

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**TESIS**

**REDUCCIÓN DE COSTOS Y MEJORA EN EL FLUJO DE INVENTARIOS  
PARA UNA PYME COMERCIALIZADORA DE REFACCIONES**

**POR**

**LORAINÉ GASTELL PILOTO**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO**

**OCTUBRE, 2018**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**REDUCCIÓN DE COSTOS Y MEJORA EN EL FLUJO DE INVENTARIOS**  
**PARA UNA PYME COMERCIALIZADORA DE REFACCIONES**

**POR**

**LORAINÉ GASTELL PILOTO**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE**  
**MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO**

**OCTUBRE, 2018**

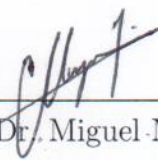
Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Subdirección de Estudios de Posgrado

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Reducción de costos y mejora en el flujo de inventarios para una pyme comercializadora de refacciones», realizada por el alumno Loraine Gastell Piloto, con número de matrícula 1883871, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis



Dr. Miguel Mata Pérez

Asesor



Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez

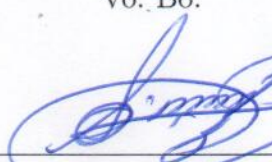
Revisor



MLyCS Mónica Camacho Lira

Revisor

Vo. Bo.



Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



San Nicolás de los Garza, Nuevo León, octubre 2018

*A mi hija: **Ángely Francesca Torres Gastell** , eres mi razón de ser, mi máximo orgullo, eres el motivo por el que me levanto cada día y quiero ser mejor persona, a ti va dedicada esta tesis, y todos los logros de mi vida, todo por ti, te amo mi niña.*

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>XI</b>
<b>Resumen</b>	<b>XIII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	2
1.2. Objetivo . . . . .	3
1.3. Hipótesis . . . . .	3
1.4. Justificación . . . . .	3
1.5. Metodología . . . . .	4
1.6. Estructura de la tesis . . . . .	5
<b>2. Antecedentes</b>	<b>6</b>
2.1. Logística . . . . .	7
2.1.1. Sistema logístico . . . . .	9
2.1.2. Actividades logísticas . . . . .	9
2.2. Cadena de suministro . . . . .	10

---

2.2.1. Gestión de la cadena de suministro . . . . .	11
2.3. Almacén . . . . .	12
2.3.1. Tipos de almacenes . . . . .	13
2.3.2. Almacenamiento . . . . .	14
2.3.3. Gestión de almacenes . . . . .	15
2.4. Inventarios . . . . .	15
2.4.1. Costos del inventario . . . . .	17
2.4.2. Políticas de inventarios . . . . .	18
2.5. Métodos de clasificación . . . . .	20
2.5.1. Clasificación ABC . . . . .	20
2.5.2. Clasificación ABC multicriterio . . . . .	23
2.5.3. Criterios para clasificación . . . . .	24
2.5.4. Herramientas cuantitativas para la clasificación multicriterio .	29
2.6. Conclusiones del capítulo . . . . .	31
<b>3. Metodología</b>	<b>32</b>
3.1. Etapas de la metodología . . . . .	33
3.1.1. Etapa I: Diagnóstico general de los inventarios de la empresa .	33
3.1.2. Etapa II: Clasificación multicriterio a partir de una variable o parámetro base cuantitativo utilizando dos métodos de clasi- ficación . . . . .	34
3.1.3. Etapa III: Establecer políticas diferenciadas para los inventarios	42

---

3.2. Conclusiones del capítulo . . . . .	46
<b>4. Implementación y resultados</b>	<b>48</b>
4.1. Implementación y resultados de la etapa I: Diagnóstico general de los inventarios de la empresa . . . . .	48
4.2. Implementación y resultados de la etapa II: Clasificación multicriterio a partir de una variable o parámetro base cuantitativo utilizando dos métodos de clasificación . . . . .	50
4.2.1. Clasificación ABC multicriterio . . . . .	50
4.2.2. Agrupación por TOPSIS . . . . .	54
4.3. Implementación y resultados de la etapa III: Establecimiento de políticas diferenciadas para los inventarios . . . . .	62
4.4. Conclusiones del capítulo . . . . .	67
<b>5. Conclusiones</b>	<b>68</b>
5.1. Conclusiones generales . . . . .	68
5.2. Contribuciones . . . . .	70
5.3. Recomendaciones . . . . .	70
5.4. Trabajo a futuro . . . . .	71
<b>A. Clasificación ABC/XYZ/123</b>	<b>72</b>
<b>B. Clasificación TOPSIS</b>	<b>81</b>
<b>C. Resultados de las políticas de inventarios</b>	<b>90</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

2.1. Encuesta «Los Retos y Perspectivas para elevar la competitividad en México».	8
2.2. Clasificación ABC.	22
3.1. Metodología	33
4.1. Portafolio de productos importados	49
4.2. Clasificación ABC	51
4.3. Clasificación XYZ	52
4.4. Clasificación 123	53
4.5. Comportamiento de las diferentes clasificaciones	53
4.6. Peso de los criterios de decisión	57
4.7. Distribuciones de clasificación ABC/XYZ/123 dentro de cada grupo	63
4.8. Reasignación de productos en grupos de clasificación	64



# ÍNDICE DE TABLAS

---

2.1. Zonas de clasificación . . . . .	24
2.2. Matriz de criterios para la clasificación ABC . . . . .	26
3.1. Zonas de clasificación para el criterio de demanda . . . . .	36
3.2. Zonas de clasificación para el criterio de rentabilidad . . . . .	36
3.3. Zonas de clasificación para el criterio de coeficiente de variabilidad . . . . .	37
3.4. Escala fundamental . . . . .	38
3.5. Valores de índices aleatorios (IA) . . . . .	40
3.6. Grupos de clasificación . . . . .	43
4.1. Cantidad de productos por cada tipo de clasificación . . . . .	51
4.2. Matriz de datos . . . . .	54
4.3. Ponderación de criterios . . . . .	54
4.4. Matriz normalizada para 10 productos . . . . .	55
4.5. Cuestionario de criterio de demanda . . . . .	55
4.6. Matriz de comparación del evaluador 1 . . . . .	56

---

4.7. Matriz de comparación del evaluador 2 . . . . .	56
4.8. Matriz de comparación del evaluador 3 . . . . .	56
4.9. Matriz normalizada de evaluador 1 . . . . .	57
4.10. Matriz normalizada de evaluador 2 . . . . .	57
4.11. Matriz normalizada de evaluador 3 . . . . .	58
4.12. Vector promedio . . . . .	58
4.13. Matriz de decisión ponderada y normalizada . . . . .	60
4.14. Valores de las matrices positiva y negativa . . . . .	60
4.15. Tabla resumen de resultados finales de TOPSIS . . . . .	61
4.16. Clasificación TOPSIS . . . . .	61
4.17. Ejemplos de políticas de inventarios para los diferentes grupos . . . . .	65
A.1. Clasificación multicriterio . . . . .	72
B.1. Clasificación TOPSIS . . . . .	81
C.1. Políticas de inventarios para productos $AX2$ . . . . .	90
C.2. Políticas de inventarios para productos para subgrupo $\alpha$ del grupo conservador . . . . .	91
C.3. Políticas de inventarios para productos para subgrupo $\beta$ del grupo conservador . . . . .	93
C.4. Políticas de inventarios para productos del grupo restringido . . . . .	97

# AGRADECIMIENTOS

---

La realización de una tesis, lejos de ser una tarea simple, llega a ser un cúmulo de esfuerzos, de horas de dedicación, momentos de estrés, cuando no puedes obtener un el resultado que esperas, de felicidad cuando al fin resuelves alguno de los problemas que se presentan. Pero como todo en la vida tiene su lado malo, pero a la vez su lado bueno, en este largo recorrido, conoces personas, reúnes experiencias, aprendizajes, los cuales hacen que valga la pena todo el esfuerzo y las horas dedicadas.

Tengo que agradecer primeramente a mi hija, a la cuál le dedique mi tesis, y es la responsable de todo este proceso, por ella decidí superarme, salir de mi país, enfrentar la dura emigración, todo para poder ofrecerle un futuro mejor, y para que algun día cuando entienda más se sienta muy orgullosa de su mamá.

Infinito agradecimiento a mi mamá, primeramente por haberme dado la vida, y por seguirme y apoyarme en todas mis decisiones y locuras. Por cuidar de mi hija como si fuera de ella, para que yo pudiera empezar este proceso y por haber creído siempre en mi.

A mis abuelos, que son mi ejemplo a seguir, son las mejores personas que he conocido en la vida, y me apoyaron cuando decidí emprender esta aventura, a pesar de no estar felices con mi decisión. En general a toda mi familia, que a pesar de la distancia física siempre han estado brindandome todo su apoyo y amor incondicional.

A mi esposo, que siempre creyó en mi, me dijo que si podía, desde el primer

paso que di, para aplicar a la maestría. Por todo su apoyo y amor incondicional, porque a pesar de las adversidades hemos sabido salir adelante en este hermoso país.

Muchas gracias a todos los amigos incondicionales que he hecho a lo largo de estos dos años. A mis amigos cubanos, que se fueron incorporando a lo largo de mi transcurso, y de algún modo me hicieron sentirme más cerquita de casa.

A Jania Saucedo, por su paciencia infinita, por ser amiga, maestra, coordinadora, por siempre estar ahí para mí, para cualquier problema que tuviera, ya fuera escolar o personal, ahí siempre estaba para ayudarme, por sus consejos, sus regaños, no sabe cuanto crecí gracias a ella.

A mi tutor Miguel Mata Pérez, por sus revisiones, y sus contribuciones al proyecto de tesis, mil gracias por todas las horas dedicadas, y por la paciencia que me tuvo siempre.

A la maestra Mónica Camacho, porque enseñarme que de nada sirve quejarse hay que seguirle echando ganas a todo para mejorar, quejarse es de mediocres, gracias a ella lo entendí. Agradecida haber aceptado ser revisora de mi tesis y apoyarme con todos sus conocimientos.

A todos los maestros que tuve la oportunidad de conocer en la maestría, y que me ofrecieron tantas enseñanzas y conocimientos.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en conjunto con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme dado la oportunidad de seguir superándome, y conocer este hermoso país, que me recibió con sus manos abiertas, y me enseñado a ser más fuerte, más trabajadora y mucho mejor persona.

# RESUMEN

---

Lorraine Gastell Piloto.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: REDUCCIÓN DE COSTOS Y MEJORA EN EL FLUJO DE INVENTARIOS PARA UNA PYME COMERCIALIZADORA DE REFACCIONES.

Número de páginas: 102.

**OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO:** El presente trabajo de tesis es el resultado de un estudio realizado en una pyme comercializadora de refacciones. En la situación actual de la empresa algunos de sus productos poseen excedente de inventarios en el almacén, algunos de los cuáles se encuentran obsoletos; mientras que de otros productos se incurre en faltantes, es decir no se satisface completamente la demanda de los clientes. La empresa realiza los pedidos por experiencia de los compradores y sus los mismos son importados desde China. El objetivo principal de la tesis es minimizar los costos de inventarios, manteniendo un buen nivel de servicio para una empresa caso de estudio mediante la adopción de políticas de inventarios calculadas analíticamente. Para lo anterior, se va a realizar una clasificación multicriterio, que permita determinar cual es mejor modelo matemático según las características de cada producto de acuerdo a su clasificación. En este proyecto, la clasificación

multicriterio, se realizará conjugando los métodos de clasificación ABC, TOPSIS y AHP. Como consecuencia de la clasificación, se agruparán los productos en grupos o subgrupos. Con esto podemos utilizar los métodos de administración de inventarios para establecer políticas de inventario específicas para cada productos, de acuerdo a su grupo de clasificación.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: La empresa recibió una herramienta analítica que le va a permitir clasificar sus productos teniendo en cuenta varios criterios, además de una guía a seguir con las políticas de inventarios de los diferentes productos y grupos de productos con el comportamiento a seguir para cada uno de ellos. Podrán determinar de manera sencilla, puntos de reorden, máximos y mínimos, mediante una herramienta formulada.

Se concluye de que las herramientas analíticas antes mencionadas contribuyen a mejorar la gestión de los inventarios de la empresa, disminuyen los costos asociados a la gestión de los inventarios, manteniendo el nivel de servicio y la rentabilidad de la empresa.

Firma del asesor: \_\_\_\_\_  
Dr. Miguel Mata Pérez

## CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN

---

Las pequeñas y medianas empresas, pymes, tienen particular importancia para las economías nacionales, no solo por sus aportaciones a la producción y distribución de bienes y servicios, sino también por la flexibilidad de adaptarse a los cambios tecnológicos y gran potencial de generación de empleos. Representan un excelente medio para impulsar el desarrollo económico y una mejor distribución de la riqueza.

Hoy día, los gobiernos de países en desarrollo reconocen la importancia de las pymes por su contribución al crecimiento económico, a la generación de empleo, así como al desarrollo regional y local.

Hasta hace unos años, ofrecer servicio al cliente era algo adicional, un valor agregado, un extra que algunas empresas ofrecían para diferenciarse del resto. Pero actualmente, en esta guerra por mantener clientes, ofrecer un alto nivel de servicio se hizo imperativo. Hoy el cliente espera y hasta exige un alto nivel de atención. Por lo que para sobrevivir es indispensable ofrecer un buen nivel de servicio.

Este trabajo de tesis propone una estrategia de mejora para la disminución de costos de inventarios, se considerarán los inventarios de una empresa regional comercializadora de refacciones, iniciando por revisar su portafolio de productos, analizando la posible reducción de los costos logísticos, contemplando que la demanda de los principales cliente se satisfaga para así mantener un buen nivel de servicio

al cliente.

La empresa donde se realizó el proyecto de tesis se denomina Autodepot (ADN), es una empresa situada en México, distribuye refacciones y accesorios para autos compactos. Su estrategia es continuar ofreciendo nuevos productos y oportunidades de negocio para todos sus clientes. Para lograr el estándar necesario buscan mantener una estricta política de eficiencia hacia sus clientes, proveedores, colaboradores, asociados y hacia la comunidad.

Autodepot inicia en México en 2013 y a través de estos años ha logrado expandirse a lo largo del país. Actualmente cuenta con un centro de distribución en Monterrey, mediante el cual y con el apoyo de sus 26 colaboradores, atiende a su red de distribuidores.

Durante el diagnóstico de la empresa se detectaron varias áreas de oportunidad:

- Sus principales productos vienen importados de China provenientes de dos proveedores.
- Algunos productos poseen excedente de inventarios en el almacén. Otros productos se encuentran caducados. La empresa no ha determinado puntos de reorden ni inventarios de seguridad.
- Los pedidos los realizan por experiencia de los compradores, no saben qué cantidad pedir con exactitud para poder satisfacer su demanda, ni cada cuánto pedirlos para que lleguen a tiempo.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Mediante un diagnóstico a la empresa, se pudo detectar que, en primera instancia, no se realiza un análisis de la demanda, lo cual provoca un desabasto o



sobreabasto en determinados productos, causando con esto un sobreinventario o productos obsoletos, afectando la satisfacción de sus clientes. La empresa le da a todos los productos el mismo tratamiento, es decir, tienen las mismas estrategias de pedidos para todos los productos, sin importar que un producto tenga una mayor demanda que otro, esto provoca que disminuya el nivel de servicio al cliente y aumenten los costos logísticos.

## 1.2 OBJETIVO

El objetivo principal del proyecto de tesis es reducir los costos de inventarios mediante la adopción de nuevas políticas de inventarios fundamentadas en herramientas cuantitativas, manteniendo un buen nivel de servicio al cliente.

## 1.3 HIPÓTESIS

Mediante la adopción de políticas de inventarios basadas en métodos cuantitativos como la clasificación multicriterio de familias de productos, además de la determinación de puntos de reorden, tamaños de lotes óptimos, inventarios de seguridad, niveles de inventarios máximos y mínimos, se logrará disminuir los costos de inventario, como son los derivados de la administración de un inventario excesivo y la existencia de productos obsoletos, lo cuál conlleva a la reducción de costos logísticos de inventario y manteniendo el nivel de servicio esperado por la empresa.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Una de las principales causas que aquejan a los empresarios hoy en día es llevar un inadecuado control de los inventarios y almacenes. Esto conlleva a que la mayoría

de las veces se tomen decisiones erróneas por la falta de claridad de la información y por ende se vea afectada la empresa. Una de las causas por las cuales alrededor del 70 % de las pymes tiene una vida promedio de 5 años es debido a las pérdidas significativas en las ventas e inventarios (INEGI, 2014).

Una mala gestión de los inventarios puede provocar altos costos, productos obsoletos, clientes insatisfechos, lo que a su vez puede provocar la disminución del nivel de servicio de la empresa.

En este momento, donde la competencia ha aumentado considerablemente, todos los empresarios se preguntan: cómo lograr que los clientes elijan comprar en su empresa y no en la de los competidores, y cómo lograr que el cliente que compró una vez, lo vuelva a hacer en el futuro. Un concepto clave es la satisfacción del cliente, un cliente satisfecho es un cliente que con mayor probabilidad seguirá comprando en la empresa y además podría recomendar la empresa a otros clientes potenciales. Por el contrario, un cliente insatisfecho dejará de comprar y podría afectar la reputación de la empresa ante otros clientes.

En un primer estudio a la empresa, se detectó que de un total de 725 productos que posee la empresa, 286 productos poseen nula o baja rotación. Estos representan un 39.45 % del total de productos. El total de piezas que tenían almacenadas de todos estos productos era de 13,113 unidades, calculando los costos de estos productos se concluyó que la empresa tiene invertidos \$1,645,746.29 en inventario de este tipo de productos.

## 1.5 METODOLOGÍA

Como parte de la metodología a seguir para la realización del proyecto de tesis, se hizo contacto con la empresa. Se realizó un diagnóstico de la misma, lo que contribuyó a seleccionar el tema de tesis que se abordó. La descripción del problema principal de la tesis permitió realizar una justificación de la misma. Todo lo anterior

unido a un estudio bibliográfico, una propuesta y experimentación de metodología, permitirá realizar análisis de los resultados, lo que contribuirá a la proposición de mejoras.

## 1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Este trabajo de tesis posee cinco capítulos, en los cuales se presentará una descripción de la empresa, un marco teórico donde se desarrollarán temas relacionados con los problemas a resolver en el proyecto, además de un apartado para abordar todo el desarrollo del proyecto.

