del presente capítulo. Los datos obtenidos del ejemplo demostrativo son los siguientes:

Tabla 18

Ejemplo demostrativo de la Suavización Exponencial Doble para el Producto RINGO CROQUETAS 1KL PC*20

MES	Demanda	S_t	S_t^2	Pronostico	Et	e_t^2
SEP	5.038					
OCT	5.320					
NOV	8.782					

DIC	13.929					
ENE	14.260					
FEB	16.850					
MAR	18.758	-3.712	-24.778	19.799	-1.041	1.084.097
ABR	19.745	-1.366	-20.326	19.695	50	2.492
MAY	22.361	1.007	-16.057	19.700	2.661	70.805.38
JUN	25.080	3.114	-11.943	19.966	5.114	26.151.310

Fuente: Elaboración Propia

ECM 8.579.609

En esta etapa se han realizado los dos modelos para la demanda con tendencia, el método a seleccionar es la regresión lineal por su menor ECM, siendo los siguientes valores:

Tabla 19

Comparación de Error Cuadrático Medio de Regresión Lineal Y Suavización Exponencial Doble

Σ ECM Regresión lineal	Σ ECM Suavización exponencial doble
14.734.329	16.786.776

Fuente: Elaboración Propia

5.3.5 Holt Winters.

Son para los ítems con demanda estacional y requiere de valores de arranque para $\widehat{a_1(0)}$, $\widehat{b_2(0)}$, y $\widehat{c_1(0)}$, utilizando datos históricos. Para la realización de este pronóstico utilizaremos un ejemplo demostrativo para el producto LAPIC KILOM 100 NEGRO DP12 PC48 con demanda estacional (mediante el análisis de su gráfica), su coeficiente de variabilidad es:

Tabla 20

Ejemplo Demostrativo del Coeficiente de Variabilidad del Producto LAPIC KILOM 100 NEGRO DP12 PC48

PROMEDIO	DESVIACIÓN	VARIABILIDAD
7.848	7.547	0,96

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se representa los resultados del pronóstico implementado del ejemplo demostrativo mediante las formulas explicadas en el marco teórico:

Tabla 21

Ejemplo Demostrativo de Holt Winter para el Producto LAPIC KILOM 100 NEGRO DP12 PC48

MES	Demanda	Pronostico	et	e_t^2
SEP	2.014			
OCT	2.166			
NOV	8.665			
DIC	25.120			
ENE	15.420			
FEB	9.250			
MAR	3.120	1.565	1.555	241.8216
ABR	1.985	1.923	62	3.816
MAY	2.285	9.656	-7.371	54.331.019
JUN	8.450	43.928	-35.478	1.258.660.808

Fuente: Elaboración Propia

ECM 3.288.53.464

Se tiene todos los pronósticos de demanda realizados, proseguiremos con la optimización para la obtención del mínimo error cuadrático medio.

5.4 Optimización de los modelos.

Se aplicó el método original y uno modificado en mediante la optimización por sus tendencias firmes, con el fin de seleccionar los métodos de pronósticos apropiados para cada patrón de demanda. Se simularon los 6 métodos antes mencionados, concluyendo que el tipo de información disponible provee las bases para la selección del método.

5.4.1 Optimización del promedio móvil.

Para encontrar el mejor N para el promedio móvil se varía de N=2 hasta N=10 con el fin de encontrar el N que minimice la desviación estándar del ECM, obteniéndose como resultado N=7.

5.4.2 Optimización suavización exponencial simple.

Con el horizonte establecido con el promedio móvil, el pronóstico semilla que se utiliza es el promedio móvil con N = 7, se plantea minimizar el ECM con el fin de variar la constante alfa con centésimas de precisión con el fin de evitar mínimos locales al optimizar con Solver. Los resultados obtenidos fueron de alfa=0,01.

5.4.3 Optimización regresión lineal.

De igual manera como en el caso del promedio móvil, se buscará el N óptimo variándose desde la variable $N=2$ hasta $N=10$ con el fin de encontrar el N que minimice el ECM, dando como resultado final $N=8$.

5.4.4 Optimización suavización exponencial doble.

Igualmente, a lo realizado con la suavización exponencial simple, el horizonte establecido con el promedio móvil, con $N = 7$. La optimización se diseñó con el fin de variar la constante alfa con centésimas de precisión con el fin de evitar mínimos locales al optimizar con Solver. Los resultados obtenidos fueron de $\alpha=0,3$ y $\beta=0,7$.

5.4.5 Optimización Winters.

Como se ha realizado en los anteriores casos, se varió la constante alfa con centésimas de precisión con el fin optimizarlo con Solver. Los resultados obtenidos fueron de $\alpha=0,3$ $\beta=0,01$ y $\gamma=0.3$.

Con la optimización realizada, se representará en la siguiente tabla el resumen de la cantidad de producto pronosticado en los últimos cuatro periodos por cada modelo de pronóstico de demanda:

Tabla 22

Cantidad de Demanda Pronosticada para los Ítems Clase A Según su Tipo de Demanda.

Pronóstico de demanda	Σ Cantidad de producto pronosticada (optima)
Promedio móvil	980.903
Suavización exponencial simple	980.363
Regresión lineal	134.621
Suavización exponencial doble	316.684
Winters	149.596

Fuente: Elaboración Propia

Los métodos a seleccionar para la demanda uniforme es la suavización exponencial simple, para la demanda con tendencia se utilizará la regresión lineal y por último la demanda estacional el método de Winters. Para la siguiente etapa de la investigación se prevé utilizar los datos con anterioridad pronosticados con el fin de obtener el inventario de seguridad.

6 CAPÍTULO 3

6.1 Marco teórico capítulo 3.

Para esta etapa de la investigación tenemos diferenciados los tipos y patrones de demandas existentes, para cada patrón de demanda se le asigno su respectivo pronóstico de demanda, con las cantidades en demanda pronosticadas y optimizadas seguiremos con la búsqueda y selección el modelo de gestión en inventario que más se ajuste a los requerimientos que se presenta en el caso de estudio para los ítems clase A. Como primera parte indagaremos sobre los modelos de inventarios a nivel general para terminar adentrándonos con la selección de aquellos que se asocian a la situación actual.

6.1.1 Gestión de inventarios.

Es el proceso de administración y control de los inventarios. Comprende la planeación, ejecución y administración de los modelos definidos de inventarios del cual se requiere saber cuánto, cuándo y qué niveles de productos se deben mantener para cumplir con un servicio deseado, dicho modelo está alimentado por políticas de existencias, por lo que debe ser controlado permanentemente.

6.1.2 Modelos de inventarios.

Los modelos de inventarios son métodos que ayudan a reducir o minimizar los niveles de inventario requeridos en la producción. El objetivo primordial del control de inventario es tener la cantidad apropiada de materia prima u otros materiales y productos terminados en el lugar adecuado, en el tiempo oportuno y con el menor costo posible. Los siguientes modelos son los preseleccionados para la investigación:

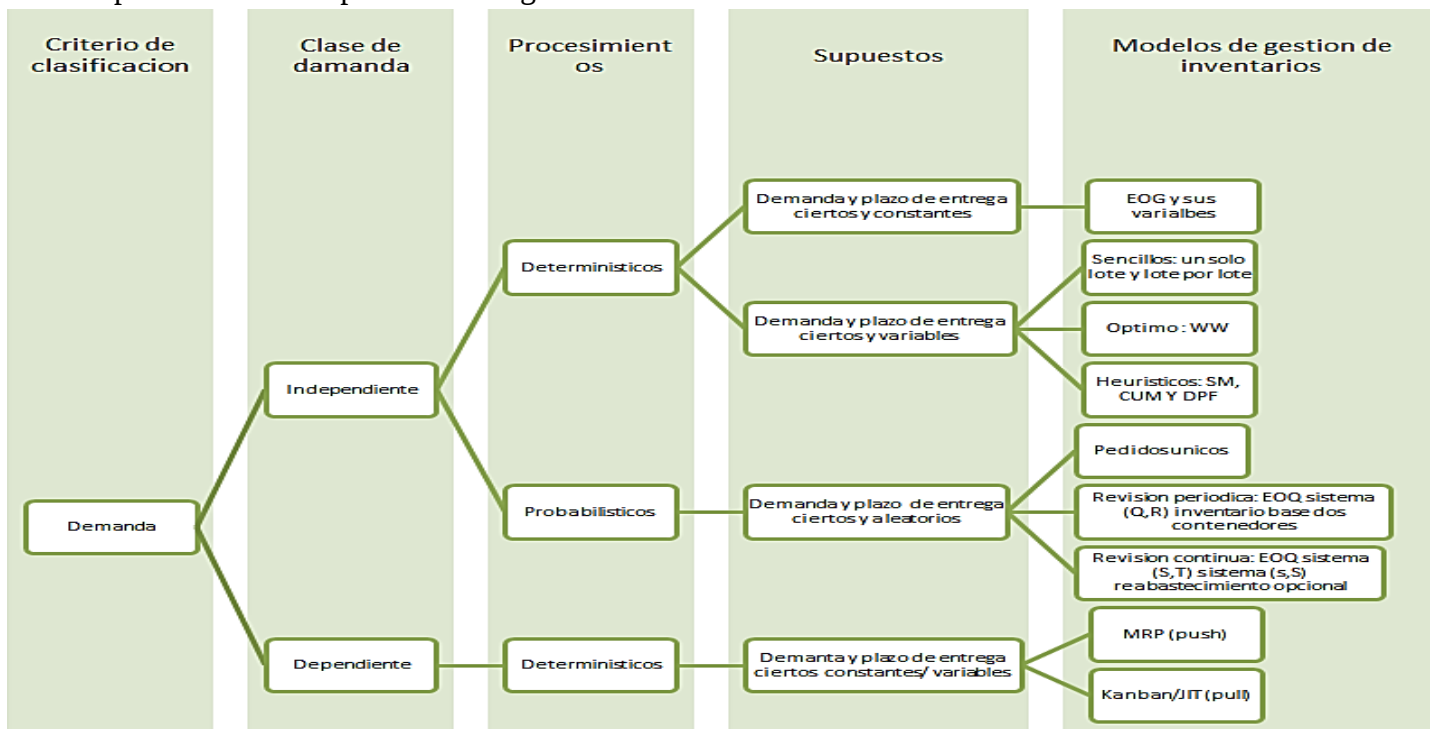


Figura 1 Modelos de Gestión de Inventarios. Flores & Parra, 2012

6.1.3 Modelo de medición del impacto financiero del mantenimiento de inventario de suministros

Este modelo se plantea con el propósito de determinar una política adecuada de inventario, bajo la perspectiva financiera, en aras de establecer aquella cuyo costo sea mínimo, pero garantizando un nivel de riesgo aceptable desde el punto de vista de la empresa. En primera instancia se determinaron los elementos que serían objeto de estudio, tomando una muestra representativa, cuyo primer criterio de priorización fue el valor del inventario y debido a la escasez de datos históricos se utilizó como segundo criterio la rotación del inventario, con el fin de poder determinar patrones de comportamiento de la demanda. (Ramírez & Manotas, 2014)

El propósito de este modelo es evaluar el costo presente equivalente generado por la decisión de tener cierto nivel de inventario en un ítem dado, y así poder evaluar el valor en riesgo de la inversión en capital de trabajo. Adicionalmente, pretende dar una medición, a través del uso de los indicadores financieros, este impacto financiero se representa en base a las reducciones en los niveles de inventario por la adopción de nuevas políticas.

6.1.4 Un modelo de clasificación de inventarios para incrementar el nivel de servicio al cliente y la rentabilidad de la empresa.

El modelo para la selección estratégica del modelo de producción más adecuado, evaluando el entorno producto-mercado. Proponiendo los siguientes cuatro estados:

Estado I: El centro de distribución considera que su organización debe ser internamente neutral, que su papel es simplemente "hacer las cosas".

Estado II: El centro de distribución mira hacia el exterior y consideran que su proceso de control de inventario debe ser neutral y que solo sea capaz de cumplir las normas impuestas por sus principales competidores.

Estado III: El centro de distribución tiene una organización en la cual sus procesos de control de inventario son desarrollados internamente, con una adecuada coordinación de conjunto en las decisiones estructurales y de infraestructura a la medida de sus estrategias competitivas específicas.

Estado IV: Los procesos de control de inventario se deben articular su estrategia con la estrategia de su respectiva organización; es decir, ésta debe jugar un papel clave para lograr una ventaja sobre sus competidores.

6.1.5 Modelo dinámica de sistemas.

Se indaga un modelo de dinámica de sistemas que se aproxima al comportamiento inicial del sistema, de manera que se puedan establecer políticas de planeación de inventarios que mejoren la operación del centro de distribución, facilitando la toma de decisiones y evaluando el impacto que tienen las variables del sistema a partir del planteamiento de escenarios (Martínez & Oquendo, 2013).

Con el fin de entender la dinámica del sistema propuesto, se plantean seis variables principales que cambian en el tiempo:

- **Variables endógenas:** Inventario, costos totales, Utilidad, Nivel de Servicio e Ingresos.
- **Variables exógenas:** Demanda. En el gráfico, se representa la relación existente entre ellas y los bucles de retroalimentación existentes en el sistema.



Figura 2 Variables Endógenas. Se obtuvo de Software Vensim PLE ®

De la hipótesis dinámica, se derivan las principales relaciones causales consideradas para el modelamiento:

- A mayor nivel de inventarios mayor nivel de servicio.
- A mayor nivel de servicio mayor demanda.
- A mayor nivel de inventario mayores costos.
- A mayores utilidades mayor nivel de inventario.

En la siguiente figura se observa el Diagrama de Forrester planteado para representar el sistema actual, donde se relacionaron las variables influyentes y se establecieron conexiones causales, basadas en el sistema real y su funcionamiento:

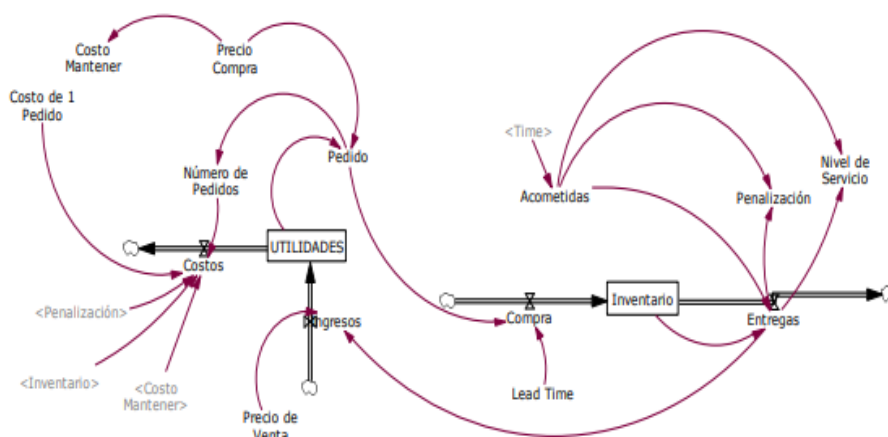


Figura 3 Diagrama de Forrester. Se obtuvo de Software Vensim PLE ®

La simulación dinámica fue una herramienta clave para el modelamiento del sistema, permitiendo visualizar diferentes realidades a partir del planteamiento de escenarios, para así encontrar las variables que son claves para la planeación y gestión, y generar políticas enfocadas al control de las mismas.

6.1.6 Algoritmo de Silver Meal.

Es un método heurístico que define el tiempo y la cantidad de pedido en función del costo promedio del periodo, el que incluye los costos de hacer nuevos pedidos y mantener el inventario (Taha, 2004). El algoritmo no prevé el costo de faltantes, ni la inclusión de descuentos por comprar mayor volumen, hecho que en este trabajo sí se considera.

En este caso se decidió implementar en todos los ítems independientemente de su variabilidad, para con esto evaluar la efectividad de cada método y elegir el que genere un menor costo total.

El costo promedio de hacer un pedido en el periodo m se obtiene con la ecuación siguiente:

$$Costo_m = \frac{1}{m} [Cp + Ca(D_1 + D_2 + \dots + D_m) + CaM(D_{m-1} + 2D_{m-2} + \dots + (m-1)D_1)] \quad (33)$$

Donde:

$Costo_m$ = Costo promedio del inventario en el periodo m , \$/periodo

D_i = Demanda de artículos en el periodo i , artículos/periodo

El costo anual será la suma de los costos de los periodos resultantes en el año.

- CM: Costo de mantener inventario por lote de producción
- H: Costo de mantener inventario por unidad
- CT: Costo total
- CTUT: Costo total por unidad de tiempo $((CM + H) / T)$

De tal forma que:

El costo total para el periodo 1 es igual al costo de ordenar un lote de producción, ya que no se genera inventario, y por ende, tampoco costo de mantenimiento.

$$CT(1) = S \quad (34)$$

El costo total para el periodo 2 es igual al costo de pedido más el costo de mantenimiento del inventario, multiplicado por la cantidad de unidades.

$$CT(2) = S + (H * T_1 * D) \quad (35)$$

$$CTUT = (S + (H * T_1 * D)) / T \quad (36)$$

Para los periodos siguientes (3, 4, 5,...), se efectúa la fórmula general:

$$CT(j) = S + (H * T_j - 1 * D) \quad (37)$$

J= Periodo a analizar

La búsqueda de T óptima continua hasta que CT(T) sea mayor que CT (T-1). Una vez el CT(j) sea mayor que CT(j -1), se detiene el proceso y se inicia nuevamente con T = 1.

Con los ítems clase A se procede a aplicar el algoritmo Silver Meal, para ello se necesita tener los datos de demanda, estos fueron proporcionados por el centro de distribución.

6.1.7 Modelo de planeación de inventarios.

Para el desarrollo y análisis del sistema de planeación de inventarios, se partió de un modelo teórico que permitió el análisis de las diferentes variables y la posterior definición de políticas, el cual está fundamentado en la expresión:

$$f(I_t) \begin{cases} D_t > I_t; & F_t = D_t - (Q_t + SS), I_t = 0 \\ D_t \leq I_t; & F_t = 0, I_t = I_{t-1} + (Q_t + SS) - D_t \end{cases}$$

Donde:

I_t: Es el nivel de inventario en el periodo t

I_{t-1}: Es el remante de inventario del periodo anterior a t

Q_t: Es el pedido para el periodo t

SS: Es el stock de seguridad **F_t** Es el faltante en el periodo t

D_t: Es la demanda esperada del periodo t.

De acuerdo con la formula anterior, la estructura de costos del modelo, estará dada por la ecuación:

$$CT = (h * NS) + \left(S * \frac{D_t + SS}{Q_t + SS} \right) + (D_t - (Q_t + SS)) * (C_f * (1 - NS) + (CC * (Q_t + SS))) \quad (38)$$

Siendo:

CT: Igual al costo total

Cc: Igual al costo de compra del producto

Q_t: Igual al pedido para el periodo t

h: Igual al costo unitario de mantenimiento de inventario

S: Igual al costo de realizar un pedido

D_t / Q_t: Igual al número de pedidos realizados en el periodo t

SS: Igual al stock de seguridad

D_t: Es la demanda esperada del periodo t

C_f: Igual al costo de faltante

NS: Igual al nivel de servicio.

6.1.8 Modelo EOQ

El modelo EOQ a manera de síntesis es cuándo el nivel de inventario llegue al punto para un nuevo pedido (Punto de reorden), se coloca el pedido, de tamaño igual a $EOQ = Q$ (óptima).

6.1.8.1 Parámetros

A = El costo fijo de alistamiento u ordenamiento [\$/orden]. Este costo se calcula a través de los siguientes gastos efectuados en la orden:

- Mano de obra utilizada para emisiones y procesamiento de los pedidos.
- Materiales utilizados en la confederación del pedido (formularios, papel, sobres, entre otros).
- Costos indirectos: gastos efectuados indirectamente (luz, teléfono, fax, gastos de oficina, entre otras).

D = La tasa de demanda del ítem [unidades/año].

r = El costo de mantener el inventario [%/año o $\$/(\$ \cdot \text{año})$]. Los costos de mantener inventarios están asociados con la cantidad del stock almacenado. Los costos de mantener inventarios se componen de:

- Almacenamiento.
- Obsolescencia.
- Hurto.
- Daño.
- Seguro.
- Impuesto.
- Administración y otros.

Este coste total se expresa a menudo como un porcentaje de la inversión total en el inventario para facilitar la comparación con el tiempo a través de las empresas.

- v = El valor unitario del ítem [\$/unidad].

6.1.8.2 Variable de decisión

- Q = Tamaño del pedido o de la orden [unidades]. Esta ecuación es necesaria para controlar la cantidad de unidades a comprar teniendo en cuenta su demanda, su costo de ordenar y su costo de mantener.