El primer capítulo es la introducción al proyecto de tesis, la cual consta del planteamiento del problema, el objetivo, la justificación, la hipótesis y la estructura de la tesis. El segundo capítulo son los antecedentes de la tesis, donde se exponen los principales conceptos relacionados con todo lo abordado en la misma. A continuación encontramos un tercer capítulo que comprende la metodología que se utilizará para solucionar la problemática de la empresa de estudio. Como cuarto capítulo tenemos la experimentación e implementación de la metodología. Por último, tenemos un quinto capítulo que donde se exponen las conclusiones, recomendaciones y aportes para la empresa.

## CAPÍTULO 2

# ANTECEDENTES

---

La logística no es fácil de definir ya que está estrechamente relacionada con la comunicación, la transportación, la tecnología, entre otras actividades. En todos los aspectos mencionados anteriormente la misma tiene un significado particular y diverso. Además es de vital importancia para las empresas, su importancia se evidencia en la necesidad actual que manifiestan muchas empresas de mejorar su servicio al cliente, basada en el logro de una mayor eficiencia de sus redes comerciales, sus sistemas de transporte y siempre tratando de lograr que esta eficiencia y mejora del servicio se logren al menor costo posible (Ballou, 2004).

En este capítulo abordaremos los principales conceptos que sustentan el problema de la tesis, muchos de los mismos tienen estrecha relación con el problema que se está analizando y otros también están relacionados aunque no sea de manera directa. Dentro de los conceptos expuestos en este capítulo se encuentran los relacionados con inventarios, toma de decisiones bajo criterios múltiples, almacenes, cadena de suministro y logística. Cada definición comparte algún elemento significativo con el problema por lo que se cree que es útil considerarlos.

## 2.1 LOGÍSTICA

La logística se ha desarrollado a lo largo del tiempo, esta tuvo sus inicios en el contexto militar; y a partir de la segunda guerra mundial empezó a ser tomada en cuenta en el mundo empresarial. La misma ha estado evolucionando desde el manejo de flujo de materiales hasta la logística integral (Christopher, 2016).

Otros autores plantean que su administración es una parte de la cadena de suministros que tiene por objeto la planeación, implementación y control del eficiente y efectivo flujo, y almacenamiento de bienes y servicios, así como de la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el objeto de conocer los requerimientos de los clientes (Lambert *et al.*, 2005).

Uno de los objetivos logísticos es minimizar el costo total, teniendo en cuenta el servicio al cliente. El análisis del costo total es la clave para administrar, la empresa se debe centrar más en la reducción del costo total que en la de costos de actividades por separado (Chopra y Meindl, 2008).

Estos costos se pueden agrupar en seis categorías (Soret, 2001):

1. Nivel de servicio,
2. transporte,
3. almacenamiento,
4. procesamiento de órdenes,
5. sistema de información,
6. cantidad de lote y
7. mantenimiento del inventario.

En la figura 2.1, se muestra una gráfica que evidencia la importancia que tiene la logística para los empresarios, la misma es el resultado de una encuesta la cuál se denominó «Los retos y perspectivas para elevar la competitividad en México» (Manufactura, 2005).

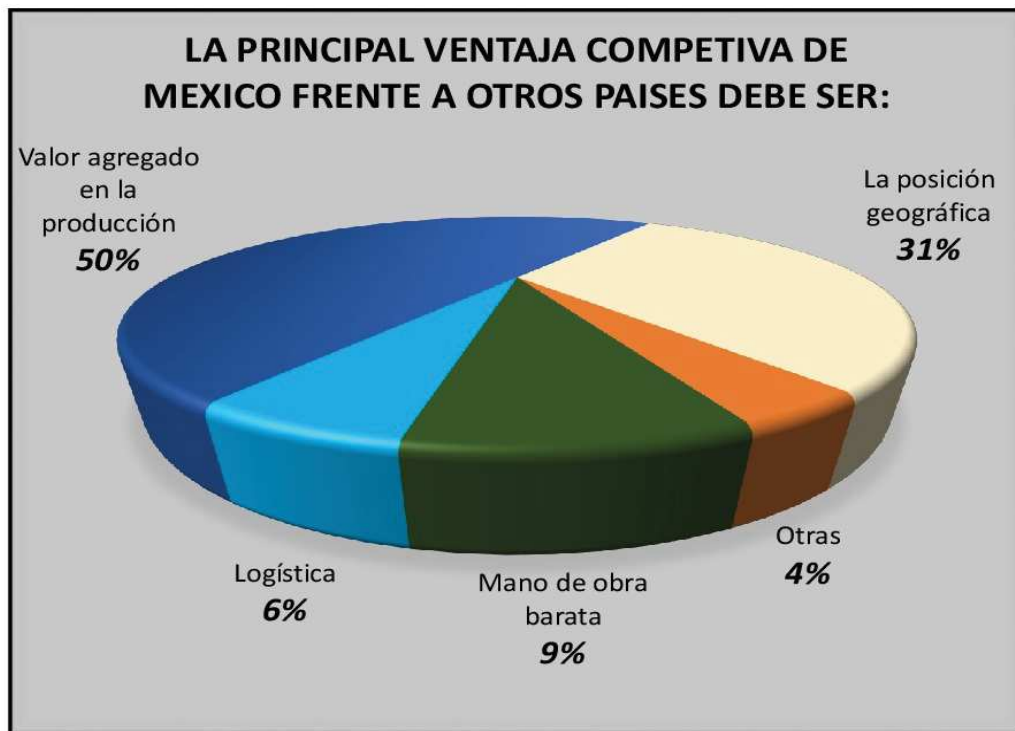


Figura 2.1: Encuesta «Los Retos y Perspectivas para elevar la competitividad en México».

Fuente: Revista Manufactura, 2005

Analizando los resultados gráficos de la encuesta, se puede determinar que la logística ya estaba contemplada dentro de los factores para tener en cuenta para elevar la competitividad en México, por lo que su campo de aplicación puede ser muy amplio.

### 2.1.1 SISTEMA LOGÍSTICO

Un sistema logístico es un conjunto interrelacional de recursos, procedimientos y métodos que permiten el sostén logístico, cuyo fin principal es hacer interactuar de manera ordenada los recursos logísticos para alcanzar de manera efectiva los objetivos previstos (Christopher, 2016).

Carrasco (2000) plantea que un sistema logístico viene dado por un grupo de actividades, las cuales pueden ser internas o externas, y están implicadas en todo el proceso, desde el abastecimiento de materias primas hasta la entrega de producto terminado al cliente final. Dichas actividades tienen como objetivo que se manufacture un producto o se efectúe un servicio con la calidad necesaria para lograr la satisfacción del cliente.

### 2.1.2 ACTIVIDADES LOGÍSTICAS

Las actividades logísticas se pueden dividir en dos categorías: pueden ser claves o de apoyo. Las de apoyo pueden ser de manejo de materias primas, compras, proceso productivo almacenamiento, empaquetado, etc. Por otro lado entre las actividades clave podemos encontrar las de transportación, flujos de información, servicio al cliente, administración de inventarios, procesamiento de pedidos, etc (Ballou, 2004).

Existe otra clasificación de las actividades logísticas, las mismas pueden ser internas y externas, a continuación se exponen elementos para cada tipo de clasificación (Lambert *et al.*, 2005):

- Internas:
  - Pronósticos de la demanda.
  - Manejo de los inventarios.
  - Administración de materia prima.

- Procesamiento de pedidos.
  - Empaquetado.
  - Selección de área de producción y almacenes.
  - Aseguramiento de que exista un abastecimiento adecuado de materia prima.
- Externas:
- Servicio al cliente.
  - Comunicación logística.
  - Mantenimiento.
  - Transporte .

## 2.2 CADENA DE SUMINISTRO

En la actualidad la cadena de suministro se ha convertido en un tema muy valioso para todas las empresas que requieran contar con un sistema efectivo para manejar sus flujos financieros, de información y materia prima.

Una cadena de suministro es el grupo de procesos que permite a la empresa posicionar e intercambiar materias primas, servicios, productos terminados y semi-terminados, así como de información, regidos por un sistema logístico que parte desde la adquisición de materia prima hasta la entrega de producto terminado al cliente final (Chopra y Meindl, 2008).

También se suele afirmar que la cadena de suministro son las empresas, incluyendo a todos sus actores, esto incluye los proveedores, productores, distribuidores y vendedores, ya sean mayoristas o minoristas, los mismos se encuentran coordinados de manera eficiente mediante relaciones de ayuda mutua para proporcionar a cada eslabón de la cadena las cantidades de producto que necesitan, en el momento que lo



necesitan, y al menor costo posible, buscando siempre que haya un mayor impacto en las cadenas de valor de los miembros de la cadena de suministros, con el fin de lograr una satisfacción del cliente cada vez mayor (Arango *et al.*, 2008).

Entre los objetivos estratégicos de la cadena de suministro se encuentran: incrementar la capacidad de todos sus eslabones de ser responsables de la toma de decisiones, elaborar planes que incluyan una serie de medidas para lograr una mayor productividad del sistema logístico, enfocadas en elevar el nivel de servicio de los clientes, demás deben tener en cuenta la toma de acciones que mejoren la administración de operaciones, y solidifiquen las relaciones duraderas con los proveedores y clientes más importantes de la cadena de suministros (García, 2006).

Entre todos los eslabones que trabajan conjuntamente en una cadena de cadena de suministro se encuentran todas las empresas con las que se debe actuar de manera recíproca ya sea de manera directa o indirecta, ya sean proveedores o clientes (Jiménez, 2002).

### 2.2.1 GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

El tema de la cadena de suministros es de vital importancia, por lo que es necesario analizar cada uno de sus detalles para poder coordinarla y lograr que todo funcione de manera eficiente. No se puede concluir el tema de las cadenas de suministro sin antes tocar el tema de sus gestiones.

La gestión de la cadena de suministro surge como la mezcla entre la tecnología y las mejores estrategias de comercio. Las empresas que ya lograron mejorar todo su sistema interno, que es lo primordial, continúan laborando con el objetivo de conseguir más ahorros y mayores beneficios, derivados de los cambios positivos efectuados en los procesos y de la recirculación de información que ocurre entre todos los eslabones de la cadena (Chopra y Meindl, 2008).

Entre las definiciones que podemos encontrar de gestión de la cadena de suministro podemos destacar una que plantea que la misma no es más que planear, organizar y controlar todos los procesos dentro de la cadena de suministro. Entre estos procesos podemos encontrar la administración de flujos financieros, productos o servicios, que tienen lugar dentro de la cadena de suministro, con el objetivo de aumentar el valor del producto/servicio que se entrega al cliente final, tratando siempre de disminuir los costos internos de la empresa (Samarripa, 2008).

Otros autores plantean que en la actualidad la gestión de la cadena de suministros ha surgido exactamente como lo hizo en su momento la gestión logística en las empresas, la cual fue el centro de gravedad del desarrollo de la logística (Acevedo *et al.*, 2001).

Por su lado Villalobos (2004) afirma que la gestión de la cadena de suministro es la organización de manera sistemática y estratégica de todas las operaciones de una empresa. Además, es la integración de las operaciones claves de comercio, que parte desde los proveedores, que aunque estén alejados ofrecen productos, información y valor a todos los clientes y demás eslabones de la cadena de suministro.

Dentro de una cadena de suministros se llevan a cabo varios procesos para hacer llegar el producto o servicio a su cliente final. Dentro de estos procesos se encuentran los que se llevan a cabo dentro de los almacenes.

## 2.3 ALMACÉN

Existen numerosas definiciones que explican qué es un almacén. Podemos iniciar expresando que un almacén es una entidad de asistencia en la estructura jerarquizada y funcional de una compañía, ya sea comercializadora o productora, los almacenes tienen propósitos encaminados a la protección, vigilancia, control y suministros de materias primas y productos terminados (García, 2010).

Arrieta (2011) por su lado plantea que el almacén se puede definir como el espacio físico ubicado generalmente dentro de las instalaciones de una empresa, en el que se depositan productos terminados, en proceso o materias primas.

También es importante mencionar que los almacenes necesitan mano de obra, capital (tierra, almacenamiento y manejo de equipos) y sistemas de información, todos los cuales son caros y generan altos costos a las empresas (Bartholdi y Hackman, 2017).

El sistema logístico de todas las compañías, ya sean productivas o comerciales, tiene entre su estructura varios componentes, entre los cuáles se encuentran los almacenes. El almacén constituye uno de los elementos que intervienen en el flujo de materiales: comienza desde la entrada de materias primas hasta la distribución de las mismas y la salida de producto terminado. El almacenamiento es una de las actividades más importantes de cualquier empresa, pero en la actualidad muchas compañías no le dan la importancia que merece porque creen que es los almacenes son únicamente bodegas para guardar materiales o productos terminados (Andersson y Molin, 2017).

### 2.3.1 TIPOS DE ALMACENES

Los almacenes pueden clasificarse de diversas maneras, ya sea según sus objetivos comerciales, el sector industrial al cual pertenece, el tipo de artículos que almacena, entre otras clasificaciones (Jiménez, 2002).

Existen dos clasificaciones de almacenes, los mismos se clasifican en:

- Almacenes productivos: Su objetivo fundamental es de almacenar materiales, partes o artículos semi-terminados, los cuáles se utilizan y son imprescindibles para suministrarlos a ciertos procesos productivos de la industria (Anaya, 2008).

- Almacenes comerciales: Pueden ser llamados almacenes de artículos terminados, en ellos se depositan los productos que ya están listos para su comercialización en el mercado. Estos a su vez tienen tres clasificaciones, pueden ser de estante, de productos de volumen grande o de piezas sueltas (Anaya, 2008).

### 2.3.2 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento es un proceso que consta de tres actividades principales: la entrada de los artículos, el acomodo de los mismos y su posterior extracción una vez que son solicitados para su producción o comercialización. El mismo es de las actividades más importantes en una cadena de suministros, por lo mismo es un proceso bastante costoso para todas las compañías, lo cual representa entre el 2 y 5 por ciento del costo total de la compañía (Frazelle, 2016).

La zona de almacenaje es el lugar donde la mercancía quedará depositada hasta el momento de su expedición. Para almacenar se tendrán en cuenta las características de las unidades de carga, peso, volumen y con qué frecuencia se tendrán que revisar los inventarios. Estos datos ayudarán a tomar decisiones respecto al tamaño y peso de las tarimas, el tipo de estanterías y colocación de las mismas y la amplitud necesaria en los pasillos; el control de inventarios determinará el lugar donde hay que ubicar la mercancía en función de la rotación o frecuencia de entrada y salida (Maynard, 2016).

Según Anaya (2008) los errores más comunes que cometen las empresas en su gestión de almacenes son:

- Zonas de carga y descarga de extensión reducida.
- No respetar la clasificación ABC.
- Almacén saturado.

- Personal insuficiente.
- Tener los productos sin codificar.

### 2.3.3 GESTIÓN DE ALMACENES

Algunos autores llaman a la gestión de almacenes como gestión de inventarios. Además, afirman que su principal función subyace en determinar el valor óptimo de las existencias en almacén en base a ciertos criterios de índole técnica y económica (Cañas y De Aro, 1983).

De este análisis se podría decir que, si logramos que un almacén pueda responder a las necesidades de la compañía con un alto nivel de seguridad, incluyendo todos sus departamentos, entonces la misma, se puede considerar que esta cumpliendo con el objetivo principal de una correcta gestión de almacenes.

La gestión de inventarios implica controlar los niveles de inventario para así obtener utilidades. Sin embargo, queda difusa la forma en que un almacén es capaz de generar utilidades para la organización. Si bien es cierto, las utilidades en gran porcentaje surgen por medio del área de ventas, que es el motor del flujo económico de la empresa, no obstante, si el área de ventas no dispone de material suficiente para trabajar, demorará más en atender y así su calidad de servicio sería vista como inferior, reflejándose en la pérdida de oportunidades de negocio (Reyes Aguilar, 2009).

## 2.4 INVENTARIOS

Los inventarios son un elemento de gran relevancia para cualquier empresa y constituyen el punto en que se basa la empresa para comenzar a ejercer sus decisiones estratégicas. La gestión de inventarios es una herramienta para poder contabilizar las

cantidades de los mismos que posee una compañía, esto contribuye a que se realice una comercialización competente, ya sea de productos o de servicios. Los inventarios que posee una empresa son de gran importancia en la fase de suministro y ejecución de la demanda. Este proceso permite obtener como resultado que existan controles confiables de materia prima y producto terminado (Hillier y Lieberman, 2010).

La gestión de inventarios es un proceso logístico en el que se localiza una importante opción de disminuir costos en las compañías, realizando una administración eficiente de la materia prima almacenada, incluida su transportación.

Una buena administración en este campo permite reducir la cantidad de elementos requeridos en los almacenes, así como aumentar los niveles de cumplimiento de los pedidos de clientes internos y externos (Frazelle *et al.*, 2007).

Según Nahmias *et al.* (2007) los inventarios representan valor para la compañía debido a que se almacenan para actuar como un amortiguador que permita satisfacer la demanda, o el abastecimiento de los materiales de entrada para fabricar un producto final. Hay diversos tipos de inventarios: de materias primas, productos en proceso, productos terminados o mano de obra. La principal razón para mantener inventarios es la satisfacción de los clientes, ya que si no se satisface a tiempo a un cliente éste se puede ir con la competencia, sin embargo, se pueden citar otras razones:

- Disminución entre los tiempos de oferta y demanda: existen productos que solo están disponibles durante una época específica del año; pero su demanda es uniforme durante todo el año, en este caso nos podemos referir a algún cultivo que se almacena durante una temporada para estar disponible todo el año.
- Reducción de los costos de producción: se consiguen disminuir costos al producir un gran número de artículos sin que tengan una demanda específica para disponer de los artículos posteriormente.
- Incertidumbre ante la demanda: aplicando técnicas de pronósticos podemos

determinar cuánto producto tener y así pedir una cantidad de productos que estén por encima del nivel del pronóstico.

Christopher (1999) asegura que los inventarios representan la existencia de bienes muebles e inmuebles que tiene la empresa para comerciar con estos, comprándolos y vendiéndolos tal cual o procesándolos primero antes de venderlos, en un periodo de tiempo determinado.

Los objetivos de un inventario son:

- Aseguramiento contra las variaciones de precio y oferta del mercado.
- Facilita los cambios previstos en la oferta y demanda.
- Permite un flujo continuo de los procesos de manufactura y ensamble.
- Mejora los procesos de compraventa de suministros y materiales, teniendo la posibilidad de aprovechar descuentos por volumen (Andersson y Molin, 2017).