6.1.8.3 Función objetivo

- $CTR(Q)$ = El costo total relevante en función del tamaño de pedido Q [\$/año]

Por lo tanto, el número de pedidos que se realiza en un año es igual a D/Q y su costo anual asociado se obtiene multiplicando por el costo fijo por pedido A . Así, el costo total relevante anual, en función de Q , vendría dado por:

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \frac{Q}{2}vr \quad (39)$$

El término AD/Q representa el costo anual de ordenamiento o reposición, bien sea de ordenamiento o de alistamiento, mientras que el término $Qvr/2$ es el costo anual de mantenimiento del inventario. Fácilmente se puede encontrar el tamaño económico de pedido EOQ derivando la función de costo con respecto de Q e igualando a cero, obteniéndose:

$$EOP = EOQ * \frac{1}{\sqrt{1-\frac{D}{p}}} = \sqrt{\frac{2AD}{vr(1-\frac{D}{p})}} \quad (40)$$

Nota: las unidades de tiempo que contienen los parámetros r y D deben ser consistentes para la correcta aplicación. De acuerdo con nuestra notación, D vendría expresada en unidades/año y r en % anual; si este no es el caso, deberían modificarse las unidades de tiempo de uno de ellos para que coincidan. En nuestro caso es mensual.

6.1.9 Sistemas de revisión

Cuando un ítem se revisa en forma continua significa que los niveles de inventario son revisados inmediatamente después de que tienen lugar las transacciones. Se puede expresar la solución del problema general de inventarios como:

- a) *Caso revisión continua:* cuándo el nivel de inventario llegue al punto para un nuevo pedido (Punto de reorden), se coloca el pedido, de tamaño igual a $EOQ = Q$ (óptima).
- b) *Caso revisión periódica:* Recepción de nuevo pedido de la cantidad especificada por EOQ en intervalos de tiempo.

6.1.9.1 Sistema continuo (s, Q)

En este sistema, cada vez que el inventario efectivo es igual o menor al punto de reorden s , se ordena una cantidad fija Q . Este sistema funciona adecuadamente siempre y cuando no exista más de un pedido de reposición pendiente en cualquier instante de tiempo. Obviamente, el sistema puede utilizarse ajustando la cantidad a pedir, Q , hasta que ésta sea considerablemente mayor que la demanda promedio durante el tiempo de reposición.

Se describirá las variables asociadas en el modelo.

Notación

- L = Tiempo de reposición. Lead time o tiempo de entrega es la cantidad de tiempo que transcurre entre la emisión del pedido y la disponibilidad renovada de los artículos ordenados una vez recibidos.
- Q = Tamaño del pedido, en unidades (EOQ).
- r = Tasa del costo de mantenimiento del inventario, en %/año. Se genera por la manutención de los artículos inventariados y los requerimientos que se necesitan para mantener adecuadamente al inventario. Su procedimiento se ha demostrado con anterioridad.
- s = Punto de reorden, en unidades. El nivel de inventario efectivo para el cual debe emitirse una nueva orden.
- IS = Inventario de seguridad, en unidades. Se utiliza cuando la cantidad de artículos predeterminados están llegando al punto de escasez y tiene como fin satisfacer la demanda cuando los valores presentan cambios por encima de lo esperado.
- D = Rata de demanda, en unidades/Año. Son aquellos costos que son proporcionales al volumen del inventario que se mantiene, por lo tanto, este comprende los costos de servicio del inventario, el costo del espacio utilizado, los costos de capital y los costos de riesgo del inventario.
- k = Factor de seguridad que depende del nivel de confianza con que se desee el intervalo.
- v = Valor unitario del ítem, en \$/unidad.
- A = El costo fijo de alistamiento u ordenamiento [\$/orden]. Calculado con anterioridad en el modelo EOQ.
- X_L = Estimación de la demanda esperada sobre el tiempo de reposición L , en unidades.
- σ_L = Estimación de la desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición L , en unidades.

Los tipos de sistemas de revisión continua (s, Q) que se abordara en la investigación son:

6.1.9.1.1 El costo de faltante o de bajo inventario (B)

Este costo se ocasiona cuando se recibe una orden y el inventario disponible no es suficiente para cubrirla. Los principales tipos de costos de faltantes y sus respectivas probabilidades son los siguientes: Costo especificado ($B1$) por cada ocasión en la que ocurren faltantes, costo especificado ($B2v$) por cada unidad de faltante, costo especificado ($B3v$) por cada unidad de faltante por unidad de tiempo, probabilidad especificada ($P1$) y fracción o proporción especificada ($P2$).

6.2 Búsqueda y selección del modelo.

Para este parte tenemos clasificados los productos que utilizaremos a lo largo de la investigación. Estos productos fueron seleccionados por su mayor puntuación obtenida en la clasificación ABC Multicriterio, de esta manera continuaremos con establecer los modelos de gestión en inventario que sean los más indicados a los factores que se relacionan con las

dificultades del centro de distribución, a través de una revisión bibliográfica en libros, revistas, artículos, trabajos de grado, entre otros.

Como primera parte seleccionaremos los modelos acordes a la situación actual del centro de distribución.

6.3 Métodos seleccionados.

En la construcción de este trabajo se decidió ejecutar las dos técnicas EOQ y el algoritmo de SILVER MEAL con el fin de evaluar y comparar la que genere menor costo total relevante al centro de distribución. En la siguiente tabla se resumen los criterios de selección de ambos métodos con el cual nos permitió implementar los más adecuados para la presente investigación:

Tabla 23
Comparación de Métodos Seleccionados

EOQ	Algoritmo de Silver Meal
Permite mantener los niveles de inventario suficientes para satisfacer la demanda de los clientes	Aporta las soluciones económicamente más eficientes
Demuestra ser eficiente, a pesar de que se basa en estimaciones y predicciones, lo que significa que proporciona excelentes resultados	Define el tiempo y la cantidad de pedido en función del costo promedio del periodo
Minimiza los costos de almacenamiento y mantenimiento	También incluye los costos de hacer nuevos pedidos y mantener el inventario
Proporciona números específicos para la empresa con respecto a cuánto inventario retener, cuándo reordenar y cuántos artículos ordenar.	El algoritmo inicia calculando el costo del primer periodo y prosigue con los periodos siguientes
Mejor utilización de los recursos del centro de distribución.	Hasta que el costo promedio del último periodo sea superior al inmediato anterior, lo que indica que el costo del penúltimo periodo ha resultado el mínimo.

Fuente: Elaboración Propia

Al tener los respectivos métodos seleccionados procederemos a implementar dichos métodos, mediante los datos recogidos del pronóstico de demanda con anterioridad realizados para cada tipo de demanda y obtener de esta manera el cálculo del inventario de seguridad.

6.4 Resolución de modelos

Proseguiremos en diseñar la herramienta propuesta, teniendo en cuenta los requerimientos de la empresa y la información recolectada sobre la metodología a utilizar.

En esta etapa se tienen todos los datos requeridos para proseguir con la implementación de los modelos. Como primera parte realizaremos el modelo EOQ, para continuar con la utilización

de los tipos de sistemas de revisión continua (s,Q) para la obtención del punto de re-orden y el inventario de seguridad mediante el uso de los datos recolectados y la demanda con anterioridad pronosticada, para culminar comparando los resultados del EOQ y el algoritmo silver meal con anterioridad explicados, con el fin de seleccionar el que posea menor costo total relevante.

Los modelos EOQ y el sistema de revisión continua (s,Q) se seleccionaron debido a que gracias al supuesto de que todos los parámetros son estacionarios y que no varían significativamente con el tiempo ya que la demanda es determinística, nos permite asumir que el tiempo de reposición es igual a cero y que no se incluyen órdenes pendientes, se concluye que lo mejor es ordenar cuando el inventario disponible alcance el nivel cero en el caso del EOQ. Para el sistema (s,Q) los pedidos se realizan cuando el nivel de inventario efectivo es exactamente igual al punto de re-orden s para las situaciones en donde se desee analizar posibles escenarios con demanda probabilística.

6.4.1 Modelo EOQ.

Para la realización de este modelo utilizaremos un ejemplo demostrativo con el producto ARIEL P400LL450GR** PC24.

El primer paso de esta metodología es la recolección de la información requerida explicada con anterioridad. Al obtener los datos seguimos con el cálculo tanto del costo fijo por ordenar como del costo de mantener inventario para culminar con la obtención de la cantidad optima de pedido con su costo total relevante asociado.

- Costo fijo por ordenar: Para la obtención de este dato es la sumatoria de los costos de mano de obra, materiales y costos indirectos.

Para el ejemplo demostrativo el costo fijo por ordenar es:

Tabla 24

Ejemplo Demostrativo Costo Fijo de Ordenar del Producto ARIEL P400LL450GR PC24**

COSTO MANO DE OBRA	(+) COSTO DE MATERIALES	(+) COSTOS INDIRECTOS	= COSTO FIJO POR ORDENAR
\$941.994	\$418.664	\$732.662	\$2.093.320

Fuente: Elaboración Propia

Costo de mantener inventario: Los parámetros asociados a este costo son según Timme y Willians (2013)

Tabla 25

Parámetros para Costo de Mantener Inventario

Costo total de mantener inventario=	Costo mantener inventario ARIEL P400LL450GR** PC24
Almacenamiento	0,40%

+ Obsolescencia	0,13%
+ Hurto	0,16%
+ Daño	0,08%
+ Seguro	0,23%
+ Impuesto	0,29%
+ Administración y otros	0,26%
= Costo inventario al año	1,54%

Fuente: *The Real Cost of Holding Inventory*. Timme y Willians (2013)

En la siguiente tabla se representa los otros datos a utilizar para el ejemplo demostrativo el cual fueron recolectados en las entrevistas no estructuradas:

Tabla 26

Datos del ejemplo demostrativo para la Realización del Modelo EOQ

Demanda	12.385
Valor unitario	\$4.410
Costo fijo por ordenar	\$2.093.320
Costo mantener inventario [%/Año]	0,01542

Fuente: *Elaboración Propia*

Para culminar con el modelo con la obtención del tamaño del pedido y su costo total relevante asociado mediante las fórmulas explicadas en el marco teórico:

Tabla 27

Costo Total Relevante del Ejemplo Demostrativo

EOQ [Q*]	CTR
27.610	\$1.878.030

Fuente: *Elaboración Propia*

En esta etapa de la investigación, poseemos todos los datos requeridos para implementar el sistema de revisión continua (s,Q), el cual consiste en que tan pronto el inventario efectivo llega al nivel de reorden s, se emite un pedido por la cantidad Q.

Primero explicaremos las variables asociados al método y luego los pasos que realizamos para obtener los respectivos resultado en los tres tipos de revisión continua (s,Q).

6.4.2 Sistema de revisión continua (s,Q).

6.4.2.1 Sistema de control de inventarios (s,Q) con fracción estimada P1 de no ocurrencia de faltantes por ciclo de reposición.

A manera de ejemplo con los datos obtenidos y tomando como referencia a unas de las líneas relevantes del centro de distribución como lo es la comida para mascotas del producto RINGO CROQUETAS 1KL PC*20. Los pasos a seguir en la metodología son:

El primer paso es seleccionar el factor de seguridad k de tal forma que sea por lo menos igual al mínimo establecido por la administración:

$$P_z(K) = 1 - P1 \quad (41)$$

Ejemplo demostrativo:

$$P_z(K) = 1 - 0.935 = 0.065$$

Pz [K]	0,065
---------------	-------

Con el resultado obtenido nos dirigimos a la tabla de las principales funciones de la distribución normal unitaria para obtener el valor de k. Seguimos con el segundo paso que es la obtención del valor del inventario de seguridad, este inventario es un excedente de inventario que protege contra la incertidumbre de la demanda, el tiempo de espera y los cambios en el abastecimiento. Se calcula mediante la fórmula:

$$Ss = K\sigma_L \quad (42)$$

Ejemplo demostrativo:

$$Ss = 1,64 * (482 * \sqrt{2})$$

Inventario de seguridad [Ss]	1.117
-------------------------------------	-------

Continuando con la metodología, el tercer paso a seguir es obtener el punto de reorden mediante la siguiente fórmula:

$$s = x_L + IS = x_L + k * \sigma_L = x_L + k * \sigma_1 \sqrt{L} \quad (43)$$

Ejemplo demostrativo:

$$s = x_L + IS = x_L + k * \sigma_L = 3.559 + 1.117$$

Punto de reorden [S]	4.676
-----------------------------	-------

El cuarto paso es la obtención el nivel de servicio **P2** se calcula de la siguiente manera:

$$P_2 = 1 - \frac{\sigma_L * G_Z(K)}{Q} \quad (44)$$

Ejemplo demostrativo:

$$P_2 = 1 - \frac{(482 * \sqrt{2}) * 0.021}{12.064}$$

Gz [K]	0,021
P2	0,9991

Por último, paso es calcular el costo total relevante para esta política está dado por la fórmula:

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k\sigma_L \right) vr + \frac{D}{Q} (B_2 v) * \sigma_L * G_Z(k) \quad (45)$$

Su demanda promedio es de alrededor de 9.344 mensual, con una cantidad optima de pedido de 12.064, con inventario de seguridad de seguridad de 1.117, con un punto de Reorden de 28.734 y con un costo total relevante de \$3.321.953. Estos datos se demuestran a continuación mediante la utilización de las fórmulas y el paso a paso con anterioridad explicado:

$$CTR = \frac{(716.366 * 2.568)}{16.866} + \left(\frac{16.866}{2} + 1,64 * (482 * \sqrt{2}) \right) * (2.450 * 0,00528) + \frac{2.568}{16.866} (0.12 * 2.450) * (482 * \sqrt{2}) * 0.021$$

Fracción estimada costo faltante [B2]	0,12
Costo total relevante	\$ 3.321.953

6.4.2.2 Sistema de control de inventarios (s,Q) con fracción estimada B2 del costo de faltantes.

A manera de ejemplo con los datos obtenidos y tomando como referencia a la línea de aseo personal seleccionando el producto PH FLIA MEGA ACOLCH T.H*1 PC24 por su moderada demanda

Regla de decisión: Si el resultado de la fórmula es menor que 1 entonces dicho valor se tomará como (Probabilidad de que la normal unitaria $z - N(0,1)$ tome un valor mayor o igual que K), de lo contrario se le asignará un valor a K (Factor de seguridad) según lo especificado por la administración.

$$\frac{Qr}{DB_2} \quad (46)$$

El primer paso es calcular el factor de seguridad k , este factor se calcula en Excel con la fórmula de distribución normal estándar invertida donde:

$$K = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV}(P_z(K))$$

Ejemplo demostrativo:

P1	0,97
Pz [K]	0,03
K	1,88

Continuamos con el segundo paso para la obtención del punto de reorden:

$$s = DL + K\sigma_L \quad (47)$$

Ejemplo demostrativo:

$$s = (3.592 * 2) + (1.88 * (147 * \sqrt{2}))$$

Inventario Seguridad	390
Punto de re-orden	75.734

Continuamos con el tercer paso que es la obtención del nivel de servicio P_2 mediante el $G_Z(K)$:

$$G_Z(K) = \frac{1}{RAIZ(2\pi)} * EXP\left(-K * \frac{K}{2}\right) - K * (1 - \text{DISTR.NORM.ESTAND}(K)) \quad (48)$$

$$P_2 = 1 - \frac{\sigma_L * G_Z(K)}{Q} \quad (49)$$

Ejemplo demostrativo:

$$G_Z(K) = \frac{1}{RAIZ(2\pi)} * EXP\left(-1,88 * \frac{1,88}{2}\right) - 1,88 * (1 - \text{DISTR.NORM.ESTAND}(1,88))$$

$$(50)$$

$$P_2 = 1 - \frac{(147 * \sqrt{2}) * 2,226}{2.879}$$

Gz [K]	2,226
P2	0,839

Por terminar con el cálculo del costo total relevante (CTR):

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k\sigma_L \right) vr + \frac{D}{Q} (B_2 v) * \sigma_L * G_Z(k) \quad (51)$$

Su demanda promedio es de alrededor de 3.683 mensual, con una cantidad optima de pedido de 2.879, con un inventario de seguridad de 390, con un punto de Reorden de 75.734 y con un costo total relevante de \$2.855.439. Estos datos se demuestran a continuación mediante la utilización de las fórmulas y el paso a paso con anterioridad explicado:

Tabla 28

Resultado del Costo Total Relevante para el Ejemplo Demostrativo PH FLIA MEGA ACOLCH T.H*1 PC24

Demanda	3.683
Q	2.879
A	\$ 768.674
D	3.592
v	11.760
r	0,0566
Fracción estimada costo faltante [B2]	0,10
Costo total relevante	\$ 2.855.439

Fuente: Elaboración Propia

6.4.2.3 Determinación simultánea de s y Q en un sistema de control de inventarios (s,Q) con costo de faltantes B2 conocido.

A manera de ejemplo con los datos obtenidos y por último tomando como referencia a unas de las líneas relevantes siendo la papelería seleccionado el producto del LAPIC KILOM 100 NEGRO DP12 PC48. El primer paso es encontrar la probabilidad de que no ocurran faltantes:

$$P_1 = 1 - \frac{Qr}{DB_Z} \quad (52)$$

Ejemplo demostrativo:

$$P_1 = 1 - \frac{(70.143 * 0.00603)}{(12.688 * 0,48)}$$

P1	0,9305
Pz [K]	0,0695

Con el valor de P1 y con ayuda de una hoja de cálculo de Excel, se halla el valor de K y $G_z(k)$

Ejemplo demostrativo:

Gz [K]	0,0293
K	1,5

Como segundo paso calcularemos la nueva cantidad económica a producir

$$EOP = \sqrt{\frac{2D (A + (B_z v) \sigma_L G_z(K))}{vr(1 - \frac{D}{p})}} \quad (53)$$

Ejemplo demostrativo:

$$EOP = \sqrt{\frac{2 * 21.688 (819.726 + (0.08 * 700) * (1,50 * (22.128 * 2)) * 0.0293)}{700 * 0,00604(1 - \frac{12.688}{0,01208})}}$$

EOP [Q*]	72.308
----------	--------

Siguiendo el tercer paso calcularemos el punto de re-orden:

$$s = DL + K\sigma_L \quad (54)$$

Ejemplo demostrativo:

$$s = (12.688 * 2) + 1,50 * (22.128 * 2)$$

Inventario de seguridad	46.940
Punto de re-orden	72.316

Para terminar con la obtención del costo total relevante (CTR), siendo este costo para esta política está dado por la siguiente fórmula

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k\sigma_L\right) vr + \frac{D}{Q} (B_z v) * \sigma_L * G_z(k) \quad (55)$$

Su demanda promedio es de alrededor de 12.688 mensual, con una cantidad optima de pedido de 72.308, con un inventario de seguridad de 46.940, con un punto de Reorden de 72.316 y con un costo total relevante de \$504.036; una vez el inventario efectivo se acerca al inventario de seguridad se debe realizar el pedido. Estos datos se demuestran a continuación mediante la utilización de las fórmulas y el paso a paso con anterioridad explicado:

Tabla 29

Resultado del Costo Total Relevante para el Ejemplo Demostrativo LAPIC KILOM 100 NEGRO DP12 PC48

Q	70.143
A	\$ 819.276
v	700
r	0,00603
B2	0,08
Costo Total Relevante	\$ 504.036

Fuente: Elaboración propia

Realizando el contraste de la forma como se gestiona actualmente este artículo se presenta un aumento del 42% del CTR de la política actual, por lo que la cantidad de inventario que tiene establecida la compañía no es muy similar a la calculada. Esto se presenta debido a que la política de la empresa está por debajo de la política calcula y de acuerdo a la naturaleza del ítem, es muy costoso mantener este artículo en inventario. Sin embargo, con la política que se propone se estaría abarcando los posibles faltantes y cumpliendo con las cantidades requeridas.

6.4.3 Algoritmo de Silver Meal

El algoritmo inicia calculando el costo del primer periodo y prosigue con los periodos siguientes, hasta que el costo promedio del último periodo sea superior al inmediato anterior, lo que indica que el costo del penúltimo periodo ha resultado el mínimo.