De acuerdo con Parada (2009), la principal forma o tipo de inventarios es el inventario de mercancías, el cual consiste en todos aquellos bienes que le pertenecen a la empresa bien sea comercial o mercantil, los cuales se compran y se venden sin ser modificados.

#### 2.4.1 COSTOS DEL INVENTARIO

El costo es la representación base de todo inventario y de los costos asociados al proceso de sostener un inventario se diferencian según la naturaleza de la organización. En el caso de la actividad comercial, consiste en el proceso de emitir una orden de pedido ya sea por llamada telefónica, preparación de formatos, gastos administrativos, además de algunos gastos intrínsecos, como, por ejemplo, el pago

de fletes o paqueterías, así como también los procesos asociados a la recepción de mercancías. Los costos que diferencian al mantenimiento del inventario se pueden observar de manera predominante por la permanencia en las existencias durante un periodo de tiempo, dado que cada unidad representa un costo de manipulación en los procesos de recepción, almacenamiento, inspección y despacho (Gutiérrez y Vidal, 2013).

El costo de inexistencia incluye el proceso de pérdida de ventas e incumplimiento de contratos, y se pueden dividir en tres grupos básicos (Brown, 1982):

- Pérdida de ingresos por ventas.
- Gastos generados por incumplimientos de contrato.
- Re-pedido y sustitución.

El responsable de la administración de los inventarios en una organización deberá establecer los siguientes lineamientos (Hillier y Lieberman, 2010):

- ¿Cuántas unidades deberán ser ordenadas?
- ¿En qué momento deberá de ordenarse?
- ¿Cuáles artículos del inventario merecen una atención especial, por lo cual se debe definir el grado de rigurosidad del control sobre el producto?

#### 2.4.2 POLÍTICAS DE INVENTARIOS

El objetivo de una política de inventarios es minimizar la inversión, satisfaciendo la demanda, sin obstaculizar las operaciones de la empresa. Es decir, mantener el inventario posible, asegurando que este permitirá cumplir con los requerimientos del cliente, afectando lo menos posible a terceras personas (Pérez *et al.*, 2013).



Una política de inventarios apropiada permite incrementar la rentabilidad de una empresa, ya que mientras menores sean los costos, los procesos serán más eficientes (García, 2010).

Para definir la política de inventarios se debe tomar en cuenta (Gutiérrez y Vidal, 2013):

- Los procesos que se llevan a cabo.
- La interacción entre estos procesos.
- Los criterios necesarios para el control.
- Los métodos de seguimiento, medición y análisis.

Para poder asegurar que las políticas de inventarios implementadas sean eficientes se necesita recurrir a herramientas cuantitativas, entre las que se encuentran (Andersson y Molin, 2017):

- Respuesta rápida  $(r, q)$ : El método determina una cantidad de orden que se necesita hasta la siguiente entrega. Se utiliza con mayor frecuencia cuando el tiempo entre las entregas es corto, por lo que las empresas deberían prestar atención con los artículos para los que lo usan. Si el costo de pedido es alto, podría ser mejor usar un método alternativo y si la demanda es alta o el producto es de alto valor es mejor usar este método.
- Revisión continua  $(s, S)$ : Es una política similar a la de respuesta rápida  $(r, q)$ . Cuando el nivel de inventario cae por debajo de un nivel  $ss$ , se ordena una cantidad de orden. El orden cantidad  $SS$  es el nivel máximo.
- Revisión continua  $(s, Q)$ : En este método siempre que el inventario sea igual o menor que  $s$ , que sería el punto de reorden, se debe pedir una cantidad  $Q$ .

- Revisión periódica  $(R, S)$ : El inventario se revisa cada  $R$  periodos de tiempo y se pide la cantidad que se necesita para que el inventario alcance su máximo nivel  $S$ .
- Revisión periódica  $(R, s, S)$ : Se revisa el inventario cada un tiempo  $R$ , si el mismo es menor al nivel  $s$ , se pide hasta llegar el nivel  $S$ , pero si al revisarlo no es menor que el nivel  $s$  entonces no se pide.

Usualmente se emplean estas políticas por tipos de producto o categorías, por lo que se hace necesario que los productos sean clasificados y agrupados según sus características.

## 2.5 MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN

### 2.5.1 CLASIFICACIÓN ABC

La clasificación tradicional de los artículos de una compañía en un número reducido de categorías es una implementación de la famosa observación de Pareto sobre la distribución desigual de la riqueza a nivel nacional: la mayor parte es controlada por unos pocos y la mayor parte de la población controla sólo una pequeña porción. El principio de Pareto enunciado anteriormente puede ser utilizado en una gran cantidad de áreas gerenciales. En relación al área de gestión y control de inventarios, el análisis de Pareto sugiere que no todos los ítems en el inventario de una empresa deben ser controlados igual, por lo que los ítems más importantes (grupo A) deben ser controlados y monitoreados con sistemas de control de inventario más sofisticados que los utilizados para ítems menos importantes que se encuentran en el grupo B; y que los ítems del grupo C se deben controlar más fácilmente en comparación con los ítems del grupo B (Gutiérrez y Vidal, 2013).

El método de clasificación de productos ABC asume la propiedad estadística

conocida como el principio de Pareto, la cual es una manera de clasificar los productos de manera preliminar acorde con ciertos criterios tales como impacto importante en el valor total, ya sea de inventario, de venta o de costos. Además, permite generar categorías de productos que necesitarán niveles y modos de control distintos (Ramanathan, 2006).

Una forma clásica para clasificar las categorías ABC, consiste en concentrar un conjunto de artículos que representan un porcentaje del valor total del inventario. De esta manera los artículos clase A recibirán la mayor atención por parte de la administración, por lo regular estos artículos representan entre un 5 % y 20 % del número de artículos y alrededor de un 80 % del valor total del inventario; los artículos clase B son los que tendrán una importancia moderada para la administración, un gran número de artículos cae en esta clase, hasta un 50 % y representa alrededor del 15 % del valor total del inventario (Silver et. al, 1998).

Al aplicarse el método se obtiene una curva que representa la distribución estadística del efecto de los clasificaciones consideradas. En esta curva quedan definidas tres zonas (ver figura 2), las características de cada zona son las siguientes (Parada, 2009):

- Zona A: Agrupa del 10 % al 20 % del total de los ítems y representa del 60 % al 80 % del efecto económico total. Estos ítems se clasifican como A y son los más importantes para la empresa según el parámetro base considerado.
- Zona B: Agrupa del 20 % al 30 % del total de los ítems y representa del 20 % al 30 % del efecto económico total. Estos ítems son clasificados como B y tienen una importancia media para la empresa.
- Zona C: Agrupa del 50 % al 70 % del total de los ítems y representa del 5 % al 15 % del efecto económico total. Estos ítems se clasifican como C y son los de menor importancia para la empresa según el parámetro base considerado.

El procedimiento convencional para la aplicación del método ABC refiere los

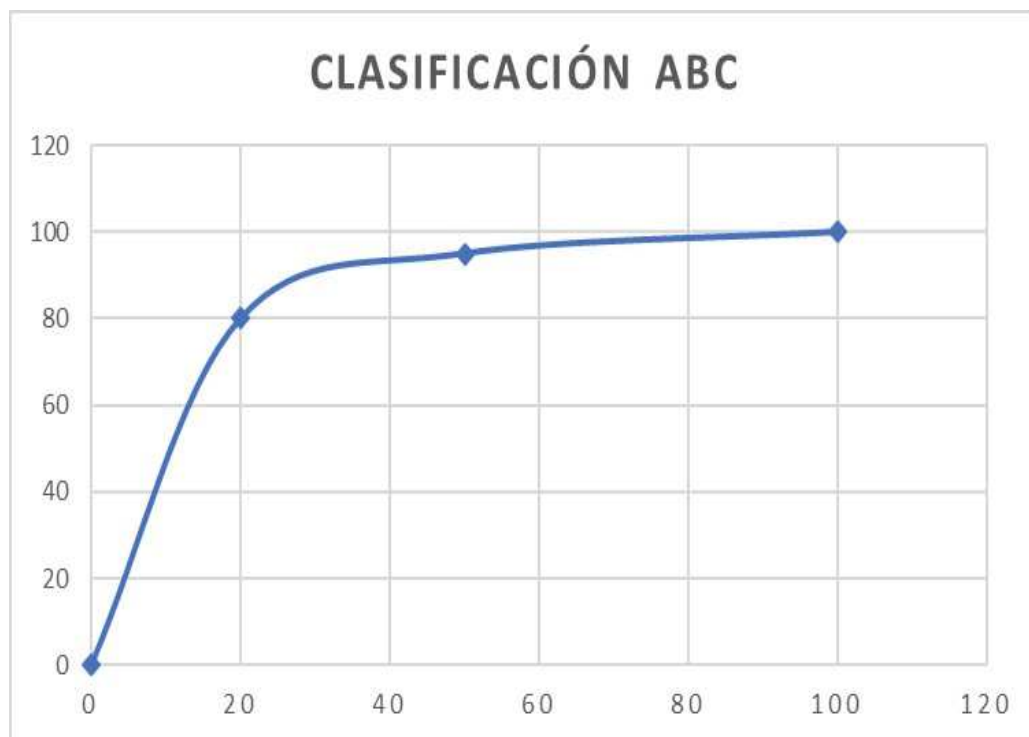


Figura 2.2: Clasificación ABC.

Fuente: Elaboración Propia

pasos siguientes (Parada, 2009):

- Seleccionar la variable o parámetro base en función del objetivo que se persiga.
- Establecer el rango de clasificación por zonas.
- Ordenar los productos según los valores de la variable o parámetro base de mayor a menor.
- Ordenamiento en forma decreciente.
- Determinar la participación de cada elemento en el valor total, ventas o consumo, y sobre el total de productos (frecuencias relativas).
- Calcular los porcentajes acumulados.
- Determinar las diferentes zonas.

### 2.5.2 CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO

El análisis ABC clásico ha sido cuestionado por algunos autores, debido principalmente a que la importancia y la atención prestada desde la gerencia a cada ítem depende de un único criterio a la hora de realizar la clasificación, sabiendo que en algunas oportunidades hay características y atributos que deberían ser considerados y posiblemente afectan su importancia. Considere, por ejemplo, un repuesto vital para el funcionamiento de una máquina, el cual es fundamental dentro del proceso productivo de una empresa, pero que sea muy económico y con un consumo anual moderado. Sin duda, este repuesto requeriría de una atención mayor por parte de la gerencia si en la clasificación se hubiera considerado la criticidad del ítem y no sólo su consumo o utilización en términos monetarios (Chen *et al.*, 2008).

Cuando un análisis ABC posee dos o más criterios es denominado Clasificación Multicriterio del Inventario (MCIC, por sus siglas en inglés), este tema ha sido tratado por varios autores. En los primeros trabajos se planteaban metodologías con dos criterios que permitía realizar un análisis ABC por medio de una matriz cruzada tabular. Sin embargo, cuando se incluyen tres o más criterios al análisis, la metodología puede ser más compleja, por lo que se suele acudir a otras metodologías para la clasificación (Chen *et al.*, 2008).

A partir de la clasificación multicriterio se puede proceder de dos formas: una realizando un análisis cuantitativo mediante modelos matemáticos y la otra mediante un análisis cualitativo. Desde el punto de vista cualitativo se pretende evaluar el grado de importancia que tiene cada producto para la organización, a través de criterios de esencialidad. Esta evaluación puede realizarse mediante criterios de expertos o métodos que permiten obtener un orden jerárquico. Con la clasificación ABC multicriterio cada artículo podrá disponer de una clasificación obtenida de la aplicación del método ABC, según el procedimiento convencional para cada uno de los parámetros base seleccionados. Ello permitirá tener un código selectivo A, B o C, de acuerdo con los rangos establecidos para delimitar cada una de las zonas de

clasificación (ver tabla 2.1).

Tabla 2.1: Zonas de clasificación

Producto	Clasificación según			
	Consumo	Movimiento	Inventario Medio	Existencia
Jabón	A	B	C	A

Fuente:(Parada, 2009)

Para Parada (2009) se pueden tener en cuenta los siguientes criterios:

- El producto es crítico o reservado: evaluar si la carencia del producto en el inventario puede ocasionar una ruptura en el proceso de producción o servicios, o si su salida del almacén la controla la gerencia por considerarlo estratégico para la empresa.
- Hay impacto del producto en la organización: evaluar si el producto incide en los beneficios, en los costos, en la calidad del servicio o en la imagen de la organización.
- Se presenta algún riesgo en el suministro del producto: considerar el grado de variabilidad en el tiempo de entrega, la estabilidad de la oferta y la localización de los proveedores.

### 2.5.3 CRITERIOS PARA CLASIFICACIÓN

Es posible establecer una matriz de criterios (ver tabla 2.2) en la que se determina cuáles son algunos de los criterios más usados en el tratamiento del problema MCIC, su unidad de medida y para qué tipo de ítems aplica (señalados con una X), ya sea para materias primas, repuestos o para productos terminados, se diferencia la clasificación que se puede hacer de estos últimos desde el punto de vista del fabricante y del distribuidor (Zuluaga *et al.*, 2011).

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. Por su parte, el consumo/utilización anual se basa en el total de unidades que fueron solicitadas desde el sistema productivo hacia el almacén, por lo cual este criterio sólo es tenido en cuenta para clasificar materias primas y repuestos (Parada, 2009).

El criterio de inventario promedio corresponde a la media de unidades físicas que se mantuvieron en inventario durante todo el año para cada ítem. Este criterio es aplicable para realizar la clasificación de todo tipo de ítems: materias primas, repuestos y productos terminados (tanto para productores como para comercializadores) (Chen *et al.*, 2008).

El costo unitario se basa en el costo total que representa cada unidad del ítem, teniendo en cuenta el costo de producción (para productos terminados en el almacén del fabricante) o de compra (para materias primas, repuestos y productos terminados en el almacén del comercializador); este criterio es aplicable para todos los tipos de ítems considerados en la matriz (Escobar y Aguaron, 2003).

Así mismo, el criterio de volumen se refiere a espacio que ocupa una unidad de cada ítem dentro del almacén y es aplicable a la clasificación ABC que se realice de cualquiera de los tipos de ítem listados en la tabla 2.2, pues es entendible que si un producto ocupa gran cantidad de espacio en el almacén, el encargado de controlar los inventarios desee tener mayor control de las existencias de dicho producto, de modo que no se ocupe más espacio del realmente requerido y no se restrinja la cantidad de unidades que se puede mantener de las demás referencias (Arboleda, 2017).

La criticidad se encuentra estrechamente relacionada con el costo de faltantes del y se representa en una escala de 1 a 5, donde 5 implica un alto costo de faltantes y una alta importancia del ítem para el correcto desempeño del sistema productivo, por ello este criterio sólo es tenido en cuenta para clasificar materias primas y repuestos

Tabla 2.2: Matriz de criterios para la clasificación ABC

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 de producción por lote	unidades de tiempo			X	
Escasez	0, 1, 2, 3, 4, 5	X	X		
Durabilidad	0, 1, 2, 3, 4, 5	X	X	X	X
Sustituibilidad	0, 1, 2, 3, 4, 5	X	X		
Reparabilidad	0, 1, 2, 3, 4, 5		X	X	X
Número de proveedores	cantidad	X	X		X
Almacenabilidad	0, 1, 2, 3, 4, 5	X	X	X	X
Tamaño de lotes	unidades	X	X	X	X

Fuente:(Zuluaga *et al.*, 2011).



(Kaabi y Jabeur, 2015).

El costo anual del inventario se basa en el costo total que implicó tener dicho ítem en el almacén durante el último año, habida cuenta del costo de pedir, de mantener y de oportunidad. Por lo tanto, este criterio de clasificación es aplicable tanto para materias primas y repuestos, como para producto terminado (Çalışkan *et al.*, 2013).

El criterio de costo anual de demanda/ventas, tiene en cuenta el producto entre la demanda/ ventas anuales y el costo unitario de cada ítem. Este criterio es aplicable para clasificar sólo producto terminado y es uno de los más usados en la clasificación ABC tradicional. El costo anual de consumo/utilización es el equivalente al criterio anterior aplicado a materias primas y repuestos, diferenciándose en que se basa en el producto entre el consumo/utilización anual y el costo unitario, este criterio es utilizado frecuentemente para clasificar los ítems que se encuentran como entrada al sistema productivo (Doumpos y Figueira, 2018).

Por otro lado, los criterios de tiempo de entrega y tiempo de producción por lote tienen en cuenta el tiempo que transcurre desde que se libera la orden de compra de un ítem hasta que este se encuentra en las instalaciones de la compañía (para el primer criterio) y el tiempo que transcurre desde que se comienza a producir un lote de Q unidades hasta que éste se encuentra fabricado en su totalidad (para el segundo criterio) (García *et al.*, 2005).

La escasez es medida en una escala de 1 a 5 y se basa en la dificultad que implica para la compañía adquirir o comprar un ítem; este criterio es de gran importancia para aquellos ítems que son importados. Por su parte, el criterio de 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; la medición de este criterio debe realizarse en esta escala para permitir que, a la hora de clasificar los productos, los ítems que tengan mayor valor en el criterio sean los más importantes en el proceso de control de inventarios

(Alzate, 1983).

El criterio de sustituibilidad es útil cuando se tienen ítems que al presentar faltantes en el inventario pueden ser sustituidos por otros sin generar cambios significativos en el sistema productivo. Este criterio es medido en una escala de 1 a 5 en la que los productos que tienen muchos sustitutos en el almacén toman un valor de 1, mientras que los productos que no tienen sustitutos toman un valor de 5. Igualmente, el criterio de reparabilidad se basa en la existencia de ítems que al presentar faltantes pueden ser reparados y reutilizados; aquellos productos que pueden ser reparados rápidamente toman un valor de 1 y los productos que no pueden ser reparados toman un valor de 5 (Xiaohan *et al.*, 2017).

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. Por otra parte, la 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. Finalmente, el criterio del tamaño de lote se refiere a la cantidad mínima de unidades que por restricciones físicas o económicas se pueden pedir al proveedor o se pueden fabricar (Srikrishan *et al.*, 2014).

Los anteriores criterios son los mayormente utilizados para realizar la clasificación ABC en el inventario de una compañía, existen otros criterios que pueden ser utilizados en empresas de acuerdo con la particularidad de sus productos y procesos y de las características que el encargado de controlar los inventarios considera importantes.

## 2.5.4 HERRAMIENTAS CUANTITATIVAS PARA LA CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO

Existen diversas herramientas cuantitativas para la clasificación multicriterio, en este trabajo de tesis se estudiaron algunas como son: TOPSIS, AHP, ELECTRE TRE.

### 2.5.4.1 TÉCNICA DE PREFERENCIAS ORDENADAS POR SIMILITUD A UNA SOLUCIÓN IDEAL (TOPSIS)

TOPSIS es uno de los métodos de clasificación multicriterio más clásico y conocido. El mismo se basa en el concepto de que la alternativa elegida debe tener la distancia más corta de la solución ideal positiva y la más lejana de la solución ideal negativa. (Çalışkan *et al.*, 2013).

TOPSIS se basa en el concepto de que la alternativa seleccionada debe tener la menor distancia euclidiana a una solución ideal y la mayor distancia euclidiana a una solución anti-ideal. Así, el orden de preferencia de las alternativas puede ser determinado mediante una serie de comparaciones de estas distancias. Ambas soluciones, la ideal y la anti-ideal, pueden ser soluciones ficticias. La solución ideal es una solución para la cual todos los valores de los atributos corresponden a los valores óptimos de cada atributo contenido en las alternativas; la solución anti-ideal es la solución para la cual todos los valores de los atributos corresponden a los valores menos deseados de cada atributo contenido en las alternativas. De esta manera TOPSIS proporciona una solución que es no sólo la más cercana a una solución hipotéticamente mejor, sino también la más lejana a la hipotéticamente peor (Çalışkan *et al.*, 2013).

Mayores trabajos de la implementación de TOPSIS se pueden encontrar en el capítulo 3 donde lo abordaremos para la metodología.

#### 2.5.4.2 PROCESO DE JERARQUÍA ANALÍTICA (AHP)

El Proceso de Jerarquía Analítica surgió en los 80 y es de las herramientas más usadas en la toma de decisiones multicriterio. Se utiliza para medir y jerarquizar partiendo de ciertos criterios que son elegidos, y los ordena de acuerdo a las necesidades particulares de cada empresa (Alzate, 1983).

El AHP usa un principio de jerarquía para derivar prioridades compuestas de alternativas con respecto a múltiples criterios de sus prioridades con respecto a cada criterio. Esto consiste en multiplicar cada prioridad de una alternativa por la prioridad de su criterio correspondiente, agregando todos los criterios para obtener prioridad general de esa alternativa. Esta puede ser la forma más sencilla de componer prioridades. El enfoque aditivo también es crucial en la composición utilizando las limitantes de una prioridad en lugar de una matriz de juicio cuando la dependencia y los comentarios de los evaluadores se consideran en la toma de decisiones. (Alzate, 1983).

Al aplicar el AHP, se pueden priorizar los criterios que se estén analizando de acuerdo al peso que se le asigne a cada uno y se puede hacer una lista de criterios en orden descendente para seleccionar los mejores y utilizarlos en el caso que se requieran. Se puede realizar un análisis de sensibilidad para verificar la sensibilidad de las decisiones finales. (García *et al.*, 2005).

#### 2.5.4.3 ELECTRE TRI

Los métodos ELECTRE forman parte de los métodos multiatributo que trabajan con información cardinal. Se han desarrollado desde los años 60 y desde entonces se ha extendido la utilización de los métodos ELECTRE (Xiaohan *et al.*, 2017).

Existen varios parámetros importantes para la selección de un método ELECTRE, teniendo en cuenta la problemática del proyecto:

- Para la elección de un subconjunto con las alternativas mejores, o satisfactorias los métodos adecuados son ELECTRE I y ELECTRE IS.
- Para el reparto de las alternativas potenciales en categorías predefinidas por alternativas de referencia es el método adecuado es ELECTRE TRI.
- Para la ordenación de las alternativas potenciales se pueden aplicar los métodos ELECTRE II, ELECTRE III y ELECTRE IV (Xiaohan *et al.*, 2017).

## 2.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Como se expresó anteriormente mantener vigilados los inventarios es importante para la sobrevivencia de una empresa, seleccionar las herramientas adecuadas para dicha revisión, a su vez cobra igual importancia. Para este trabajo se proponen herramientas para clasificación multicriterio, las mismas serán comparadas con la ayuda de la herramienta TOPSIS, y con los resultados obtenidos podremos proponer diferentes políticas de inventario, las cuales también serán presentadas de acuerdo a herramientas cuantitativas para el control de inventarios. La implementación de estas herramientas se discutirá en el siguiente capítulo.

## CAPÍTULO 3

# METODOLOGÍA

---

En este capítulo se analizará la metodología a seguir para solucionar el problema de la tesis. El problema caso de estudio se centra en los altos costos de inventario con los que cuenta la empresa. Para que un sistema de control de inventarios sea eficiente no se pueden tratar de igual manera a todos los artículos que posean en existencia, por lo que se hace necesario aplicar métodos de control y análisis en dependencia de la importancia económica de cada producto. Se hace necesaria la aplicación de un método para clasificar los productos en inventario logrando un impacto efectivo y eficiente en la administración empresarial. Es necesario diferenciar la gestión de los inventarios teniendo en cuenta las características que los componen. A continuación se explica la metodología (ver figura 3.1), que parte de un diagnóstico general de los inventarios de la empresa, constituyendo este la etapa I de la metodología, en la etapa II se realiza la aplicación de una clasificación multicriterio mediante dos métodos de clasificación y se concluye con una tercera etapa que consiste en establecer políticas diferenciadas para los inventarios. La aplicación de esta metodología va a permitir adoptar las políticas de inventarios, las cuáles posibilitan una gestión de aprovisionamiento eficiente.

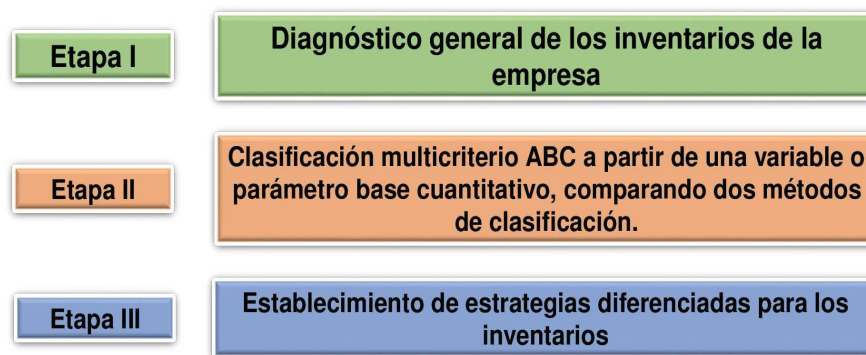


Figura 3.1: Metodología

Fuente: Elaboración propia

## 3.1 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA

### 3.1.1 ETAPA I: DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS INVENTARIOS DE LA EMPRESA

En esta etapa se revisa todo lo referente a los inventarios de la empresa, incluyendo la revisión del portafolio de productos, quiénes son sus proveedores; los costos, precios, ganancia, rentabilidad, demanda, lotes de compra, rotación; media, varianza y coeficiente de variabilidad de la demanda de cada producto.

Se revisan los tiempos que demora la empresa para poner cada pedido, y la cantidad de pedidos que se hacen, los contratos con los proveedores, nacionales e internacionales, los tiempos de entrega acordados con los mismos y los tiempos que demoran en consolidar un pedido. También se analizan los tipos de transporte que utilizan para hacer llegar el producto a su destino y en que tipo de embalaje viaja la carga.

De manera general se revisan todos los detalles que tengan que ver de manera directa e indirecta con los inventarios, para así poder arribar a conclusiones sobre cuáles podrían ser los motivos que provocan desabasto, sobreinventario, obsolescencia

y altos costos de almacenamiento que posee la empresa en la actualidad.

### 3.1.2 ETAPA II: CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO A PARTIR DE UNA VARIABLE O PARÁMETRO BASE CUANTITATIVO UTILIZANDO DOS MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN

Para diferenciar los distintos productos que maneja la empresa, se utilizaron dos métodos de clasificación multicriterio, los cuáles son:

- ABC multicriterio.
- Técnica de preferencias ordenadas por similitud a una solución ideal (TOPSIS, por sus siglas en inglés).

#### 3.1.2.1 CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO

La clasificación ABC/XYZ/123 generará 27 clasificaciones las cuáles serán finalmente reclasificadas en tres grupos generales. Para la asignación de los productos dentro de esos tres grupos utilizaremos la herramienta TOPSIS.

Los pasos para realizar el procedimiento para la aplicación del método ABC multicriterio son los siguientes:

1. **Seleccionar los criterios en función de los objetivos que se persigan con la clasificación:** Para la realización de este paso, es recomendable analizar los criterios revisados en la literatura que se han utilizado en casos similares al que se está analizando (ver sección 2.5.3). A su vez también se aconseja tener en cuenta los criterios propuestos por los directivos y expertos de la empresa. En este caso de estudio la clasificación multicriterio se llevó a cabo con tres criterios de clasificación:



- *Demanda*: Es necesario calcular la demanda de cada producto, mediante

$$D = v + vp \quad (3.1)$$

donde  $D$  es la demanda del producto,  $v$  las ventas de dicho producto durante el período analizado y  $vp$  las ventas perdidas del mismo.

- *Rentabilidad*: La rentabilidad tiene implicado en su determinación los indicadores de ganancia, costo y precio, mediante

$$R = \frac{g}{c} \quad (3.2)$$

donde  $R$  es la rentabilidad de los productos,  $g$  la ganancia y  $c$  el costo de los mismos. En este caso se debe calcular primero la ganancia que es uno de los indicadores implicados en el cálculo de la rentabilidad mediante

$$g = p - c \quad (3.3)$$

donde  $p$  es el precio de venta y  $c$  es el costo de los mismos.

- *Coefficiente de variabilidad*: En este trabajo lo vamos a calcular para la demanda de cada producto tomando una muestra de la demanda de todo un año mediante

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (3.4)$$

donde  $CV$  es el coeficiente de variabilidad de la demanda,  $\sigma$  es la desviación estándar y  $\mu$  es la media de la misma; los cuales se deben calcular por medio de

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \mu|^2}{n}} \quad (3.5)$$

donde  $x_i$  son los valores de la demanda y  $n$  es el número total de productos de los cuales se está obteniendo la demanda.

2. **Establecer el rango de clasificación por zonas para cada criterio:** De acuerdo a los criterios seleccionados en el paso anterior. En nuestro caso caso de estudio:

- *Demanda*: La clasificación de acuerdo al criterio de demanda, se realizará estableciendo ciertos límites para cada clasificación, los productos serán clasificados en A, B o C según la regla 80/20, de acuerdo a sus demandas (ver tabla 3.1).

Tabla 3.1: Zonas de clasificación para el criterio de demanda

Clasificación	Participación acumulada
A	0-80 %
B	81-95 %
C	96-100 %

Fuente: Elaboración propia

- *Rentabilidad*: La clasificación de acuerdo al criterio de rentabilidad se realizará estableciendo ciertos límites para cada clasificación, los productos serán clasificados en X, Y o Z según la regla 80/20, de acuerdo a la rentabilidad de cada producto (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2: Zonas de clasificación para el criterio de rentabilidad

Clasificación	Participación acumulada
X	0-80 %
Y	81-95 %
Z	96-100 %

Fuente: Elaboración propia

- *Coficiente de variabilidad*: La clasificación de acuerdo al criterio de coeficiente de variabilidad, se realizará estableciendo ciertos límites para cada clasificación, los productos serán clasificados en 1, 2 o 3 según rangos establecidos de acuerdo al coeficiente de variabilidad de cada producto (ver tabla 3.3).

3. **Ordenar los productos por criterios**: Para cada criterio, ordenar los productos según los valores de su clasificación de mayor a menor, es decir se realiza un ordenamiento en forma decreciente.

Tabla 3.3: Zonas de clasificación para el criterio de coeficiente de variabilidad

Clasificación	Coeficiente de variabilidad
1	$0 \leq CV \leq 1$
2	$1.1 < CV \leq 3$
3	$3 < CV$

Fuente: Elaboración propia

4. **Determinar la participación de cada producto:** Para cada criterio y para cada producto, calcular el porcentaje de participación de cada producto con respecto a la suma de todos los productos.
5. **Calcular la participación acumulada:** Para cada criterio y para cada producto sumar su participación a los que le anteceden en el ordenamiento que se ha realizado.
6. **Determinar las diferentes clasificaciones:** Tomando como referencia los rangos establecidos en el paso 2, se clasifica cada producto en cada criterio.

### 3.1.2.2 TÉCNICA DE PREFERENCIAS ORDENADAS POR SIMILITUD A UNA SOLUCIÓN IDEAL (TOPSIS)

El método TOPSIS se aplica siguiendo los siguientes pasos:

1. Se construye una matriz de datos, en la cuál podremos obtener en el eje de las  $y$ , los artículos a clasificar, y en el eje de las  $x$ , los criterios que se tomarán en cuenta para la aplicación de esta herramienta.
2. Se identifican los criterios que son mejores cuando se maximizan y los que son mejores si se minimizan, por ejemplo, un criterio como la ganancia lo ideal es que se maximice, un criterio como el costo lo ideal es que se minice. A los criterios que se maximizan se les dará una ponderación de 1 y a los que se minimizan una de 0.

3. Se normalizan los datos, mediante

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.6)$$

donde  $x_{ij}$  es el valor del producto  $i$  en el criterio  $j$  y  $n_{ij}$  es el valor normalizado del producto  $i$  en el criterio  $j$ .

4. Se asignan pesos ( $w_j$ ) a los criterios mediante el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) y se construye la matriz de pesos.

*Pasos para aplicar el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP).*

**Paso 1:** Elaborar un cuestionario que posteriormente será aplicado a las personas implicadas directamente en el proceso, en este caso sería al personal directivo, y del área de almacenamiento y compras. En nuestro caso de estudio se aplicará al gerente de la empresa, al almacenista y al jefe de compras. En el cuestionario se realizarán comparaciones entre todos los criterios, de par en par para cada uno de ellos. Para darle una escala a las puntuaciones de los criterios se utiliza la escala establecida por Saaty (ver tabla 3.4).

Tabla 3.4: Escala fundamental

Nivel de importancia	
Escala numérica	Escala verbal
1	Mismo nivel de importancia entre ambos criterios.
3	Un criterio es levemente más importante que el otro.
5	Un criterio es fuertemente más importante que el otro.
7	Un criterio es muy fuertemente más importante que el otro y esta superioridad se evidencia en la práctica.
9	La evidencia demuestra que un criterio es superior al otro en importancia en el máximo nivel de superioridad que se puede alcanzar.

Fuente: (Saaty, 1990)

**Paso 2:** Construir las matrices de comparación por pares para cada uno de los

evaluadores, teniendo en cuenta que, la intensidad de las importancias debe comportarse de manera recíproca (por ejemplo: si A es  $x$  veces más importante que B, entonces B es  $\frac{1}{x}$  veces preferido que A). La matriz quedaría de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

**Paso 3:** Determinar el vector de prioridad total. Para la realización de este paso primero se deben sumar todos los valores de las columnas de las matrices de comparaciones por pares. Acto seguido se debe normalizar la matriz de comparaciones por pares, por lo que se divide cada elemento de la matriz entre la suma total de la columna que le corresponda. Por último se calcula el promedio de los elementos de cada renglón de las prioridades relativas de los elementos que se comparan. Como resultado de todo esto se obtiene la matriz de prioridades la cual quedaría de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l} \text{Criterio 1} \\ \text{Criterio 2} \\ \vdots \\ \text{Criterio } n \end{array} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

**Paso 4:** Verificación de la consistencia. Cuando se desarrollan las comparaciones por pares pueden aparecer algunas inconsistencias, por lo que el AHP incluye una técnica que permite medir la consistencia de los evaluadores o tomadores de decisiones, esta comienza con el cálculo de un índice de consistencia (IC), como se muestra:

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \quad (3.7)$$

En este caso  $\lambda_{\text{máx}}$  se obtiene de la suma de los valores del vector obtenido por la multiplicación de la matriz original de los juicios por el vector de prioridades encontrado como se puede observar:

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix}$$

Posteriormente se determina la razón de consistencia para determinar si nuestro resultado es confiable, la misma se calcula como se muestra:

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (3.8)$$

El valor del índice aleatorio (IA) según la cantidad de criterios que se analicen, se muestra en la tabla 3.5

Tabla 3.5: Valores de índices aleatorios (IA)

Elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

Fuente: (Saaty, 1980)

Lo ideal en este caso sería obtener un  $IC = 0$ , sin embargo, se toleran valores de inconsistencia siempre que:  $RC \leq 0.10$ .

En caso de que los índices de consistencia calculados no se encuentren de los rangos aceptables, sería necesario reconsiderar los juicios de los evaluadores y volver a realizar el procedimiento.

5. Se multiplican cada columna de la matriz de decisión normalizada por los pesos asociados ( $w_j$ ) y se obtiene la matriz de decisión ponderada y normalizada, utilizando

$$V_{ij} = n_{ij}w_j \quad (3.9)$$

donde  $V_{ij}$  es el valor de decisión ponderado y normalizado del producto  $i$  en el criterio  $j$  (si el criterio  $j$  se prefiere que se maximice, un mayor valor de  $V_{ij}$  es mejor; si es preferible que se minimice, un menor valor de  $V_{ij}$  es mejor).

6. Se determina las solución ideal, que consiste en construir una matriz positiva, utilizando para los criterios que se maximizan, el valor máximo de la matriz de decisión ponderada y normalizada, mientras que para los criterios que se minimizan, el valor mínimo de la matriz de decisión ponderada y normalizada, mediante

$$\{V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+\} = \left\{ (\max_i V_{ij} | j \in K), (\min_i V_{ij} | j \in K') \right\} \quad (3.10)$$

donde  $K$  es el conjunto de índices de los criterios que son mejores si se maximizan y  $K'$  es el conjunto de los criterios que son mejores si se minimizan.

7. Se determina las solución anti-ideal, que consiste en construir una matriz negativa, utilizando para los criterios que se maximizan el valor mínimo de la matriz de decisión ponderada y normalizada, mientras que para los criterios que se minimizan el valor máximo de la matriz de decisión ponderada y normalizada, mediante

$$\{V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-\} = \left\{ (\min_i V_{ij} | j \in K), (\max_i V_{ij} | j \in K') \right\} \quad (3.11)$$

donde  $K$  es el conjunto de índices de los criterios que son mejores si se maximizan y  $K'$  es el conjunto de los criterios que son mejores si se minimizan.