A manera de ejemplo con los datos obtenidos en la investigación y tomando como referencia a en la línea de medicamentos, seleccionando el producto IBUPROFENO MK 800MG DP*30 PC84 de sus datos de inicialización son:

Datos inicialización:

- Demanda: 951
- Costo de ordenar: \$1.911.359
- Costo de mantener por lote: \$1.611.678
- Costo de mantener inventario por unidad: 0,148083

A continuación, se demuestra los resultados obtenidos en la implementación del presente algoritmo:

- Costo total por unidad de tiempo [Periodo 1]: \$ 1.611.678
- Costo total [1]: \$ 1.911.359

- Costo total [2]: \$ 1.911.627
- **Costo total [3]: \$ 1.911.493**
- Costo total [4]: \$ 1.911.627

De esta manera como lo indica la literatura el periodo que minimiza el costo total para los ítems clase A es el periodo 3, siendo un costo total de \$1.911.493. Para terminar en esta parte de la investigación procederemos a mostrar el resumen de lo hecho tanto de los pronósticos como del modelo EOQ, recordando que los pronósticos seleccionados fueron para la demanda uniforme es la suavización exponencial simple, para la demanda con tendencia se utilizara la regresión lineal y por último la demanda estacional el método de Winters. A continuación, se representa los datos obtenidos de dichos modelos explicados con anterioridad:

Tabla 30

Tabla Resumen Pronósticos de Demanda según su tipo de Demanda y los modelos seleccionados de los Ítems Clase A

PRODUCTOS	Promedio móvil	Suavización exponencial simple	Suavización exponencial doble	Regresión Lineal	Winters	EOQ	Inventario de seguridad	Punto de re-orden
	Error cuadrático medio							
PANTENE RESTA SH*18ML DP*12PC25	718	833				3.911	4	1.247
SUNDAY'S LOCION FPS50 DP*24	737	703				2.214	2	825
TALCO MEXSANA*85GR PC72	795	1.045				4.649	34	875
ARDEN F.M DP*18 GTS MINI ROLL PC*10	1.003	1.144				3.830	6	970
DOLEX ADULTO PASTA *100 PC45	1.308	1.442				1.934	6	970
DOLEX FORTE DP*6TJ*8TABLETAS	1.355	1.752				2.498	5	1.492
KOLA GRANULADA JGB*135 TRAD PC48	1.381	1.423				1.605	6	683
NOS. INV.CLASICA TELA DP*30 PC8	1.439	1.743				9.596	14	1.344
PROTEC DIARIO*15 PC36	1.464	1.546				10.444	25	1.882
KOLA GRANUL SOBR TRADIC*25GR DP*6 PC*24	1.565	1.444				1.859	10	918
MIX SACHET H&S Y PANTENE P20 LL32 PC12	1.661	1.660				3.094	0	1.235
ACETAMINOFEN LAPROFF 500MG DP*30TJ	1.664	1.897				4.464	8	1.653
LOZACREM LIMON*150GR PC48	1.882	2.435				10.338	27	4.712
H & S LIMP RENOV SH*18ML DP12 PC25	2.168	2.004				4.064	8	1.456
VICK PASTILLAS MENTA DP*24 PC20	2.476	2.468				2.407	1	1.315

H & S LIMP RENOV SH*33ML DP*8 PC20	2.491	2.735				3.332	5	1.128
TOALL FLAT PACK ORIG*110 PC12	2.632	3.012				2.563	65	3.113
DOLEX GRIPA TJ*4 DP*100 PC50	2.839	2.462				1.883	4	1.337
(7200050) 48 PH MEGA*1 + 4 PH MEGA*1 P.ESP	3.212	4.637				1.136	359	1.478
(1968) 24 PH FAMILIAR*1 + 1 PH FAMILIAR*1	3.295	3.125				5.942	27	1.848
NOS. RAPIGEL DPDOR*30 PC*8	3.402	3.674				1.456	20	1.156
IBUPROFENO MK 800MG DP*30 PC84	4.007	4.438				1.127	72	1.973
LOZACREM AGUA FRESCA*150GR PC48	4.102	5.094				8.700	18	3.726
(7200089) 6 DIARIO*15 + 1 TAMPON SUPER RT*8 P.ESP	4.697	3.536				3.272	28	1.960
PH FAMILIA FAMILIAR PT*4 PC8	6.876	6.912				1.769	258	1.937
PH FLIA MEGA PT*4 37MT PC8	6.893	5.553				2.994	279	3.193
PAX CALIENTE NOCHE DP*24 PC12	8.431	8.545				4.018	19	3.016
(7200030)24 PH MEGA*1 + 1 PH MEGA*1 P.ESP	9.812	9.951				2.080	324	3.448
PH FAMILIA FAMILIAR*1 PC24	13.220	10.946				3.705	724	6.106
LOZACREM AVENA*150GR PC48	13.365	13.761				10.901	15	4.305
SCHICK ULTRABARBA P/S DP*24 PC*12	13.440	15.437				2.649	343	6.860
BUSCAPINA FEM DP*24	22.693	22.124				7.695	4	2.569
CEPILLO PRO COMPAC ONDULADO DP*12 PC*3DP	35.475	40.454				35.476	198	11.882
MINORA BANDA LUBRIC PLUS DP*24 PC576	39.654	37.953				2.816	339	14.653
PH FLIA MEGA ACOLCH T.H*1 PC24	45.035	46.515				2.879	415	7.599

ACETAMIN. LASANTÉ 500MG *100TAB PC54DP	49.732	60.315				2.122	138	4.480
MINORA HOJA DP10 PC*48	65.029	65.344				1.659	178	5.571
ARIEL *125GR OXIAZUL PC90	80.793	101.346				39.833	161	11.618
ARIEL *225GR OXIAZUL** PC48	109.104	130.763				25.420	77	8.742
BLANCOX PODER NATURAL*500ML PC24	109.115	125.149				4.306	212	10.730
PRESTOBARBA 3X DP*10 PC*120	120.675	141.968				3.479	900	18.385
SCHICK QUATRO DP*10 PC*6DP	193.773	178.238				10.604	1.362	15.862
PRESTOBARBA ULT GRIP DP24 PC576	331.838	318.514				34.750	2.752	33.894
ASPIRINA EFERVESCENTE DP25PR PC36	645.775	807.833				21.087	832	29.500
ARIEL P400LL450GR** PC24	650.764	587.353				27.610	2.824	27.594
CANDELA TOKAY DP*25 PC*40*DP	766.908	911.136				121.168	721	53.728
CANDELA SMAT ELECTRONICA DP25 PC40	819.599	599.010				37.131	1.014	65.014
ALKASELTZER DP*30PR PC*36	1.882.937	1.626.119				28.904	958	50.725
CANDELA SMAT ELECTRON LUZ DP25 PC40	5.454.883	5.442.206				36.818	1.197	64.121
NUTRISS ADULTO CARNE/VEG 1 KL PC*20KL			32.795	177.67		8.266	362	1.772
CONEJOS 1 KL PC*20			43.344	4.0056		15.444	578	2.915
RINGO CROQUETAS 30 KL			54.030	13.028		582	436	1.922
RINGO CROQUETAS 2KL PC*5			57.315	148.429		3.715	1.585	6.424
RINGO CACHORROS 1 KL PC*20			58.962	128.157		16.866	1.151	6.286
NUTRISS CACHORROS LECHE 1 KL PC*20			67.709	19.193		8.904	243	1.704
MIRRINGO 1 KL PC*20			110.415	67.644		2.329	704	4.203
RINGO PREMIUN 1 KL PC*20			136.477	16.5642		1.790	2.544	6.841

RINGO CACHORROS*500 GR PC*20 LB			139.978	4.3131		14.766	432	2.456
MIRRINGO 8 KL			195.833	3.1653		5.169	447	2.120
RINGO CROQUETAS*500 GR PC*20 LB			242.917	8.0103		18.465	560	3.418
RINGO PREMIUN 2KL PC*5			275.792	3.8910		812	486	2.254
MIRRINGO 500GR PC*20 LB			6.791.599	8.335.542		14.582	19.172	57.558
RINGO CROQUETAS 1KL PC*20			8.579.609	5.605.073		12.064	12.865	42.890
LAPIC KILOM 100 FUCSIA DP12 PC48					314	22.431	2.044	4.640
LAPIC KILOM RT100 NEGRO*12 PC*144					57.681.075	34.677	6.782	12.984
LAPIZ NORMA NO 2 DP*12 PC120 DP					76.881.474	34.286	6.574	12.637
LAPIZ MIRADO DP12 PC*1440					79.281.344	14.301	22.131	32.680
LAPIC KILOM 100 ROJO DP12 PC48					110.9645.113	48.924	15.776	28.121
LAPIC KILOM 100 AZUL DP12 PC48					493.4723.865	15.656	20.801	33.443
LAPIC KILOM 100 NEGRO DP12 PC48					154.116.622.172	70.143	46.940	72.316
LAPIC KILOM PLUS NEGRO DP12 PC48						6.940	1.906	4.390
LAPIC KILOM PLUS AZUL DP12 PC576						22.487	2.024	4.632
PEGANTE SMAT DP*12 PC24 DP						12.478	46.491	68.174

Fuente: Elaboración Propia

7 CAPITULO 4

En esta etapa poseemos todos los modelos terminados. Procederemos a comparar los resultados obtenidos con el fin de seleccionar el modelo más acertado.

7.1 Comparación de resultados.

El siguiente paso es comparar y seleccionar el método adecuado entre el modelo EOQ y el algoritmo de Silver Meal. Para obtener una óptima comparación se hizo una equivalencia entre los dos modelos para que su costo quede en función del mismo periodo.

Los costos serán expresados en función de la variable de decisión mediante los costos total relevante de los modelos seleccionados por su similitud de los criterios a la situación actual del centro de distribución. Siendo el método de decisión a utilizar el EOQ debido a que posee el CTR mínimo con alrededor del 28% menor que la otra metodología. Siendo esta metodología de EOQ representa la cantidad óptima a ordenar cada vez que se realice un pedido y puede variar con el tiempo, dependiendo de la situación que se considere. En las siguientes tablas se evidencia el costo total de cada política para los ítems clase A y la cantidad de ítems que favoreció a cada modelo por su respectivo mínimo costo:

Tabla 31

Comparación Σ Costo Total Relevante Entre el EOQ y el Algoritmo de Silver Meal

Costo total relevante EOQ	Costo total relevante Silver Meal	Diferencia
\$ 102.081.380	\$ 130.238.299	\$ 28.156.919

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la anterior tabla mostrada se nota que la diferencia es positiva para el modelo EOQ alrededor de 28 millones de pesos por eso de esta manera el grupo propone que el modelo más adecuado de acuerdo a la situación actual presentada es el modelo EOQ.