8. Se determina la distancia a la solución ideal, utilizando

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (3.12)$$

9. Se determina la distancia a la solución anti-ideal, utilizando

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (3.13)$$

10. Se calcula la cercanía relativa a la solución ideal  $C_i$ , mediante

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (3.14)$$

Observe que  $0 \leq C_i \leq 1$

11. Se establecen órdenes de prioridad, mientras mayor sea  $C_i$ , menor será el número de prioridad que le corresponderá a cada producto.

### 3.1.3 ETAPA III: ESTABLECER POLÍTICAS DIFERENCIADAS PARA LOS INVENTARIOS

La etapa III se desarrolla en varios pasos los cuales se exponen a continuación:

#### **Paso 1: Cálculo del nivel de servicio y la rentabilidad actual de la empresa**

Como parte de esta etapa, se comenzará determinando el nivel de servicio y la rentabilidad actual de la empresa para tomarlo como referencia en experimentaciones futuras, para que el mismo pueda utilizarse como patrón de referencia para corroborar que con la implementación se mantuvo o mejoró. El nivel de servicio se calcula mediante

$$NS(\%) = \frac{PV}{PF + PV} * 100\% \quad (3.15)$$

donde  $NS$  es el nivel de servicio,  $PV$  es el número de productos vendidos y  $PF$  es el número de productos faltantes.

La rentabilidad de la empresa se calcula mediante

$$R_E(\%) = \frac{\sum d_i g_i}{\sum d_i c_i} * 100\% \quad (3.16)$$



donde  $R_E$  es la rentabilidad de la empresa,  $d_i$  es la demanda del producto  $i$ ,  $g_i$  es la ganancia del producto  $i$  y  $c_i$  es el costo del producto  $i$ .

Con el resultado obtenido, podemos conocer el nivel de servicio y la rentabilidad actual de la empresa, y compararlo con el nivel de servicio y la rentabilidad que podría llegar a tener la empresa de acuerdo a las soluciones establecidas en el proyecto.

### **Paso 2: Establecimiento de grupos de productos**

De acuerdo a la clasificación ABC y la que nos brinda TOPSIS, vamos a dividir los productos en tres grupos (ver tabla 3.6)

Tabla 3.6: Grupos de clasificación

<b>Grupos</b>	<b>Políticas</b>
Élite	Establecer puntos de reorden y lotes de pedidos
Conservador	Políticas de pedido de inventarios particular para cada producto y si lo requiere puntos de reorden y lotes de pedidos
Restringido	Políticas de pedido de inventarios particular para cada producto

Fuente: Elaboración propia

Se formarán tres grupos, el primero será denominado grupo élite, en el mismo se encontrarán los productos élites del portafolio, en este caso de estudio se incluirán los productos que se encuentren dentro de los primeros 100 productos que arroje TOPSIS en su clasificación (en este caso de estudio el portafolio es de 545 productos). El número de productos que se incluyen en este grupo se recomienda que sea aproximadamente el 20 % del total de los productos.

El segundo grupo será denominado grupo conservador, en este caso de estudio se incluirán los siguientes 300 productos que arroje TOPSIS en su clasificación. El número de productos que se incluyen en este grupo se recomienda que sea aproximadamente el 60 % del total de los productos.

El tercer grupo se denomina grupo restringido, en este caso de estudio se

incluirán los últimos 145 productos que ofrece la clasificación con el método TOPSIS. El número de productos que se incluyen en este grupo obviamente es el porcentaje restante de los que se eligieron en los grupos anteriores.

Dentro de cada grupo se crearán subgrupos de acuerdo a la clasificación ABC.

Es necesario aclarar que tras realizar la agrupación anterior pueden existir productos con una misma clasificación ABC/XYZ/123, en distintos grupos. Dichos productos se reasignarán en el grupo que contenga el mayor porcentaje de ellos. De esta manera, la política que quedará implementada para la empresa se basará, a partir de este punto, sólo en la clasificación ABC/XYZ/123, de tal manera que TOPSIS ha sido usado como herramienta cuantitativa para decidir los grupos ideales. No se descarta la posibilidad de rehacer los grupos cada cierto período de tiempo, cuando la naturaleza de las ventas cambie significativamente de la situación actual.

### **Paso 3: Establecimiento de políticas de inventarios para cada grupo de clasificación**

Los productos incluidos dentro de cada grupo tendrán políticas de inventarios específicas para cada uno, como se puede observar en la tabla 3.6. Para los productos del grupo élite se van a establecer puntos de reorden y lotes de pedidos, para los productos del grupo conservador se van a establecer políticas de pedido de inventarios particular para cada producto y si lo requiere puntos de reorden y lotes de pedidos y para el grupo restringido se adoptarán políticas de pedido de inventarios particular para cada producto y en su caso se eliminarán los productos que posean demanda nula.

Para el establecimiento de estas políticas se utilizarán varias herramientas entre las que se encuentran:

- *Modelo de respuesta rápida* ( $r, q$ ): Este modelo se recomienda cuando la demanda es aleatoria y el plazo de entrega no es cero.

Sean  $K$  el costo de pedido,  $h$  el costo por almacenamiento,  $p$  el costo por fal-

tante (en nuestro caso el costo estimado por ventas perdidas, la pérdida de la ganancia por la venta y pérdida de ventas futuras perdidas de prestigio),  $L$  el plazo de entrega,  $D$  la variable aleatoria que representa la demanda,  $q$  la cantidad a ordenar y  $r$  el nivel de inventario al ordenar (punto de reabastecimiento). Sea  $X$  la variable aleatoria que representa la demanda durante el plazo de entrega. Entonces

$$E(X) = L E(D) \quad (3.17)$$

$$var(X) = L var(D) \quad (3.18)$$

$$\sigma_x = \sigma_D \sqrt{L} \quad (3.19)$$

Calcular con precisión el valor de inventario óptimo así como el punto de reabastecimiento puede llegar a ser un poco complicado. Brown (1967) demostró que el valor de  $q^*$  buscado está muy cercano al valor de EOQ considerando la demanda media (siempre y cuando  $EOQ < \sigma_x$ , lo cual se cumple en la mayor parte de los casos). Con esta observación es posible aproximar los valores de  $q^*$  y  $r^*$ .

En nuestro caso se seguirá el modelo propuesto para ventas perdidas:

$$q^* = \sqrt{\frac{2 K E(D)}{h}} \quad (3.20)$$

$$P(X \geq r^*) = \frac{h q^*}{h q^* + p E(D)} \quad (3.21)$$

- *Estrategia de revisión continua* ( $s, S$ ): En esta estrategia se hace un pedido cada vez que el inventario es menor o igual a  $s$  y el pedido es tal que lleve el inventario a  $S$  (suponiendo que el plazo de entrega es cero). Es difícil el cálculo

exacto de una estrategia  $(s,S)$  óptima. Una buena aproximación se obtiene haciendo lo siguiente mediante

$$s = r^* \quad (3.22)$$

$$S = q^* + r^* \quad (3.23)$$

donde  $q^*$  y  $r^*$  son los calculados para la estrategia  $(r,q)$ .

- *Revisión Periódica  $(R,s,S)$*

El método de revisión periódica  $(R,s,S)$  es una adecuación del método de revisión continua  $(s,S)$ . En el método de revisión continua  $(s,S)$  se revisa constantemente el nivel de inventario y si es menor que  $s$ , se pide producto hasta llegar al nivel  $S$ . En el caso del método de revisión periódica  $(R,s,S)$  se revisa el inventario cada  $R$  unidades de tiempo. Por ejemplo, si  $R$  es una semana, se revisará semanalmente (por ejemplo los días viernes) el nivel del inventario, si  $s$  no ha caído de su nivel mínimo, no se hace nada y se vuelve a revisar la siguiente semana, y en caso de que el inventario sea menor a  $s$ , se realiza un pedido que alcance el nivel  $S$ .

#### **Paso 4: Recalcular el nivel de servicio y la rentabilidad**

En este paso volveremos a calcular el nivel de servicio y la rentabilidad, con los resultados obtenidos de la implementación de los datos anteriores, para poder comparar con el nivel de servicio y la rentabilidad calculados en el paso 1. El efecto esperado es que el nivel de servicio presente una mejoría y que la rentabilidad se mantenga igual o en caso de que disminuya, sea una pequeña disminución.

## 3.2 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo se propone una metodología compuesta por tres etapas. La etapa I es la del diagnóstico general de los inventarios de la empresa, en la etapa II se realiza la clasificación multicriterio basándonos en los métodos ABC y TOPSIS. La

---

clasificación ABC se describe en este capítulo en 7 pasos y el método TOPSIS en 11 pasos. La etapa III es la de establecer las políticas diferenciadas de inventarios para cada producto y se presenta en 4 pasos. La experimentación de esta metodología se presentará en el siguiente capítulo. Esta metodología se diseñó apoyándonos en la revisión de literatura realizada en el capítulo anterior.

## CAPÍTULO 4

# IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

---

En el capítulo anterior se desarrolló una metodología para solucionar la problemática planteada en la tesis. La metodología consta de varias etapas, cada una con sus respectivos pasos a seguir. En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos de la implementación de la misma en la empresa caso de estudio, la cual es una pyme comercializadora de refacciones. Se presentan los resultados para cada paso:

### 4.1 IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DE LA ETAPA I: DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS INVENTARIOS DE LA EMPRESA

La empresa caso de estudio se denomina Autodepot del Norte (ADN), la misma forma parte de una franquicia de tres empresas, ubicadas en la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Estas empresas trabajan conjuntamente para un mismo dueño, las otras dos se denominan, Motosource y Autodepot. La empresa Motosource se dedica a comercializar refacciones para motocicletas pero se limita a comercializar productos de proveedores nacionales. La empresa Autodepot por su parte comercializa refacciones automotrices, pero igualmente sólo las que se obtienen de proveedores nacionales.

Por último, la empresa Autodepot del Norte, que es nuestra empresa caso de estudio, se dedica a comercializar refacciones de motocicletas y automóviles, pero obtenidas de proveedores internacionales.

La empresa ADN tiene dos proveedores internacionales, ambos son chinos, OSSCA y REFAC. Poseen un portafolio de 545 productos de ambos proveedores, de los cuáles 265 son de OSSCA y 280 son de REFAC, ver figura 4.1



Figura 4.1: Portafolio de productos importados

Fuente: Elaboración propia

La empresa realiza los pedidos a sus proveedores externos de manera empírica, no tienen ninguna política de pedidos ni de inventarios, por lo que desconocen cuál es el nivel de inventario que deberían mantener, no tienen definidos los niveles ideales de inventario ni los puntos de reorden para ninguno de sus productos. Una vez que el personal de compras pone un pedido, el mismo tarda aproximadamente 3 meses en llegar a los almacenes de la empresa. Como consecuencia de que no cuentan con políticas de inventarios para cada uno de sus productos y los largos tiempos de abastecimiento, la empresa tiene dentro de su portafolios productos obsoletos, desabasto de otros productos y un nivel de servicio al cliente no adecuado para una empresa comercializadora de refacciones del sector automotriz.

## 4.2 IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DE LA ETAPA II: CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO A PARTIR DE UNA VARIABLE O PARÁMETRO BASE CUANTITATIVO UTILIZANDO DOS MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN

### 4.2.1 CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO

En este paso se eligen los criterios para la clasificación de los productos. En este caso se seleccionaron 3 criterios, de acuerdo a la revisión de la literatura y en consenso con la empresa; en el caso del coeficiente de variabilidad, se propone debido a que un alto porcentaje de los productos tienen una demanda significativamente inestable. Así, los tres criterios seleccionados fueron:

- Demanda.
- Rentabilidad.
- Coeficiente de variabilidad.

Se utilizaron los rangos de clasificación establecidos en el capítulo anterior y se clasificaron todos los productos de acuerdo a lo establecido en la metodología. La clasificación ABC/XYZ/123 quedó como se muestra en la tabla A.1 del apéndice A.

Existen 27 posibles clasificaciones de tipo ABC/XYZ/123, en nuestro caso de estudio se obtuvieron 24 solamente debido a que en AZ1, BY1 y CZ1 no quedó clasificado ninguno de los productos del portafolio. En la tabla 4.1 podemos observar la cantidad de productos que están dentro de cada tipo de clasificación multicriterio.

En las clasificaciones con los tres criterios quedaron de la siguiente manera:



Tabla 4.1: Cantidad de productos por cada tipo de clasificación

Clasif.	Cant.	%	Clasif.	Cant.	%	Clasif.	Cant.	%
AX1	11	2	BX1	6	1.1	CX1	1	0.2
AX2	66	12.1	BX2	58	10.6	CX2	46	8.4
AX3	31	5.7	BX3	39	7.2	CX3	62	11.4
AY1	3	0.6	BY1	0	0	CY1	1	0.2
AY2	29	5.3	BY2	27	5	CY2	20	3.7
AY3	10	1.8	BY3	12	2.2	CY3	36	6.6
AZ1	0	0	BZ1	2	0.4	CZ1	0	0
AZ2	7	1.3	BZ2	12	2.2	CZ2	19	3.5
AZ3	1	0.2	BZ3	6	1.1	CZ3	40	7.3

Fuente: Elaboración propia

- Clasificación ABC: Esta clasificación se realizó de acuerdo a los datos de la demanda, quedaron 158 productos clasificados como A representando el 29% del producto, los cuales constituyen el 80% de la demanda, por lo que son productos de alta demanda. En la clasificación B entraron 162 productos, que son el 30% del total y están dentro del 15% de la demanda, por lo que son de demanda media. Por último 225 productos quedaron en la clasificación C, son el 41% del total y están dentro del 5% de la demanda total, estos son productos de baja demanda. El comportamiento de esta clasificación podemos verlo en la figura 4.2.

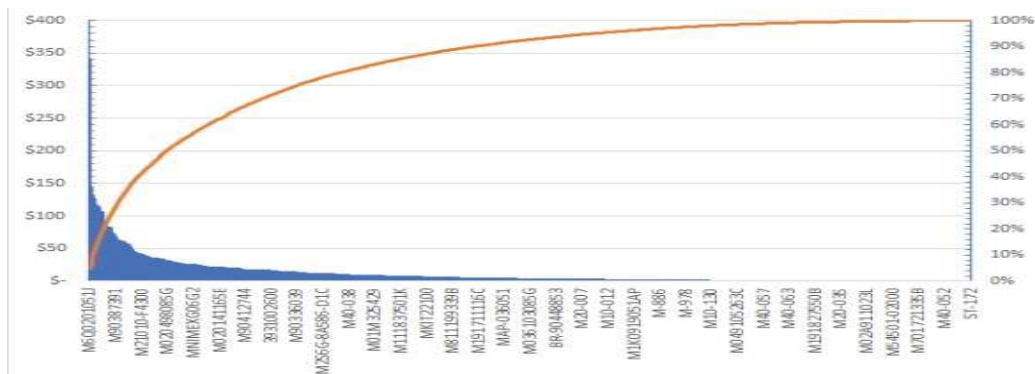


Figura 4.2: Clasificación ABC

Fuente: Elaboración propia

- Clasificación XYZ: Esta clasificación se realizó de acuerdo a la rentabilidad que tiene cada producto, los productos X 320, los cuales representan el 59 % del total de productos y constituyen el 80 % de la rentabilidad total de la empresa, estos son productos de alta rentabilidad. Quedaron clasificados 138 productos como Y, estos son el 25 % del total y están dentro del 15 % de la rentabilidad, por lo que tienen una rentabilidad media. Finalizando quedaron 87 productos como Z, estos son el 16 % del total, constituyen el 5 % de la rentabilidad total de la empresa, y se consideran productos de baja rentabilidad. El comportamiento de esta clasificación podemos verlo en la figura 4.4.

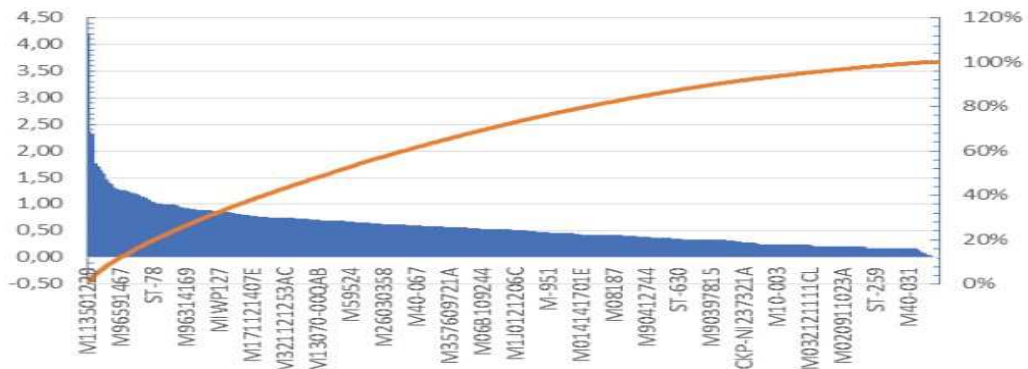


Figura 4.3: Clasificación XYZ

Fuente: Elaboración propia

- Clasificación 123: El criterio que se tuvo en cuenta para esta clasificación fue el coeficiente de variabilidad de la demanda, los productos clasificados como 1, son 24, los cuales representan el 4 % de los productos, estos tienen coeficiente de variabilidad mayores e iguales a 0 y menores o iguales que 1, por lo que se considera que son productos con bajo coeficiente de variabilidad de la demanda, su demanda es bastante estable. La clasificación 2 tiene 284 productos, que representan el 52 % del total y tienen coeficientes de variabilidad mayor que 1.1 y menor o igual que 3, y son productos con demanda con variabilidad media. Finalmente están los productos de la clasificación 3, que son 237, representan el 43 % del total de productos, y tienen coeficientes de variabilidad mayores que 3, por lo que son productos con alta variabilidad en su demanda.

El comportamiento de esta clasificación podemos verlo en la figura 4.4.

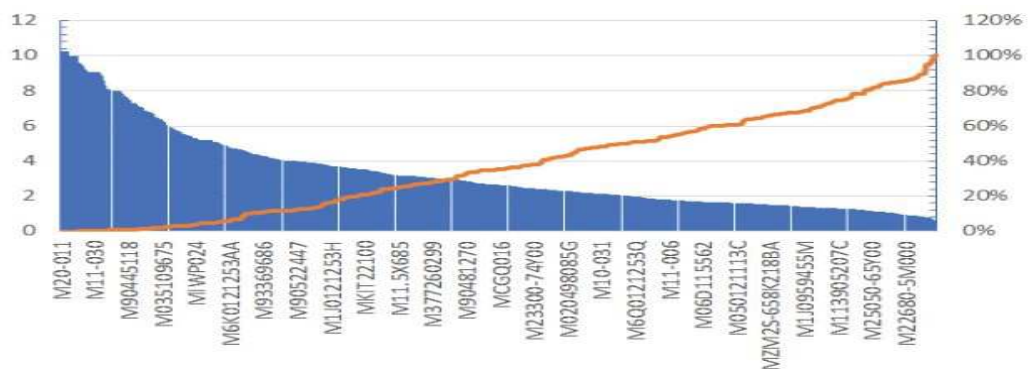


Figura 4.4: Clasificación 123

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento de los 24 diferentes tipos de clasificaciones que quedaron, incluyendo los porcentajes que representan del total del producto, lo podemos observar en la figura 4.5.

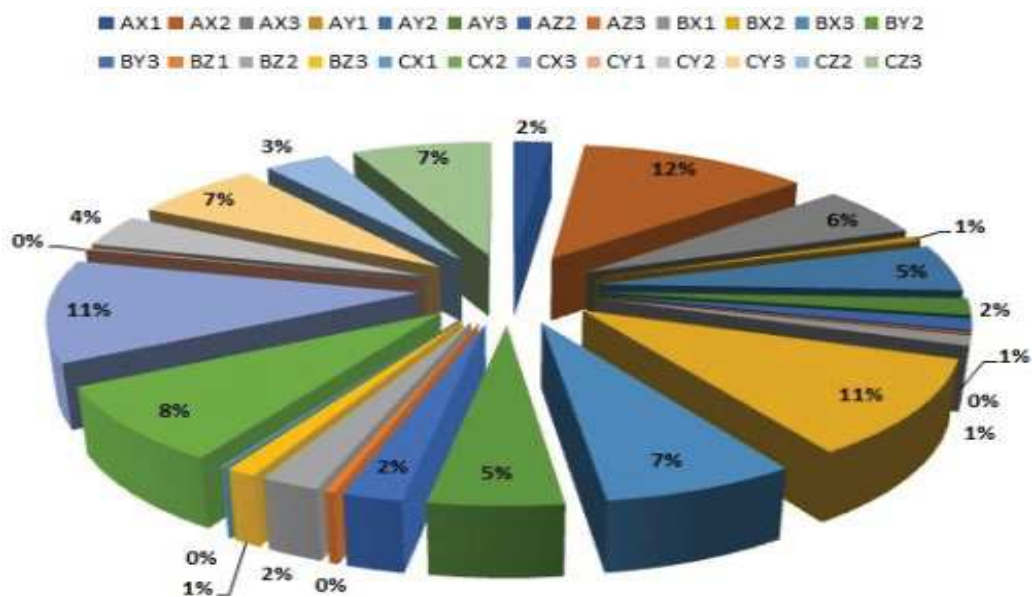


Figura 4.5: Comportamiento de las diferentes clasificaciones

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.2 AGRUPACIÓN POR TOPSIS

1. Para la clasificación por TOPSIS se utilizaron los mismos criterios de clasificación que para la anterior clasificación, los cuales fueron demanda, rentabilidad y coeficiente de variabilidad. Para el primer paso se construyó la matriz de datos que cuenta en el eje de las y con los artículos a clasificar, y en el eje de las x, con los criterios, una muestra de esta matriz con 10 productos la podemos observar en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Matriz de datos

<b>Producto</b>	<b>Demanda</b>	<b>Rentabilidad</b>	<b>Coefficiente de Variabilidad</b>
3931002600	17	0.39	2.33
BM-5151	15	1.38	0.79
BM-601	10	0.25	1.28
BR-02501	1	0.56	5.2
BR-026121121A	3	0.74	1.64
BR-026121133D	1	0.82	9.06
BR-0261211452	6	1.02	0.92
BR-037121132E	5	0.47	2.81
BR-06A121121C	6	1.7	5.79
BR-1J0122291B	6	0.59	2.73

Fuente: Elaboración propia

2. En este caso se decidió ponderar a los criterios de demanda y rentabilidad con 1, porque son mejores cuando se maximizan y al de coeficiente de variabilidad con 0, porque es mejor cuando se minimiza, ver tabla 4.3.

Tabla 4.3: Ponderación de criterios

<b>Ponderación</b>	<b>Demanda</b>	<b>Rentabilidad</b>	<b>Coefficiente de variabilidad</b>
	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia

3. Se realiza la normalización de datos utilizando la ecuación 3.6 y se construye una matriz normalizada. Una muestra de esta matriz con 10 productos la

podemos observar en la tabla 4.4.

Tabla 4.4: Matriz normalizada para 10 productos

Productos	Matriz Normalizada		
3931002600	0.0271261	0.02470269	0.02505
BM-5151	0.02414365	0.0868541	0.00848146
BM-601	0.01590641	0.01569855	0.01377541
BR-02501	0.00156224	0.03534571	0.05574664
BR-026121121A	0.00497075	0.04647287	0.0176273
BR-026121133D	0.00156224	0.05120816	0.09715021
BR-0261211452	0.00937342	0.06380585	0.0098676
BR-037121132E	0.00710107	0.02969743	0.03014827
BR-06A121121C	0.00880533	0.1068921	0.06216332
BR-1J0122291B	0.00866331	0.03728619	0.02927057

Fuente: Elaboración propia

- Se asignaron pesos ( $w_j$ ) a cada criterio utilizando Proceso de Jerarquía Análítica (AHP) y se construyó una matriz de pesos.

Para determinar los pesos se siguieron los pasos planteados en el capítulo anterior:

**Paso 1:** Se elaboró un cuestionario que se le aplicó a 3 evaluadores, los cuales fueron el gerente de la empresa, el jefe de almacén y el jefe de compras. En el cuestionario se realizan comparaciones entre todos los criterios, de par en par para cada uno de ellos. En la tabla 4.5 se puede observar un ejemplo de cuestionario donde se compara el criterio de demanda.

Tabla 4.5: Cuestionario de criterio de demanda

Criterio	Escala numérica									Criterio
Demanda	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Rentabilidad
Demanda	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Coefficiente de Variabilidad
Rentabilidad	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Coefficiente de Variabilidad

Fuente: Elaboración propia

**Paso 2:** Luego de haber aplicado los cuestionarios a los 3 evaluadores se construyen las matrices de comparación por pares para cada uno de los evaluadores,

las cuales se pueden observar en las tablas 4.6, 4.7 y 4.8.

Tabla 4.6: Matriz de comparación del evaluador 1

	Demanda	Rentabilidad	CV
Demanda	1	3	5
Rentabilidad	0.33	1	3
CV	0.2	0.33	1
<b>Suma</b>	1.53	4.33	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7: Matriz de comparación del evaluador 2

	Demanda	Rentabilidad	CV
Demanda	1	1	1
Rentabilidad	1	1	1
CV	1	1	1
<b>Suma</b>	3	3	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.8: Matriz de comparación del evaluador 3

	Demanda	Rentabilidad	CV
Demanda	1	1	3
Rentabilidad	1	1	3
CV	0.33	0.33	1
<b>Suma</b>	2.33	2.33	7

Fuente: Elaboración propia

**Paso 3:** Se determinó el vector de prioridad total. Para la realización de este paso primero se sumaron todos los valores de las columnas de las matrices de comparaciones por pares y se normalizaron las matrices dividiendo cada elemento de la matriz entre la suma total de la columna que le correspondía. Por último se calcula el promedio de los elementos de cada renglón de las prioridades relativas de los elementos que se comparan. Las matrices normalizadas por evaluadores se muestran en las tablas 4.9, 4.10 y 4.11.

Posteriormente, se debe calcular el promedio de los elementos de cada fila para obtener el vector promedio con las prioridades relativas para cada criterio.

Tabla 4.9: Matriz normalizada de evaluador 1

Criterios	Demanda	Rentabilidad	CV	Promedio
<b>Demanda</b>	0.65359477	0.692840647	0.555555556	0.633996991
<b>Rentabilidad</b>	0.21568627	0.230946882	0.333333333	0.25998883
<b>CV</b>	0.13071895	0.076212471	0.111111111	0.106014179
<b>Suma</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.10: Matriz normalizada de evaluador 2

Criterios	Demanda	Rentabilidad	CV	Promedio
<b>Demanda</b>	0.333333333	0.333333333	0.333333333	0.333333333
<b>Rentabilidad</b>	0.333333333	0.333333333	0.333333333	0.333333333
<b>CV</b>	0.333333333	0.333333333	0.333333333	0.333333333
<b>Suma</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

Dichos resultados se concentran en la tabla 4.12, y también se muestran en la la figura 4.6.

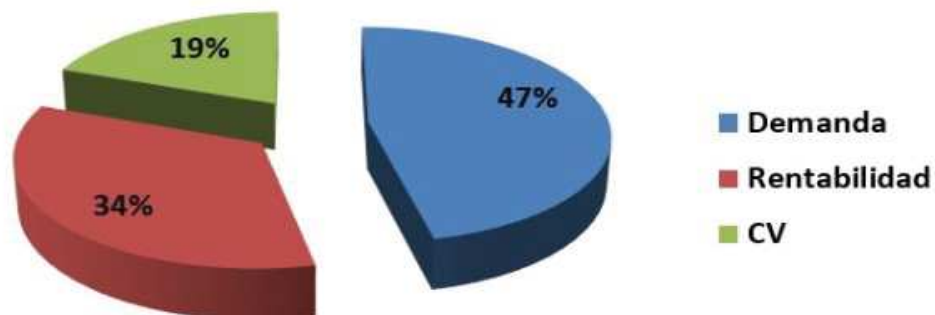


Figura 4.6: Peso de los criterios de decisión

Fuente: Elaboración propia

**Paso 4:** Finalmente se realiza la verificación de la consistencia comenzando con el cálculo de un índice de consistencia (IC), utilizando la ecuación 3.7. Al aplicarse a la información de las matrices de comparación de los criterios se obtienen los siguientes resultados para cada evaluador que se muestran en las ecuaciones 4.1, 4.2 y 4.3:

Tabla 4.11: Matriz normalizada de evaluador 3

<b>Criterios</b>	<b>Demanda</b>	<b>Rentabilidad</b>	<b>CV</b>	<b>Promedio</b>
<b>Demanda</b>	0.429184549	0.429184549	0.428571429	0.428980176
<b>Rentabilidad</b>	0.429184549	0.429184549	0.428571429	0.428980176
<b>CV</b>	0.141630901	0.141630901	0.142857143	0.14203964
<b>Suma</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.12: Vector promedio

<b>Criterio</b>	<b>Vector promedio</b>			<b>Pesos (<math>w</math>)</b>
	<b>Evaluador 1</b>	<b>Evaluador 2</b>	<b>Evaluador 3</b>	
<b>Demanda</b>	0.63399699	0.33333333	0.42898018	<b>47 %</b>
<b>Rentabilidad</b>	0.25998883	0.33333333	0.42898018	<b>34 %</b>
<b>CV</b>	0.10601418	0.33333333	0.14203965	<b>19 %</b>

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Evaluador 1: } IC = \frac{3.04989464 - 3}{3 - 1} = 0.02494732 \quad (4.1)$$

$$\text{Evaluador 2: } IC = \frac{3 - 3}{3 - 1} = 0 \quad (4.2)$$

$$\text{Evaluador 3: } IC = \frac{2.993325158 - 3}{3 - 1} = -0.003337421 \quad (4.3)$$

Luego de determinar el índice de consistencia para cada evaluador, se determina la razón de consistencia, la cual se calcula al dividir dicha cantidad entre el índice aleatorio, cuyo valor depende del número de variables analizadas durante la comparación (consultar tabla 3.5). Para este caso, al ser 3 criterios, el índice aleatorio es 0.58.

La razón de consistencia para cada evaluador se obtiene de la siguiente forma:

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (4.4)$$



$$\text{Evaluador 1: } RC = \frac{0.02494732}{0.58} = 0.043012621 \quad (4.5)$$

$$\text{Evaluador 2: } RC = \frac{0}{0.58} = 0 \quad (4.6)$$

$$\text{Evaluador 3: } RC = \frac{-0.003337421}{0.58} = -0.005754174 \quad (4.7)$$

La razón de consistencia debe ser menor o igual al 10 %, por lo que si se obtiene un resultado que sobrepase el límite de tolerancia se debe volver a realizar la comparación sobre los juicios a manera de ajuste para llegar a descartar errores u omisiones. En este caso, la inconsistencia es tolerable y se puede esperar un resultado confiable debido a que los evaluadores obtuvieron una razón de consistencia de 4.3 %, 0 % y -0.6 % respectivamente, por lo tanto se estima que no es necesario hacer de nueva cuenta el cuestionario de comparación al existir consistencia en las respuestas emitidas.

Luego de haber determinado los pesos de los criterios, se elaboró la matriz de pesos. Los pesos de los criterios se pueden ver en la última columna de la tabla 4.12.

5. Se multiplica cada columna de la matriz de decisión normalizada por los pesos asociados ( $w_j$ ) y se obtiene la matriz de decisión ponderada y normalizada, utilizando la ecuación 3.9. Una muestra de esta matriz con 10 productos la podemos observar en la tabla 4.13.
6. Se determinó las solución ideal, construyendo una matriz positiva, utilizando para los criterios que se maximizan, el valor máximo de la matriz de decisión ponderada y normalizada, mientras que para los criterios que se minimizan, el valor mínimo de la matriz de decisión ponderada y normalizada. Los valores para la matriz positiva se pueden observar en el tabla 4.14.

Tabla 4.13: Matriz de decisión ponderada y normalizada

Productos	Matriz de peso normalizada		
3931002600	0.0126	0.0084	0.0049
BM-5151	0.0112	0.0296	0.0016
BM-601	0.0074	0.0053	0.0027
BR-02501	0.0007	0.0120	0.0108
BR-026121121A	0.0023	0.0158	0.0034
BR-026121133D	0.0007	0.0175	0.0188
BR-0261211452	0.0044	0.0217	0.0019
BR-037121132E	0.0033	0.0101	0.0058
BR-06A121121C	0.0041	0.0364	0.0120
BR-1J0122291B	0.0040	0.0127	0.0057

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14: Valores de las matrices positiva y negativa

	Demanda	Rentabilidad	Coefficiente de Variabilidad
<b>Matriz positiva</b>	0.2486	0.0897	0.0011
<b>Matriz negativa</b>	0.0004	-0.0001	0.0213

Fuente: Elaboración propia

7. Se determinó la solución anti-ideal, construyendo una matriz negativa, utilizando para los criterios que se maximizan el valor mínimo de la matriz de decisión ponderada y normalizada, mientras que para los criterios que se minimizan el valor máximo de la matriz de decisión ponderada y normalizada. Los valores para la matriz positiva se pueden observar en el tabla 4.14.
8. Se determinó la distancia a la solución ideal, utilizando la ecuación 3.12. Los datos para una muestra de 10 productos los podemos observar en la tabla 4.15.
9. Se determino la distancia a la solución anti-ideal, utilizando la ecuación 3.13. Los datos para una muestra de 10 productos lo podemos observar en la tabla 4.15.
10. Se calculó la cercanía relativa a la solución ideal  $C_i$ , mediante la ecuación 3.14. Los datos para una muestra de 10 productos lo podemos observar en la tabla

Tabla 4.15: Tabla resumen de resultados finales de TOPSIS

Productos	$S_{i+}$	$S_{i-}$	$C_i$	Prioridad
3931002600	0.24962819	0.02219627	0.08165664	213
BM-5151	0.24487127	0.03722743	0.13196599	49
BM-601	0.25554452	0.02064072	0.07473507	278
BR-02501	0.25995121	0.01605718	0.05817643	441
BR-026121121A	0.25715245	0.02403306	0.08547047	186
BR-026121133D	0.25881227	0.0177253	0.06409727	397
BR-0261211452	0.25353404	0.0294759	0.10415148	92
BR-037121132E	0.2579428	0.01876018	0.06779899	361
BR-06A121121C	0.25049284	0.03785991	0.1312972	51
BR-1J0122291B	0.25645984	0.02053113	0.074122	288

Fuente: Elaboración propia

4.15.

11. Se establecieron los órdenes de prioridad, mientras mayor era  $C_i$ , menor fue el número de prioridad que le correspondió a cada producto. Los datos para una muestra de 10 productos lo podemos observar en la tabla 4.15. Los resultados de la clasificación TOPSIS completa quedó como se muestra en la tabla B.1 del apéndice B.

Tabla 4.16: Clasificación TOPSIS

Productos	Orden de prioridad
3931002600	213
BM-5151	49
BM-601	278
BR-02501	441
BR-026121121A	186
BR-026121133D	397
BR-0261211452	92
BR-037121132E	361
BR-06A121121C	51
BR-1J0122291B	288

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DE LA ETAPA III: ESTABLECIMIENTO DE POLÍTICAS DIFERENCIADAS PARA LOS INVENTARIOS

**Paso 1:** Se calculó el nivel de servicio actual de la empresa mediante la ecuación 3.15 y la rentabilidad utilizando la ecuación 3.16 y los resultados fueron los siguientes:

$$NS(\%) = \frac{74170}{9348 + 74170} * 100\% \quad NS(\%) = 89\% \quad (4.8)$$

$$R_E(\%) = \frac{3469425.23}{7073363.5} * 100\% \quad R_E(\%) = 49\% \quad (4.9)$$

Es decir, la empresa tiene un nivel de servicio de 89 % en la actualidad, lo cuál es un nivel bajo para el nivel que se espera en una empresa del giro automotriz. Además poseen una rentabilidad del 45 % lo cuál es aceptable para una pyme.

**Paso 2:** Se establecieron los tres grupos productos, el primer grupo denominado grupo élite cuenta con 100 productos, que fueron los primeros de los órdenes de prioridad que dio TOPSIS, el segundo grupo es el grupo conservador y tiene los siguientes 300 productos según el orden y por último esta el grupo restringido que posee los restantes productos, que son 145. La distribución de las clasificaciones ABC dentro de cada grupo podemos observarla en la figura 4.7.