Tabla 32

Cantidad de ítems favorecido según su costo mínimo

EOQ	48
Algoritmo de Silver Meal	25

Para terminar con la comparación de resultados, se decidió implementar una representación gráfica con el fin de observar las diferencias de los costos totales de los ítems clase A de ambos métodos seleccionados. La gráfica mencionada es:

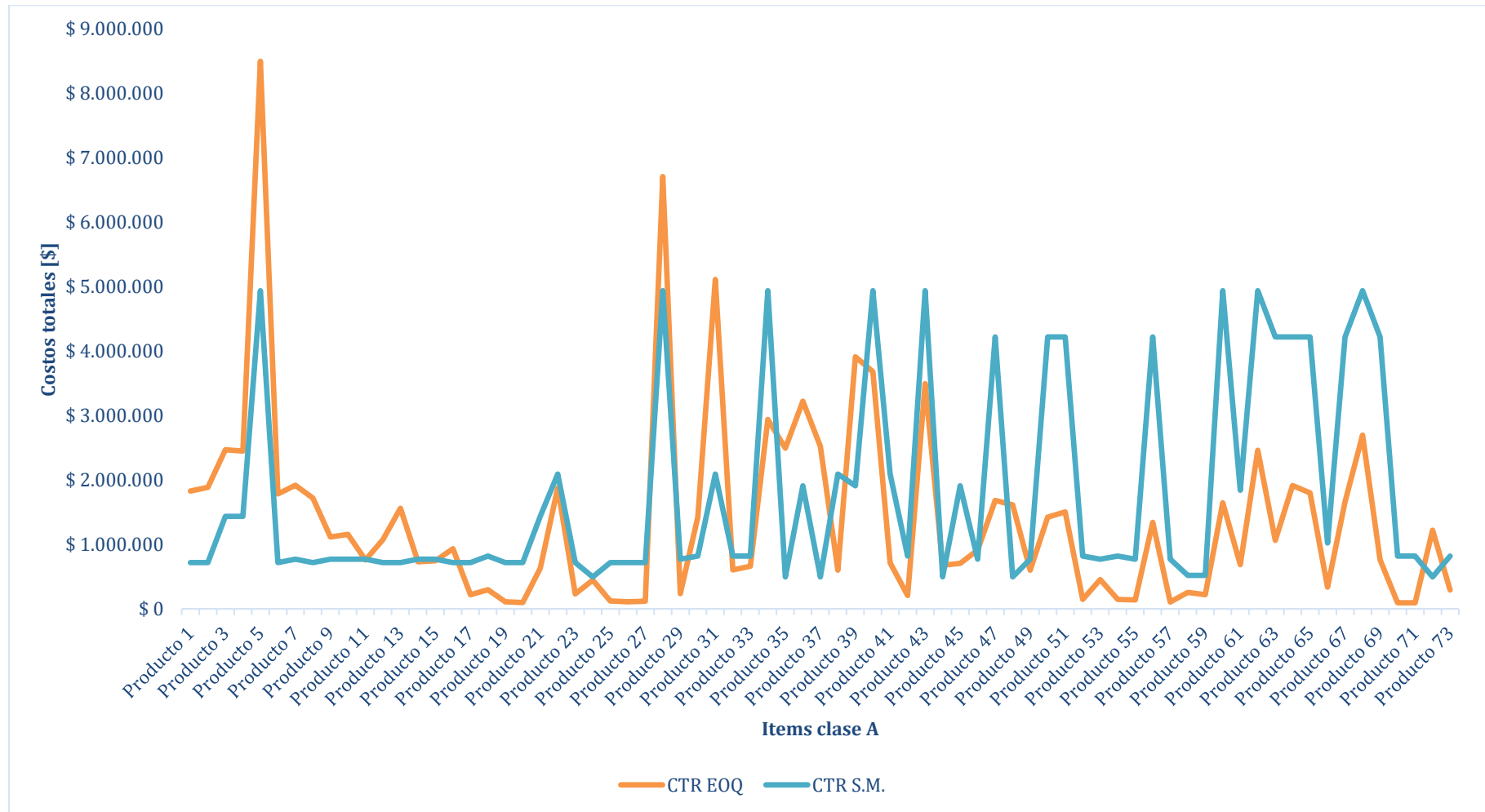


Figura 4 Costo Total Relevante EOQ VS Algoritmo Silver Meal

Con los datos obtenidos de la metodología EOQ, se pronosticó tres meses para comprobar si la herramienta brindo buenos resultados y si en el indicador existente genera la mejora esperada.

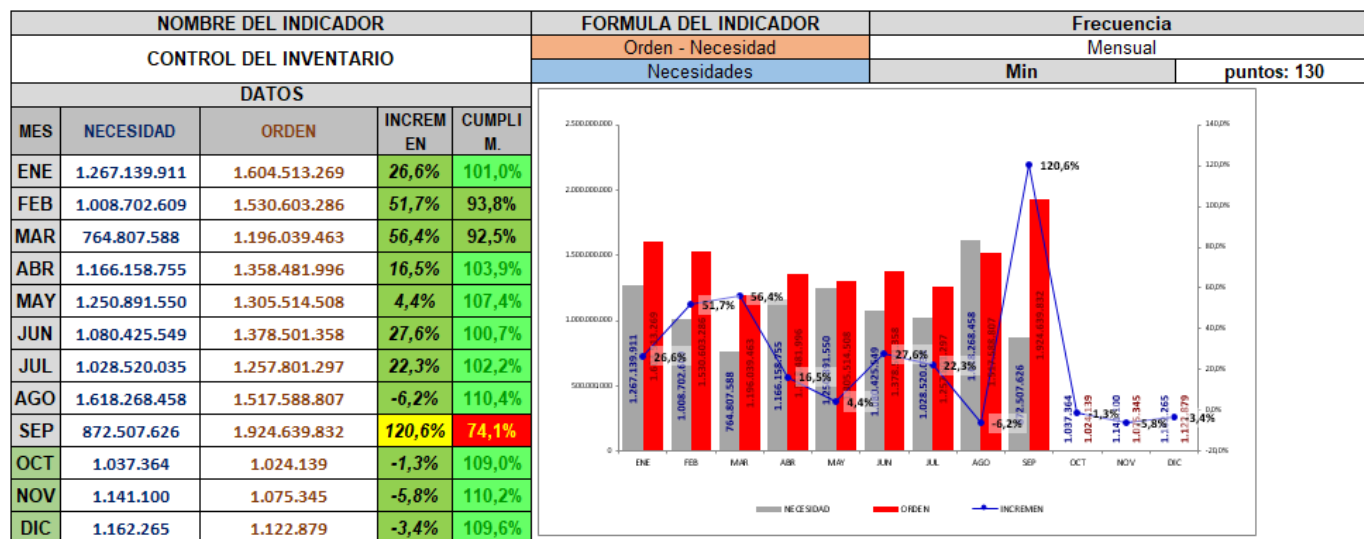


Figura 5 Pronóstico del indicador de abastecimiento, Elaboración Propia

Con las estrategias realizadas se sigue cumpliendo el objetivo propuesto del centro de distribución, ya que se estaría pidiendo las cantidades que más utilidad les genera y no se acumulan con tanto inventario con un % de cumplimiento del 109% para octubre, del 110,2% para noviembre y de 109,6% para el mes de diciembre, cumpliendo con la meta existente que es mayor al 80%. Lo que se espera es que sigan en esta tendencia y que puedan abarcar las variaciones en la demanda.

Al comparar los costos incurridos en la inversión de mejora podemos que ver esto representa en promedio 4,2% del flujo promedio de dinero que habría en un mes dentro del control de inventario. Esto traería grandes beneficios ya que contarían con la total disposición de la logística mejorarían su posición en el mercado del centro del departamento.

Teniendo en cuenta el análisis y respectiva elaboración de la política de inventario establecida para cada referencia, con base en la diferencia entre ambos escenarios, se obtiene un resultado en términos de ahorro semestralmente para cada referencia, es decir, aquellas referencias que presentan un ahorro positivo respecto al cambio de escenario, validan y demuestran que la política de inventario fijada es adecuada para generar tanto un mejor nivel de servicio para con los clientes, como un porcentaje de ahorro frente a los gastos en que incurre la empresa.

De todo lo anterior mencionado en la investigación, se resalta los siguientes análisis en los sistemas de inventarios propuestos, con la finalidad de resaltar la adaptación de las mejoras a las necesidades del centro de distribución:

Tabla 33
Resumen de las Políticas Propuestas

Sistema de inventarios	Propósito
Pronósticos de demanda	Controlar a diario el comportamiento y la tendencia de los productos, establecer cantidades máximas y mínimas de cada referencia.
Regulación del inventario de seguridad	Mantener un margen de productos de reserva para cubrir demandas inesperadas.
Control de productos	Identificar constantemente los productos de gran valor y/o costo, ya que estos incrementan los costos de inventario y de almacenamiento.
Punto de reorden	Determinar las cantidades con la herramienta propuesta y el tiempo en que se debe realizar una orden de solicitud y compra para cumplir con la demanda.
Control de entrada y salida	Controlar la entrada y salida de productos para la obtención de datos confiables, esto permitirá una mejor organización y planificación de los productos.

Fuente: Elaboración Propia

Los beneficios asociados a la propuesta son en la utilización de técnicas de mejora continua que se focalizan en los costos claves, registrando las cifras del flujo de inventario siendo fácilmente manejables por los encargados para el control de inventario, proponiéndose actividades de fácil ejecución y dividiéndose las tareas del plan en responsables para controlar mejor la puesta en marcha el cual se explicara a continuación.

Seguiremos con la elaboración de la guía para el correcto uso de la propuesta de gestión en inventario y su consideración de los resultados alcanzados, para continuar con la propuesta de selección del proveedor, siguiendo con los indicadores propuestos para de esta manera concluir al respecto y aplicar los ajustes necesarios.

7.2 Guía de manejo.

Es necesaria la elaboración de planes de acción con la única finalidad de resolver algunos de los problemas que puede estar enfrentando esta empresa, estableciendo para ellos objetivos para cada propuesta, la descripción de las actividades implicadas, el tiempo de duración de cada actividad, las responsabilidades, los recursos necesarios para que el plan pueda ser llevado a cabo y la evaluación del impacto provocado por cada acción.

- **Actividad:** Abastecimiento de productos
- **Variable:** En la obtención de pedidos, se realiza de manera manual y con la ayuda de la experiencia independientemente de que cuentan con un software de ayuda para esa labor

- **Propuesta:** Utilizar modelos de inventario acordes al comportamiento de la demanda de los productos para determinar las cantidades requeridas y emplear formatos de registro de existencia y para la requisición de compra.

Tabla 34
Guía de Manejo para el Abastecimiento de Productos

Objetivo: Planificar el procedimiento a seguir para la detección y requisición de productos				
Pasos de acción	Responsabilidad	Recursos		Mecanismos de retroalimentación
1. Consultar la información sobre la existencia.	Responsable del almacén	10 min	Computador, sistema de información	Registro de existencias
2. Determinar con la ayuda del modelo la cantidad de producto requerido.	Responsable de abastecimiento	10 min	Computador, sistema de información, registro de existencias, modelos de inventario, papelería	Registro actualizado de los consumos mensuales
3. Entregar la requisición de compra al departamento administrativo.	Analista de compras	15 min	Formato de requisición de compra, cantidad de productos requeridos, papelería	Revisar que la requisición de productos cumpla con todas las expectativas
4. Autorizar la requisición de compra.	Administrador	5 min	Requisición de compra	Balance general de la empresa

Fuente: Elaboración Propia

- **Actividad:** Almacenamiento de materiales
- **Variable:** Los espacios y estanterías donde son ubicados los productos al momento de ser recibido por el proveedor no se encuentran señalados y en ocasiones esto no permite el reconocimiento inmediato del producto.
- **Propuesta:** Preparar el almacén donde se encuentra el producto para evitar defectos de calidad.