Como se puede observar en la figura 4.7 existen productos con una misma clasificación ABC/XYZ/123, en distintos grupos. Estos productos fueron reasignados en el grupo que tuviera el mayor porcentaje de ellos y en el caso de los que tuvieran poca diferencia entre ellos, se analizaron para cual grupo se colocarían, este fue el caso de los AX3, que se decidió ponerlos en el grupo conservador porque como tienen alto coeficiente de variabilidad, no es conveniente tenerlos en el grupo élite y el caso del único producto AZ3 que hay que se colocó en el grupo restringido porque tiene

<b>Grupo Élite</b>												
1				2				3				
X	10	1		X	38	10	1	X	16	4	2	
Y	2			Y	10			Y	2			
Z				Z	3			Z	1			
	A	B	C		A	B	C		A	B	C	
<b>Grupo Conservador</b>												
1				2				3				
X	1	5	1	X	28	48	45	X	15	25	39	
Y	1		1	Y	19	23	18	Y	7			
Z		2		Z	4	8	10	Z				
	A	B	C		A	B	C		A	B	C	
<b>Grupo Restringido</b>												
1				2				3				
X				X				X		10	21	
Y				Y		4	2	Y	1	12	36	
Z				Z		4	9	Z		6	40	
	A	B	C		A	B	C		A	B	C	

Figura 4.7: Distribuciones de clasificación ABC/XYZ/123 dentro de cada grupo

Fuente: Elaboración propia

baja rentabilidad y alto coeficiente de variabilidad. Esta nueva reasignación se puede observar en la tabla 4.8.

**Paso 3:** Luego de que quedaran conformados los grupos se adoptaron políticas de inventarios para cada grupo.

- Grupo elite

- Coeficiente de variabilidad de la demanda bajo.

Los productos que cumplen esta característica dentro de este grupo son los que están clasificados como AX1 y AY1. Estos son productos de alta demanda, y alta y media rentabilidad, por lo que se recomienda pedirlo

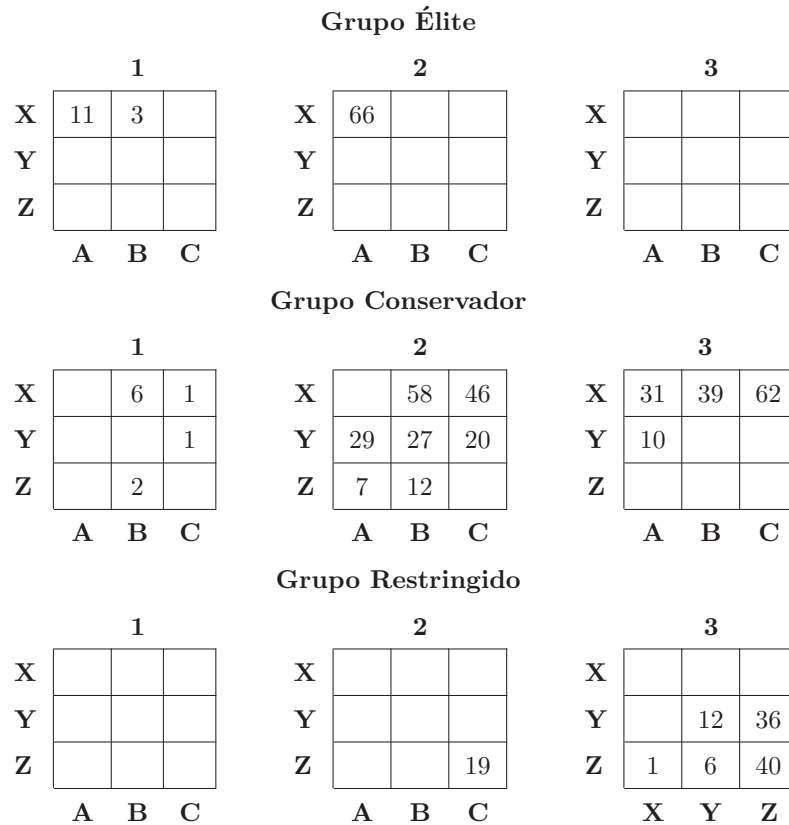


Figura 4.8: Reasignación de productos en grupos de clasificación

Fuente: Elaboración propia

basándose en los históricos de su demanda, ya que matemáticamente la varianza es tan pequeña que el valor recomendado en la literatura converge a la demanda media. Estos son los mejores productos para la empresa y los que, se espera, sean más fáciles de administrar.

- Coeficiente de variabilidad de la demanda medio.

Los productos que cumplen esta característica dentro de este grupo son los que están clasificados como AX2. Estos productos tienen un coeficiente de variabilidad medio, por lo que se recomienda utilizar con ellos el método de revisión periódica  $(r,s,S)$  en el cual se revisa el nivel de inventario cada  $r$  unidades de tiempo, si el inventario no ha caído del nivel mínimo  $s$  no se hace nada y se vuelve a revisar en el período de tiempo establecido, y en caso de que el inventario sea menor a  $s$ , se realiza un pedido que alcance

el nivel  $S$ . Para este caso particular vamos a tomar un valor de  $r$  de 7 días debido a que son productos de alta demanda y se debe revisar más seguido. Ejemplo de esta política de inventario se puede observar la tabla 4.17. Los resultados completos de esta política de inventarios se pueden observar en la tabla C.1 del apéndice C.

Tabla 4.17: Ejemplos de políticas de inventarios para los diferentes grupos

Producto	$r$	$s$	$S$
BR-90448854	7	49	369
CKP-VW06A433C	7	236	1078
M026109243	7	93	656
M026109675	7	50	1432
CKP-NI237321A	30	4	63
M014141701E	30	7	115
CKP-NI2375QA0	30	26	369
M01M325429	30	38	482

Fuente: Elaboración propia

- Grupo conservador

Este grupo por la variedad de clasificaciones que posee se decidió dividirlo en 2 subgrupos:

1. Subgrupo  $\alpha$ : está compuesto por productos de demanda alta con coeficiente de variabilidad medio, otros de demanda media con coeficiente de variabilidad alto y por último los de demanda alta con coeficiente de variabilidad alto. Los productos que cumplen estas características dentro de este grupo son los que están clasificados como  $AX3$ ,  $AY3$ ,  $AZ2$ ,  $BX3$  y  $AY2$ . Con estos productos se utilizó el método de revisión periódica  $(r,s,S)$  con un valor de  $r$  de 7 días. Ejemplo de esta política de inventario se puede observar la tabla 4.17. Los resultados completos se pueden observar en la tabla C.2 del apéndice C.
2. Subgrupo  $\beta$ : está compuesto por productos de demanda baja, demanda media con coeficiente de variabilidad bajo y demanda media con coeficien-

te de variabilidad medio. Los productos que cumplen estas características dentro de este grupo son los que están clasificados como  $BX1$ ,  $BX2$ ,  $BY2$ ,  $BZ1$ ,  $BZ2$ ,  $CX1$ ,  $CX2$ ,  $CX3$ ,  $CY1$  y  $CY2$ . Con estos productos se utilizó el método de revisión periódica  $(r,s,S)$  con un valor de  $r$  de 30 días. Ejemplo de esta política de inventario se puede observar la tabla 4.17. Los resultados completos se pueden observar en la tabla C.3 del apéndice C.

- Grupo restringido

En el caso de los productos cuya clasificación es  $CZ2$ ,  $CY3$  y  $CZ3$  se decidió eliminarlos del portafolio de productos, estos son productos con demanda baja, por lo que conservarlos en el catálogo de productos representa un riesgo económico para la empresa. El riesgo consiste en que el producto podría no llegar a tiempo, lo cual representa un incumplimiento al cliente o perder grandes cantidades lo cual eleva los costos de forma innecesaria porque son productos con demanda baja, alto coeficiente de variabilidad y rentabilidad baja o media. Estos productos se pueden eliminar siempre y cuando ningún cliente tenga condicionada la compra de algún producto, con alguno de los que serán eliminados y no hay un remplazo en el portafolio que será conservado.

A los productos de las clasificaciones  $AZ3$ ,  $BY3$  y  $BZ3$  se les aplicará el método de revisión periódica  $(r,s,S)$  con un valor de  $r$  de 30 días. Ejemplo de esta política de inventario se puede observar la tabla 4.17. Los resultados completos se pueden observar en la tabla C.4 del apéndice C.

#### **Paso 4: Recalcular el nivel de servicio y la rentabilidad**

Se recalcularon el nivel de servicio y la rentabilidad de la empresa teniendo en cuenta los resultados que se obtendrían aplicando estas políticas de pedidos. Los resultados fueron los siguientes:



$$NS(\%) = \frac{74170}{1079 + 74170} * 100 \% NS(\%) = 98 \% \quad (4.10)$$

$$R_E(\%) = \frac{3743843.7}{7892824.3} * 100 \% R_E(\%) = 47 \% \quad (4.11)$$

La aplicación de los métodos analíticos propuestos en este proyecto han mostrado una de mejora de 98 % en el nivel de servicio y la rentabilidad de la empresa solo disminuyó de 49 % a 47 %, lo cual, demuestra que el objetivo propuesto fue alcanzado.

#### 4.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo se experimentó con la metodología propuesta en el capítulo anterior obteniendo los resultados de la misma. Primeramente se clasificaron con el método ABC y con TOPSIS todos los productos, en el caso de TOPSIS se utilizó el método AHP para asignarle peso a los criterios que se utilizaron en la clasificación. Con los resultados obtenidos de la clasificación TOPSIS se formaron grupos de productos, el primero se denominó élite y en él está incluido el 20 % de los productos, el segundo es el grupo conservador en el que se coloca el siguiente 60 % de los productos y en el último grupo se incluye el restante 20 % de los productos. Luego de que se agruparan los productos, se realizó una reagrupación de los mismos, consolidándolos donde hubiera mayoría de su clasificación ABC y en algunos casos específicos donde fuera más conveniente de acuerdo a las características de sus productos. Después de haber hecho la reagrupación de los productos, se aplicaron políticas de inventarios para todos los productos del portafolio de acuerdo a las características particulares de cada uno.

## CAPÍTULO 5

# CONCLUSIONES

---

El capítulo que se presenta contiene lo relacionado con las conclusiones que se obtuvieron luego de la aplicación de la metodología y la obtención de resultados. También se exponen las contribuciones que hace este trabajo de tesis, así como algunas recomendaciones y se realiza un análisis del trabajo a futuro.

El trabajo de tesis propone una metodología que contribuya a la disminución de costos de inventarios. La misma comienza clasificando los inventarios con la ayuda de dos diferentes métodos de clasificación multicriterio, los métodos ABC y TOPSIS. En el paso correspondiente del método TOPSIS se aplica AHP para asignarle pesos a los criterios. Luego de las clasificaciones y apoyándonos en sus resultados, se agrupan los productos en 3 grupos diferenciados. Una vez definidos los grupos, se adoptan políticas de inventarios adecuadas según las características de cada grupo. Se calculan los niveles de servicio y la rentabilidad de la empresa, antes y después de la experimentación para hacer una comparación que valide el beneficio del proyecto.

### 5.1 CONCLUSIONES GENERALES

En una empresa comercializadora tener las mismas políticas de pedidos para todos sus productos puede traer como consecuencia que se produzca un desabasto

o sobreabasto de productos, porque no todos los productos tienen las mismas tasas de demanda, lo cual deriva en que haya sobreinventarios o productos obsoletos. De acuerdo a lo que se obtuvo en los capítulos anteriores podemos concluir que:

- Una clasificación ABC multicriterio de los inventarios existentes permiten clasificar los productos de acuerdo con varias de sus características, lo cual contribuye a distinguir un tratamiento diferenciado para cada producto.
- El ordenamiento mediante TOPSIS permite establecer ordenes de prioridad de los productos, lo cual contribuye a conocer cuáles son los mejores y peores productos de acuerdo a una ponderación de los criterios que se utilizan para establecer los órdenes de prioridad.
- La utilización de AHP en la asignación de pesos a los criterios en TOPSIS, permite establecer con un método analítico la preferencia que posee cada criterio, lo cual le da mayor aceptabilidad al método.
- La fusión de los métodos ABC y TOPSIS permiten delimitar grupos de productos en una forma analítica.
- La reagrupación de productos por mayoría o conveniencia permite tener los productos mejor organizados y ser más certeros a la hora de adoptar las políticas de inventarios.
- Con los productos que poseen alta demanda y bajo coeficiente de variabilidad se puede adoptar una política de reabastecimiento simple basada en la demanda promedio, es decir se requiere bajo o nulo inventario de seguridad.
- El resto de los productos del portafolio puede utilizar la política  $(r, s, S)$ , variando solo el valor del tiempo entre revisiones del inventario ( $r$ ) de acuerdo con las características de cada subgrupo de productos, y calculando en forma analítica los valores de  $s$  y  $S$  en función de  $r$  y las características propias de cada producto.

De manera general se pudo concluir que, utilizando métodos que permitan clasificar los productos de acuerdo con sus características, se logró separar los productos en diferentes grupos o subgrupos para posteriormente adoptar políticas de inventario particulares para cada uno de ellos. Todo esto deriva en un aumento del nivel de servicio de la empresa, una disminución en los costos de almacenamiento, manteniendo la rentabilidad de la empresa.

## 5.2 CONTRIBUCIONES

El trabajo logró combinar tres métodos de clasificación multicriterio que fueron la clasificación ABC multicriterio, TOPSIS y AHP en una sola metodología, para determinar grupos o subgrupos de productos con características similares. En la revisión de literatura no se encontró ningún trabajo anterior que hiciera algo similar. Se estableció una estrategia para reagrupar productos que resulto efectiva.

Se desarrollo una metodología que, mediante la clasificación y ordenamiento por prioridad de los productos, permite separar los productos en grupos o subgrupos, para poder adoptar políticas de inventarios específicas para cada producto de acuerdo con sus características.

Se proveyó a la empresa caso de estudio de una herramienta analítica que le permite tomar mejores decisiones en su abastecimiento y almacenaje de productos importados desde Asia, que le contribuye a una mejora en los costos y nivel de servicio.

## 5.3 RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa caso de estudio utilizar la metodología y actualizar la clasificación cada cierto período de tiempo, en el caso de la empresa caso de estudio

se recomienda que se actualice cada 3 meses porque es el tiempo que demora el proveedor en surtir su producto, y el mismo sería el período que tardaría la empresa en actualizar su portafolio de productos. Al momento de establecer los órdenes de prioridad que se requieren para TOPSIS se deben tener en cuenta los índices de consistencia de la metodología AHP para poder determinar la consistencia de la priorización; en caso de que la misma no cumpla con los rangos establecidos para que sea consistente, se debe volver a evaluar.

La empresa debe capacitar al personal que se encargue de ejecutar esta metodología propuesta, a su vez deben determinar siempre el nivel de servicio y la rentabilidad actual y la que surge de las nuevas políticas de inventarios establecidas. Esta sería una manera de comprobar que la metodología es eficiente y eficaz para la situación en la que se encuentre la empresa en el momento de la actualización de la metodología.

## 5.4 TRABAJO A FUTURO

Como trabajo a futuro podríamos contemplar clasificar los productos según otros criterios que se pueden tener en cuenta a la hora de clasificar, esto si se quiere tener una clasificación mucho más específica del producto.

Se podría incluir en la metodología una sección para determinar si un nuevo producto puede ser factible o no para la empresa, y en caso de ser factible, en qué cantidad y cada cuánto tiempo se puede pedir el mismo.

A partir de las políticas de inventarios calculadas en este trabajo calcular los envíos eficientes de producto desde Asia tomando en cuenta los costos y capacidades de los contenedores en que se transporta el producto, con el objetivo de aprovechar eficientemente la capacidad del contenedor.

## APÉNDICE A

# CLASIFICACIÓN ABC/XYZ/123

---

Los resultados de la clasificación ABC/XYZ/123 realizada a los 545 del portafolio de productos importados quedo como se muestra en la tabla A.1

Tabla A.1: Clasificación multicriterio

Producto	Clasificación	Producto	Clasificación
M6Q0201051J	AX1	M028117021L	AX3
M90285291	AY2	M7389D510	AY1
MIWP044	AY2	CKP-VW06A433C	AX2
M21430-01F00	AY2	M049129412C	AY2
MB34/01	AX3	M036129620H	AX1
M038103601NA	AX1	M113501229	AX3
M90481270	AZ2	M037906457E	AX3
M1J0937550	AY2	M6E0959455A	AX1
M25050-65Y00	AY2	M020141741B	AX2
M90387391	AZ2	U45-18	AX2
M113129031K	AX1	M06B121011E	AX2
M30537-M8005	AX2	M111957801K	AX3
JC-912	AY2	M113837579	AX2
M020311107C	AX2	M90499401	AX2
MBH-068	AX3	M020311108A	AX2
M90409594	AX3	M06A115130	BX2
M34560-50J00	BX3	CKP-GM90451442	AX3

*Continuación en la siguiente página*

Tabla A.1 – Continuación de la página anterior

Producto	Clasificación	Producto	Clasificación
M020141741	AX2	M053103663	AX2
M21200-40F00	BX3	M026121005B	AX1
M21010-F4300	AX3	M1H0953227	AX2
M03C115561H	AX2	MFBJC100	AZ3
BR-357121140S	AX3	M1HM121101	AX2
M1J4959857D	AX2	M173898081S	AX2
M90500229	AY3	M9158003	AX2
M1J0959455M	AX2	M90566947	AX2
M08187	AY3	M10-126	AX3
M096409061G	AX3	M90233240	AX3
JC-703	AX2	M191905351B	AX1
M191837579	AX3	BM-5151	AX1
M7563D688	AY2	CKP-VW030433K	AX3
M020498085G	AX2	M90242277	AX2
M30770-62Y01	AY2	M06A121011E	AY1
M051103483A	AX2	MBAA971131A	AX2
M10-028	AX2	M043129021D	AX2
BR-06A121121C	BX3	M021919081B	AX2
M10-030A	AX2	M11-041	AX1
M111837501K	BX2	M068103085A	AX2
M027109675	AX2	MAP-036051	BX2
M1H0121321C	AX2	ST-789	BX2
M1HM837207	AX2	M165906381	AX2
M020141165E	AX2	ST-174	BX2
ST-78	AX2	M90119099	AX1
M3257118031	BX2	MIWP158	CX3
MNIMEXG06G2	AZ2	MNIMEXG06G2	AZ2
M06A103663C	AY2	M1H0121407A	AY2
M96591467	BX2	M068117021B	AX3
M12146897	AY2	M096321370	BX2
M06A905161B	AY2	M90356178	AZ2
M032121065D	BX2	M10456604	AX2
M026103485A	AX2	M026109243	AX3