Tabla 35
Guía de Manejo para el Almacenamiento de Materias Primas

Objetivo: Planificar los procedimientos a seguir para el almacenamiento de productos				
Pasos de acción	Responsabilidad	Recursos		Mecanismos de retroalimentación
1. Determinar si el almacén cuenta con el espacio requerido para el almacenaje de los productos.	Responsable del almacén	1 hora	Metro, medidas de los estantes para el almacén	Plano del deposito
2. Seleccionar la cantidad de estantes a utilizar en el almacén.	Gerente general	2 horas	Estantes para almacén	Lista de estantes en almacén
3. Seleccionar los equipos de traslado adecuados para almacenar los productos.	Responsable de transporte	15 min	Cotizaciones de equipos de transporte comunes para estas tareas	Lista de equipos de traslado
4. Ubicar los estantes de acuerdo a la clasificación ABC.	Almacenista	2 horas	Clasificación ABC, estantes para el almacén	Informe de clasificación de los productos
5. Establecer la separación de los estantes para la circulación de los equipos de transporte.	Ayudante	1 hora	Fuerza bruta, longitud de los equipos, estantes para almacén	Normas para la distribución de estantes

Fuente: Elaboración Propia

- **Actividad:** Manejo de materiales
- **Variable:** Los empleados en ocasiones no toman en cuenta lo delicado del producto y al momento de almacenarlo lo golpean trayendo como consecuencia el deterioro del mismo, además de que no cuentan con ningún tipo de clasificación.
- **Propuesta:** Almacenar los productos de acuerdo a una clasificación ya establecida, tomando en cuenta la calidad y las condiciones de producto.

Tabla 36
Guía de manejo para el Manejo de Materiales

Objetivo: Planificar los procedimientos a seguir para el manejo del producto				
Pasos de acción	Responsabilidad	Recursos		Mecanismos de retroalimentación
1. Introducir la información de las nuevas entradas al sistema de información.	Auxiliar contable	1 hora	Computador, facturas de entrega	Facturas de entrega
2. Trasladar los productos del área de inspección al depósito con los cuidados que el mismo requiera.	Responsable almacén	30 min	Carretilla	Manual de almacenamiento de productos
3. Almacenar los productos de acuerdo a las condiciones requeridas para su conservación y categorización.	Responsable almacén	1 hora	Informe de recepción e inspección	Informe de clasificación y especificaciones del producto

Fuente: Elaboración Propia

- **Actividad:** Control de inventario
- **Variable:** La empresa no cuenta con formatos especiales para el control de inventario, ni con equipos especiales que puedan funcionar especialmente con ese fin.
- **Propuesta:** Establecer políticas de inventario óptimas.

Tabla 37
Guía de Manejo para el Control de Inventario

Objetivo: Planificar los procedimientos a seguir para llevar a cabo el control optimo del inventario				
Pasos de acción	Responsabilidad	Recursos		Mecanismos de retroalimentación
1. Clasificar los productos por valor de utilización.	Responsable de abastecimiento	2 horas	Listado de las demandas de los productos	Análisis del informe de clasificación ABC

2. Determinar el comportamiento de la demanda de los productos.	Analista de compras	7 días	Computador, herramientas y/o softwares estadísticos	Resumen del informe del análisis de la demanda de los productos
3. Determinar el comportamiento de los tiempos de entrega.	Responsable de abastecimiento	2 días	Computador, herramientas y/o softwares estadísticos	Informe del análisis del tiempo de entrega de cada proveedor
4. Determinar los costos involucrados en la gestión de inventarios.	Analista de compras	2 días	Información financiera de la empresa	Informe de los costos asociados al inventario
5. Establecer los tiempos de revisión	Responsable de calidad	1 día	Información del proveedor	Evaluación del tiempo de revisión establecido
6. Monitorear y controlar los modelos de inventarios a seguir	Responsable de abastecimiento	1 día	Modelos matemáticos. Demanda de los productos, tiempos de entrega y de revisión de cada proveedor	Evaluación de los modelos de inventario seleccionados

Fuente: Elaboración Propia

7.3 Selección del proveedor.

Se propone, que para las contrataciones futuras, los proveedores sólo podrán ser vinculados una vez hayan sido sometidos a verificaciones que determinen la competencia (ver siguiente formato), que poseen para responder a las necesidades de la empresa, al igual, se propone la búsqueda para contar con más de un proveedor, de tal manera que le permita al departamento de compras tener diferentes opciones para mejorar su desempeño en la toma de decisiones de compra y así asegurar los suministros de la bodega para que éste a su vez dé respuestas oportunas a los demás departamentos cuando estos lo requieran. Este formato fue construido basado en la investigación hecha por García y Ospino (2007).

El seguimiento del proveedor se debe hacer según el comportamiento que manifieste durante la relación comercial que ya se haya concretado; el Jefe de Compras y Almacén evaluará su comportamiento cada vez que se genere una transacción comercial y a su vez calcula que calificación se merece en forma global después de terminado el periodo de las transacciones contraídas y así se determinará si el proveedor califica nuevamente como “proveedor apto” para continuar suministrando.

Tabla 38
Formato Selección de Proveedor

Selección de proveedores					
Proveedor: _____					
Fecha de evaluación: _____					
Responsable: _____					
No.	Criterios a evaluar	Calificación			Observaciones
		Deficiente	Regular	Excelente	
1	Precio	1.5	3.0	5.0	1.5: Superior al precio estándar del mercado.
					3.0: Estándar del mercado.
					5.0: Mayor al mercado.
2	Tiempo de entrega	1.5	3.0	5.0	1.5: Superior a 7 días
					3.0: Entre 3 y 7 días
					5.0: Inmediato, entre 1 y 2 días
3	Disponibilidad	1.5	3.0	5.0	1.5: Limitaciones para el normal suministro.
					3.0: Está disponible solo los días hábiles.
					5.0: Disponibilidad en cualquier día del año.
4	Facilidades de pago	1.5	3.0	5.0	1.5: De contado.
					3.0: Corto plazo.
					5.0: Amplios plazos.
5		1.5	3.0	5.0	1.5: Que tenga menos de 2 meses funcionando en el mercado.

	Antigüedad en el sector				3.0: Que se encuentre vendiendo en el sector entre 2 y 12 meses.		
					5.0: Que tenga más de 10 meses vendiendo en el sector.		
6	Calidad	1.5	3.0	5.0	1.5: No trabaja ninguna norma, su producto es regular.		
					3.0: Entrega de productos a satisfacción, pero no trabaja bajo a ninguna norma.		
					5.0: Este certificado bajo la norma ISO 9001.2015.		
7	Atención al cliente	1.5	3.0	5.0	1.5: Dificultad al negociar.		
					3.0: Permite negociar, genera confianza, pero no le da mucha importancia a la empresa como su cliente.		
					5.0: Proactivo a la negociación, claridad, demuestra habilidades de comunicación asertiva.		
Total calificación					Aprobado	Si	No

Fuente: Elaboración Propia

7.4 Indicadores de gestión

Dado que es necesario poder cuantificar, medir y evaluar el desarrollo de la operación del centro de distribución, se recomienda el establecimiento de indicadores de gestión, que les permita tomar decisiones acertadas y a tiempo, que conlleve al mejoramiento continuo de sus procesos, y por ende a mejorar la productividad de sus colaboradores y los productos ofrecidos a los clientes, mejorando sus ventajas competitivas. Para tal efecto se propuso un modelo de registro de información para llevar a cabo el levantamiento de los diferentes indicadores propuestos, estos deben ser analizados por el encargado del área de despacho y la información para su obtención, deberá ser entregada por el director, mes a mes.

7.5 Indicadores propuestos.

Se definirán los indicadores que se van a utilizar basados en lo presentado por Mora (2008, 2011) en su investigación, de acuerdo con los aspectos que se desean controlar y teniendo en cuenta aquellos que tengan una amplia utilización en el mercado. Establecer los datos

necesarios para calcular los indicadores, manteniendo sistemas de medición estándar utilizados por los diversos procesos.

7.5.1 Costo de unidad almacenada

Consiste en relacionar el costo de almacenamiento y el número de unidades almacenadas en un período determinado. Su objetivo es controlar el valor unitario del costo por almacenamiento propio o contratado.

$$Valor = \frac{\text{Costo de almacenamiento}}{\text{Número de unidades almacenadas}} \quad (56)$$

Sirve para comparar el costo por unidad almacenada y así poder decidir si es más rentable subcontratar el servicio de almacenamiento o tenerlo propio. La periodicidad es mensual y para recolectar la información se debe solicitar al departamento de ventas un informe de costo de almacenamiento y un listado maestro de las existencias en bodega por cantidades.

7.5.2 Duración del inventario

Proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último período e indica cuantas veces dura el inventario que se tiene. Su objetivo es controlar la duración de los productos en el Centro de Distribución y los días de inventario disponible de la mercancía almacenada.

$$Valor = \frac{\text{Inventario final}}{\text{Ventas promedio}} * 30 \text{ días} \quad (57)$$

Altos niveles en este indicador muestran demasiados recursos empleados en inventarios que pueden no tener una materialización inmediata y que está corriendo con el riesgo de ser perdido o sufrir obsolescencia. Su periodicidad es mensual y solicitar al departamento de sistemas el informe del valor total de las ventas y el inventario por mes.

7.5.3 Entregas Perfectas

Se utilizan para conocer la eficiencia de los despachos efectuados por la empresa teniendo en cuenta las características de completos que son: a tiempo, con documentación perfecta y sin daños en la mercancía, se considera que una orden es atendida de forma perfecta cuando cumple con las siguientes características:

- La entrega es completa, todos los artículos se entregan en las cantidades solicitadas.
- La fecha de la entrega es la estipulada por el cliente.
- Los artículos se encuentran en perfectas condiciones físicas.
- La presentación y equipo de transporte utilizado es el adecuado en la entrega al cliente.

El responsable por el cálculo del indicador es el responsable de abastecimiento y se debe solicitar esta información al área logística de distribución y está expresado mediante la siguiente fórmula matemática:

$$Valor = \frac{\text{Pedidos entregados perfectos}}{\text{Número de pedidos entregados}} \quad (58)$$

7.5.4 Nivel de cumplimiento de despachos

Consiste en conocer el nivel de efectividad de los despachos de mercancías a los clientes en cuanto a los pedidos enviados en un período determinado. Su objetivo es controlar la eficacia de los despachos efectuados por el centro de distribución.

$$Valor = \frac{\text{Número de despachos cumplidos a tiempo}}{\text{Número total despachos requeridos}} \quad (59)$$

Sirve para medir el nivel de cumplimiento de los pedidos solicitados al centro de distribución y conocer el nivel de agotados que maneja la bodega. Su periodicidad es mensual y solicitar información al jefe del área de despachos el informe del total de despachos efectuados durante el período.

7.5.5 Costos logísticos vs. Ventas

El propósito es controlar los costos generados en las operaciones logísticas con respecto a las ventas generadas por el centro de distribución. Estos costos logísticos representan un porcentaje significativo de las ventas totales, margen bruto y los costos totales de las empresas, por ello deben controlarse permanentemente.

$$Valor = \frac{\text{Costos totales logísticos}}{\text{Total ventas del Centro de Distribución}} * 100 \quad (60)$$

7.5.6 Costo de Transporte vs. Venta

Según Chopra y Ballou, Consiste en controlar el rubro respecto a las ventas generadas en un periodo determinado. Este debe calcularse mensualmente y el responsable del mismo, es el jefe de transporte y distribución, la información para generar este indicador, será suministrada por el área de ventas y de transporte, y está expresado mediante la siguiente fórmula matemática:

$$Valor = \frac{\text{Costo del transporte}}{\text{Valor total de ventas}} * 100 \quad (61)$$

8 Conclusiones.

- La presente investigación tuvo como finalidad proponer alternativas dirigidas a mejorar la gestión de inventarios de los procesos de abastecimiento, procura y planificación del centro de distribución, a partir del levantamiento y documentación de los procesos, diagnóstico de la situación actual y de la identificación de cada uno de los factores que afectan el desempeño de dicha gestión, para dar solución a la problemática planteada.
- La compañía tenía una gran cantidad de productos de baja rotación almacenados en la bodega, trayendo como consecuencias que estos le quiten espacio a productos que son de alta rotación, además cabe resaltar que los productos al estar mucho tiempo almacenados pueden presentar fallas de calidad por el entorno en el que se encuentren, como por ejemplo que se acumulen o apilen productos sobre estos, ocasionado el aplastamiento del producto. Al tener una diversificación tan grande de productos la empresa genera altos niveles de inventarios y si no se hacen las ventas necesarias por parte de los vendedores la empresa se queda con dicho inventario hasta que se pueda vender disminuyendo dicho estándar de calidad.
- El uso de la clasificación ABC es una herramienta que permite conocer más a detalle los productos que se maneja y saber cuáles son los principales en que debería dársele prioridad para el manejo de inventarios. Se recomienda la implementación del uso de esta herramienta, si se hace muy complejo usar distintos criterios, es preferible identificar el criterio primordial y hacer la clasificación. A través de este análisis ABC para la clasificación de los productos, se determinó que de la cantidad total un 2,52% son ítems clase A, un 22,02% son ítems clase B y un 75,47% son ítems clase C.
- La utilización del método de clasificación ABC Multicriterio garantiza disminuir el sesgo a la hora de tomar la decisión de cual criterio utilizar en la ejecución de la clasificación, además es de fácil aplicación y se sustenta en un fundamento matemático y compara todas las opciones existentes una a una y mediante este proceso se toma la decisión más acertada para cada caso.
- Centrarse en los productos clase A permitió realizar un seguimiento más adecuado a cada ítem, ya que si se hiciera con todas las referencias el tiempo y el procesamiento de datos sería demasiado alto por lo cual se incurriría en costos adicionales asociados al seguimiento y cumplimiento de la política de gestión de inventarios.
- De acuerdo con los resultados arrojados por el análisis de comportamiento de la demanda, se determina que la política de inventarios más representativa es la cantidad económica a pedir, dada la estacionalidad de los productos y la poca variabilidad de unidades pedidas para cada ciclo, razón por la que se obtiene el pronóstico de demanda.
- Por medio del estudio de la demanda se pudieron determinar los coeficientes de variabilidad para cada producto, además de que esta era de orden determinística e

independiente. De acuerdo al análisis de demanda de cada referencia, se logró establecer el tipo de pronóstico que mejor se acomodaba al respectivo comportamiento de cada ítem respecto al tiempo. Se propuso además una nueva política de administración de inventarios usando los pronósticos en demanda y los modelos de inventario. Esto permitirá tener lotes y frecuencia de pedidos definidos para cada producto obteniendo una gestión logística ordenada y minimizando los costos de almacenamiento. A si mismo elegir el stock de seguridad adecuado de acuerdo a la capacidad de inversión de la empresa.

- Con la política propuesta se busca la optimización de los inventarios dentro del centro de distribución, para mejorar la disponibilidad de los productos, disminuyendo las órdenes de pedido y las existencias de referencias que sean innecesarias con el objetivo de reducir costos. Durante la evaluación de las políticas por medio del EOQ con los datos históricos de la demanda, costos, valores unitarios, entre otros, y los datos pronosticados se pudo observar que los resultados obtenidos fueron acordes con la realidad para cada una de las referencias indicando que es un método confiable para realizar un pronóstico que se asemeje a la realidad.
- El desarrollo de las variables y parámetros empleados en el modelo de gestión de inventarios propuesto en este estudio es un ítem primordial que representa la realidad concreta de la empresa en cuanto a costos de ordenar y mantener inventario y cuya correcta aplicación genera evidencias específicas de mejora en los procesos.
- El modelo de gestión de inventarios Algoritmo Silver Meal permite a la empresa tanto mantener una programación de sus órdenes de pedido, con el fin de evitar sobrecostos por desabastecimiento, así como una mejora financiera representada en utilidades por unidad de producto. Siendo una buena herramienta ya que ayuda a minimizar el costo por pedido, pero se demostró que para este caso la metodología del EOQ es más eficiente ya que el costo total relevante es menor.
- Con los datos obtenido por el modelo seleccionado se pronosticó con el indicador KPI existente de los ítem clase A, se encontró que la recuperación promedio del capital invertido disminuyo antes de la propuesta 36,3 por mes y con la nueva propuesta se aumenta a 35, 5 por mes (lográndose recuperar la meta); la duración promedio del inventario era de 2 meses y con la nueva propuesta se reduce a cuando el inventario llegue al valor esperado, notándose una mejora significativa en la investigación.
- Por último, se definieron los planes de acción a seguir de acuerdo a los modelos planteados, y las sugerencias en cuanto a los procedimientos que debe seguir la empresa para mejorar el funcionamiento de sus actividades de detección y requisición de productos, almacenamiento de productos, manejo de productos y control de inventario. De igual manera se propuso un nuevo procedimiento para la selección de proveedores de tal manera que se agilice y que se aprovechen al máximo los recursos de la empresa,

evitando duplicidades y la participación de personas que no agregan valor al proceso. Se crearon también los formatos que se utilizarán como parte del proceso.

9 Bibliografía.

- Plaza, Y. (2014). Determinación de un modelo de inventarios y un sistema de información para la empresa Muebles Ferrerira. Universidad del Valle.
- Departamento nacional de planeación. (2018). Encuesta nacional logística 2018.
- Vidal, C. J. (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios. Comité Editorial– Universidad del Valle, 12.
- WILD, T. (1997). Best Practice in Inventory Management. John Wiley & Sons, Inc., New York, 226 p.
- Flores, B. E., Olson, D. L., & Dorai, V. K. (1992). Management of multicriteria inventory classification. *Mathematical and Computer modelling*, 16(12), 71-82.
- Gómez, J. C. O., & Cabrera, J. P. O. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia et technica*, 2(39).
- Partovi, F. Y., & Burton, J. (1993). Using the analytic hierarchy process for ABC analysis. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Ng, W. L. (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 344-353.
- Arboleda, J., & Castillo, J. A. (2017). Modelo integrado de clasificación abcmulticriterio, aplicado en el área de picking de un centro de distribución de repuestos. *Revista de investigación en ciencias estratégicas*, 3(2), 15-34.
- García Sabater, J. P., Albarracín Guillém, J. M., & Alarcón Valero, F. (2006). Gestión de inventarios de demanda independiente. *Recuperado*, 4(17), 2015.
- Villareal, F. (2016). Introducción a los Modelos de Pronósticos. *Recuperado de: http://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion_a_los_Modelos_de_Pronosticos.pdf*.
- Ballou, R. H. (2007). Business logistics/supply chain management: planning, organizing, and controlling the supply chain. Pearson Education India.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (2008). Forecasting methods and applications. John Wiley & Sons.
- Giraldü, G. A. M., & Santana, E. R. L. (2014). Metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproducto y de alta variabilidad. *Tecnura*, 18(40), 89-102.
- Pérez, R. A., Sánchez, S. A. M., & Bastidas, J. J. B. (2012). Aplicación de modelos de pronósticos en productos de consumo masivo. *Bioteecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 10(2), 117-125.
- Ramírez, G. S., & Duque, D. F. M. (2014). Modelo de medición del impacto financiero del mantenimiento de inventario de suministros. *Scientia et technica*, 19(3), 251-260.

Aguilar Santamaría, P. A. (2012). Un modelo de clasificación de inventarios para incrementar el nivel de servicio al cliente y la rentabilidad de la empresa. *Pensamiento & Gestión*, (32), 142-164.

Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones*. Pearson Educación.

Liévano Martínez, F., & Villada Oquendo, J. G. (2013). Un modelo de dinámica de sistemas para la administración de inventarios. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, (11).

Timme, S. G., & Williams-Timme, C. (2003). THE REAL COST OF HOLDING INVENTORY. *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT REVIEW*, V. 7, NO. 4 (JULY/AUG. 2003), P. 30-37: ILL.

Mora, L. (2011). Los indicadores claves del desempeño logístico. Recuperado de: http://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/ind_logistica.pdf.

Mora, L. (2008). *Indicadores de la gestión logística*. Ecoe Ediciones.

Ospino Vergara, H., & García Piña, L. A. (2007). *Diseño de un sistema de gestión de compras e inventarios en la empresa Espitia Impresores*.

Lista de anexos

Anexo 1 Clasificación ABC Multicriterio (.xlsx)

Anexo 2 Pronósticos de demanda (.xlsx)

Anexo 3 Modelo EOQ (.xlsx)

Anexo 4 Sistema de revisión continua (.xlsx)