Continuación en la siguiente página

Tabla A.1 – Continuación de la página anterior

Producto	Clasificación	Producto	Clasificación
M037121010A	AX2	M11320-0M002	AY2
M90250663	AX2	M191941531H	AX2
M22162-0M300	AX2	M-1642	AX3
M09G325429A	AX3	BR-0261211452	BX1
M90409238	AX2	M10-043	AX2
M11-053	AX2	TPS-3510202010	CX2
MIWP143	AX2	M037133035C	AX2
M331611051A	AX2	M11-006	AY2
M11-015	CX3	M06A906461A	AX3
M088141165B	BX2	M21010-50A28	BX2
M1J0121321B	AX2	M1J0121253H	AX3
M027905207A	AX3	M11-049	BX1
M25230-C9980	AY3	M90499250	AX2
M93369686	BX3	M22680-8U301	BX2
M90412744	AY2	M038103603N	AX2
M8L0823359	AY1	M021103601L	BX2
M90500229AA	AX2	U45-11	AX2
M40-001	BX2	M24410-02510	CX2
M037906461A	AX2	M94669930	CX3
M30502-53J01	AX2	BR-90448854	AX2
M41-002	AX2	M90336039	AX2
M11-043	CX2	M113905207C	AX2
M1J0721261J	AX2	M1K0959455ES	AX1
M10-031	CX2	M043905205N	BX2
M11-096	CX2	M-7165	BX2
M20-001	BX2	M191837206A	AX3
M6K0121253AA	CX3	M90505912	AX3
M043905205M	BX2	M251965561B	CX2
U45-1921	AY2	M10-029	BX3
M90217059	BX2	M191711595A	CX3
M90200836	CX3	M96314169	CX2
M21481-75Y00	AZ2	M113945515G	BX2
MKIT22100	BX3	M61-004	CX2

Continuación en la siguiente página



Tabla A.1 – Continuación de la página anterior

Producto	Clasificación	Producto	Clasificación
3931002600	AY2	M90522447	AX3
M111905865L	AY2	M41-004	AX2
M90445097	BX2	M93277517	AX2
M191711116C	BX2	M90445207	BX3
M1HM121253CQ	BX2	M1H1721335A	AX2
M026115105A	BX2	M93353848	AX3
M6Q0121253Q	BX2	M113129729B	BX2
M90482081	AY3	M40-039	CX2
M3044	BX2	M90468567	BX2
M59524	AX3	M93220885	BX1
M11-039	AY2	M90501145	AX2
M41-002A	BX1	M191411315AS	BX2
MCGQ016	AX2	M6X0959455C	BX3
M373919051AA	BX3	M1K0823359A	BX1
M40-027	BX2	MZM2S-658K218BA	CX2
M11-105	CX2	M036906051	BX2
MAC5	BX2	BR-026121121A	CX2
M41-006	AY2	M171121407E	CX2
M11-033	CX2	M41-003	AX2
RA-VW5250AS	BX3	BR-90322216	CX2
MKIT0M30A	BX3	M20-008	BX2
M1J0711761A	AY2	M90501528	AX2
M357611019A	CX1	M22100-J23G0	BX1
M1J0199262BF	CX2	M21200-77A63	AZ2
M6N0919051N	CX2	M357412331A	BX2
M40-067	AX3	M6K0959455B	CX3
M113837205MC	BX2	M-982	BX2
MIWP127	BX3	M021115562A	BX2
M21710-00QAA	BX2	M11-066	BY2
M40-002	CX2	MG-6	BX3
TPS-42	AY3	M40-020	CX2
M191412329	AY2	M030121005N	BY2
M26030358	CX2	M028145278E	BX2

Continuación en la siguiente página

Tabla A.1 – Continuación de la página anterior

Producto	Clasificación	Producto	Clasificación
M1J0953235J	BX2	M40-019	CX2
TPS-47	AZ2	M30502-45P00	CX3
M21200-00QAA	BX3	M10-004	BX2
M377959455H	BY2	MIWP024	AX3
M90138045	CX3	M41-014	AY2
ST-778	BY2	BM-601	BY2
M21010-01M25	BX2	M6Q0201051	BY2
M211611701	BX2	M321121253AC	CX2
MB28/00	BX3	M050121113C	BX2
M431955651	BX3	M030907601E	CX2
M-864	AY2	M90410057	CX2
M90510183	BX2	M18201-00QAA	CX3
M61-003	CX2	M06A121133D	BX2
M026129761E	BX2	ST-319	CX3
M026109675	AX3	M056919081E	BX2
M10-009	CX2	M40206-61A01	BZ1
BR-93378094	AY2	M11927-00QAA	BY2
M5U0121407	BZ2	BR-9128719	BY2
M043905225	BX2	M10-012	CX2
M111837502K	BZ2	M11220-F4101	AY2
M22100-B03G0	BZ1	M-927	BY2
M11-098	CX3	M2S6G-8A586-D1C	AY2
M-5092	CY2	M-5097	CX2
M034998065	BY2	M90508667	BX2
M40-015	CX3	M13070-00QAB	BX3
M10-186	CX2	M11-082	CX2
M191827550B	CX2	M058905161B	BZ2
M9117716	CX2	M40-050	CX2
M1J0121206C	BX2	BR-1J0122291B	BX2
M191953235	CX2	M052905225C	BY2
M6E0955985	BZ2	M10-015	BX2
M22680-5M000	CY1	M11-045	BX2
M60-011	CX2	M06D115562	BY2

Continuación en la siguiente página

Tabla A.1 – Continuación de la página anterior

Producto	Clasificación	Producto	Clasificación
M032121111CL	BZ2	M98KU8K218AA	BX2
M-911	BY2	M078906433B	BY2
M356G8575A2A	BY2	M049105263C	CX3
M191121251C	BX2	M13500-53Y00	AY2
M1K0121407A	BX3	M032121111AT	CX2
M377827550C	CY2	M11-004	CX2
M17042-73Y10	CY2	M5U0959455B	BX3
M-860	CY2	M90398840	CX3
M9117716FAN	CY2	MGA16DE	BY2
M026103547	BX3	M40-003	CX2
M112100M000	AY3	M21010-00QAA	AY3
M6Q0721261D	CX2	MTB296	CX2
M026905105	BY2	M377260299	BX3
M-905	CX2	M3011	AY3
M-692	CY2	M31111-02000	BZ2
M93278547	AY3	M30502-M8000	CY2
M1J0121206D	CY2	M40-021	CX2
M6N0412249C	CY2	M014141701E	CX2
M40-057	CY2	M191611019	CY2
M1K0919051AP	CY2	M11-103	CX3
M043905205M-FI	BZ2	M113611053	BY2
M1086369	CY2	M06A103663B	BX2
M60-005	CX2	M701721335B	CY2
M1J0949117	CX3	CKP-NI237321A	CY2
M40-063	CX3	BR-037121132E	BX2
M-4126	BX3	M020911023A	CZ2
M54500-02000	CY2	M021103601B	CX2
M1H0422804	CZ2	M60-002	CX3
M21010-86G00	BX3	RA-VW4712AS	BZ2
M21410-F4016	BY2	M10-113	CX3
M40-005	CX3	M10-005	BY2
M11-012	BX3	M23300-74Y00	BY2
M7228D333	CZ2	M54501-02000	CZ2

Continuación en la siguiente página

Tabla A.1 – *Continuación de la página anterior*

Producto	Clasificación	Producto	Clasificación
M93441807	BX3	M90538936	BX3
M357615601	CZ2	M055905225B	BY2
M6Q0959455J	CY2	M54501-50A00	CZ2
M377959455G	CZ2	M3259578271	CX3
M030109243	CX3	M54500-50A00	CZ2
M11.5X685	CX3	M357998031B	BY2
M11-005	CY2	M10-167	CZ2
M06B109244	CX3	M20-035	CX3
M21516-00QAB	BY2	M60-003	CX3
M21082-86G00	BY3	M-994	BY3
M20-007	BX3	M06A121065AR	BY2
M048103609B	BY2	M93230328	CZ2
M10-131	CX3	M357905865	BY3
M60-012	CX2	M60-012	CX2
ST-125	CX3	M357609721A	CX3
M13070-00QAA	BY3	M48560-3S185	CZ2
M11-090	CX3	M41421-02000	CX3
M357919506A	CZ2	M0580453509	BZ2
M030115105N	CZ2	M10-001	CX3
ST-607	BZ2	M11-010	BX3
M17042-59G00	CZ2	M10-011	CX3
M17042-0M300	CY2	M98FU1-8495AC	BZ2
M-4123	CZ2	M96813425	CZ2
M1H0422803	CZ2	MKA24E	BY3
M06A115105B	BZ2	CKP-NI2375QA0	BZ3
M357407365	BY3	M10-036	CY2
M373837205	BY2	M90495170	BX3
M5C0121251E	CY3	M6Q0121407	BX3
M40-023	CX3	M10-130	CX3
M-2422	AX3	M40-031	CZ2
M10-041	CY3	M1J0411315C	BY3
M-624	CY3	M7147D233	CX3
M54501-EL000	CZ2	M377953235	CX3

*Continuación en la siguiente página*

Tabla A.1 – *Continuación de la página anterior*

Producto	Clasificación	Producto	Clasificación
M1J0121087C	BX3	M11-036	CX3
M-979	CX3	M811199339B	BY3
M058198025A	BX3	M-917	CX3
M1K0698151A	CZ3	M90381877	BZ3
M90468636	CZ3	M54618-D5000	CZ3
M06A919501A	CZ3	M037129101H	CY3
M-958	CY3	M93426843	BX3
M93426841	CZ3	M6Q0199555AD	CZ3
M60-007	CX3	M1HM103493A	CY3
M60-007	CX3	M1HM103493A	CY3
M028103171B	BZ3	MZM2S-658K218AC	CX3
M21-001	CZ3	M90482454	CX3
BR-90448853	BX3	BR-02501	CX3
M032145276	CX3	M1J0422371C	CZ3
M11-085	CY3	M028103609A	BX3
M-546	CZ3	M11-093	CZ3
M06A903315E	BZ3	M90445119	CY3
M11-099	CX3	M40-016	CY3
M113611775	CY3	M4K810	CY3
M30502-00QAA	CZ3	M10-002	CX3
M20-050	CZ3	M035109675	AY3
M06A103544	CZ3	M40-038	BX3
M11-035	CZ3	M-978	CY3
M-2416	CX3	M10-042	CZ3
M40-040	CZ3	M40-037	BY3
M036103085G	BX3	M113611021C	BZ3
M10-006	CZ3	M60-001	CY3
M54500-EL000	CZ3	M020409289B	CY3
M10-048	BX3	M01M325429	BZ3
M-964	CX3	M-951	CX3
M-996	BY3	M6K0959455A	CY3
ST-128	CY3	ST-17	CY3
ST-172	CZ3	BR-026121133D	CX3

*Continuación en la siguiente página*

Tabla A.1 – *Continuación de la página anterior*

Producto	Clasificación	Producto	Clasificación
M-886	CX3	M48640-3U025	CZ3
MD8520-EW00A	CZ3	MD5150	BX3
M051103601	CY3	M7177D227A	CZ3
M11-014	CX3	M191411315B	CX3
M-4107	CY3	M10-003	CY3
M191837402B	BY3	M-1447	BY3
M11-030	CX3	M11-027	CY3
M357413175A	CY3	M11-094	CY3
GASM90481270	CY3	M40-009	CZ3
M-7164	CY3	M40206-60Y01	CX3
M96301-Y02G0	CX3	M40-046	CX3
M-882	CY3	M40-052	CX3
M030105263C	CX3	ST-122	CZ3
M90445118	CZ3	M40160-01N25	CZ3
M893199381C	CY3	M90397815	CY3
M11-028	CY3	M6K1080	CZ3
M-930	CY3	M48530-01G25	CZ3
MTB1013	CZ3	M054905377	CY3
ST-630	CY3	M6K1805	CZ3
M11-087	CZ3	M11-019A	CY3
M11-032	CZ3	M6N0611053	CZ3
M02A911023L	CZ3	M61-005	CY3
M20-011	CY3	M93275536	CZ3
M6Q0423155AB	CY3	M93275536	CZ3
M6Q0423155AB	CY3	ST-259	CZ3
M11-050	CZ3	M41-013	CZ3
M40160-50A00	CZ3	M027115611C	CZ3
0	CX3		

## APÉNDICE B

# CLASIFICACIÓN TOPSIS

---

Los resultados de la clasificación TOPSIS realizada a los 545 del portafolio de productos importados quedo como se muestra en la tabla B.1

Tabla B.1: Clasificación TOPSIS

<b>Producto</b>	<b>Orden</b>	<b>Producto</b>	<b>Orden</b>
M6Q0201051J	1	M028117021L	2
M90285291	3	M7389D510	4
MIWP044	5	M21430-01F00	6
CKP-VW06A433C	7	M049129412C	8
MB34/01	9	M113501229	10
M036129620H	11	M038103601NA	12
M90481270	13	M037906457E	14
M1J0937550	15	M6E0959455A	16
M25050-65Y00	17	M020141741B	18
M90387391	19	U45-18	20
M113129031K	21	M111957801K	22
M06B121011E	23	M30537-M8005	24
JC-912	25	M020311107C	26
M113837579	27	M90499401	28
M06A115130	29	MBH-068	30
M34560-50J00	31	M21200-40F00	32
M020311108A	33	M053103663	34

*Continuación en la siguiente página*

Tabla B.1 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<b>Orden</b>	<b>Producto</b>	<b>Orden</b>
BR-357121140S	35	M020141741	36
CKP-GM90451442	37	M90409594	38
M1HM121101	39	M9158003	40
M026121005B	41	M10-126	42
M1H0953227	43	M21010-F4300	44
M03C115561H	45	MFBJC100	46
M173898081S	47	M90566947	48
BM-5151	49	M1J4959857D	50
BR-06A121121C	51	M90500229	52
M1J0959455M	53	M08187	54
M096409061G	55	M90242277	56
M90233240	57	M191905351B	58
M191837579	59	JC-703	60
ST-789	61	M111837501K	62
MAP-036051	63	MIWP158	64
M021919081B	65	M043129021D	66
ST-174	67	M7563D688	68
CKP-VW030433K	69	M020498085G	70
M96591467	71	M10-030A	72
M30770-62Y01	73	M06A121011E	74
MBAA971131A	75	M051103483A	76
M096321370	77	M3257118031	78
M10-028	79	M11-041	80
ST-78	81	M032121065D	82
M027109675	83	M165906381	84
M068103085A	85	M020141165E	86
M1H0121321C	87	TPS-3510202010	88
M11-015	89	M1HM837207	90
M90119099	91	BR-0261211452	92
M93369686	93	M90250663	94
M191941531H	95	M026109243	96
MNIMEXG06G2	97	M21010-50A28	98
M037121010A	99	M06A103663C	100

*Continuación en la siguiente página*



Tabla B.1 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<b>Orden</b>	<b>Producto</b>	<b>Orden</b>
M94669930	101	M1H0121407A	102
M068117021B	103	M6K0121253AA	104
M11-049	105	M12146897	106
MIWP143	107	M10456604	108
M24410-02510	109	M06A905161B	110
M021103601L	111	M09G325429A	112
M088141165B	113	M026103485A	114
M90356178	115	M90200836	116
M11320-0M002	117	M11-053	118
M11-096	119	M22162-0M300	120
M10-031	121	M-1642	122
M22680-8U301	123	M11-043	124
M10-043	125	M043905205N	126
M191711595A	127	M40-001	128
M90409238	129	M331611051A	130
M1J0121253H	131	M90499250	132
M037133035C	133	ST-319	134
M-7165	135	M251965561B	136
M038103603N	137	M06A906461A	138
M10-029	139	M96314169	140
U45-11	141	M61-004	142
M1J0121321B	143	M027905207A	144
M20-001	145	M11-006	146
MKIT22100	147	M90500229AA	148
M043905205M	149	M25230-C9980	150
BR-90448854	151	M90412744	152
M1J0721261J	153	M40-039	154
M11-105	155	M30502-53J01	156
M113945515G	157	M90468567	158
M113905207C	159	M191837206A	160
M6K0959455B	161	M8L0823359	162
M90217059	163	M191711116C	164
M037906461A	165	M90445207	166

*Continuación en la siguiente página*

Tabla B.1 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<b>Orden</b>	<b>Producto</b>	<b>Orden</b>
M90336039	167	M1K0959455ES	168
M3044	169	M6Q0121253Q	170
M41-002	171	M1HM121253CQ	172
M373919051AA	173	MZM2S-658K218BA	174
RA-VW5250AS	175	M6X0959455C	176
M90505912	177	M11-033	178
MAC5	179	M171121407E	180
BR-90322216	181	M036906051	182
M1J0949117	183	M90445097	184
M191411315AS	185	BR-026121121A	186
M30502-45P00	187	M11-098	188
M40-015	189	M20-008	190
M93353848	191	M113129729B	192
M026115105A	193	M93277517	194
MIWP127	195	M41-002A	196
M1K0823359A	197	M18201-00QAA	198
M1H1721335A	199	M93220885	200
M41-004	201	U45-1921	202
M59524	203	M90138045	204
M021115562A	205	M40-027	206
M1J0199262BF	207	M357412331A	208
M357611019A	209	M111905865L	210
M6N0919051N	211	MB28/00	212
3931002600	213	M90522447	214
M11-039	215	MKIT0M30A	216
M21481-75Y00	217	M40-002	218
M90501145	219	M40-020	220
M-982	221	M22100-J23G0	222
M40-019	223	M26030358	224
M321121253AC	225	MG-6	226
MCGQ016	227	M90482081	228
M41-006	229	M10-009	230
M028145278E	231	M41-003	232

*Continuación en la siguiente página*

Tabla B.1 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<b>Orden</b>	<b>Producto</b>	<b>Orden</b>
M030907601E	233	M10-004	234
M61-003	235	M21710-00QAA	236
M11-036	237	M90410057	238
M90501528	239	M40-067	240
M211611701	241	M11-099	242
M21200-00QAA	243	M050121113C	244
M431955651	245	M113837205MC	246
M21010-01M25	247	0	248
M40-063	249	M1J0953235J	250
M11-066	251	M10-012	252
ST-778	253	M10-186	254
M-5097	255	M049105263C	256
M030121005N	257	M06A121133D	258
MIWP024	259	M13070-00QAB	260
M1J0711761A	261	M60-011	262
M191827550B	263	M191953235	264
M90510183	265	M377959455H	266
M21200-77A63	267	M11-082	268
M191412329	269	M6Q0201051	270
M026129761E	271	M056919081E	272
M90398840	273	M-5092	274
M-927	275	M043905225	276
M026103547	277	BM-601	278
TPS-42	279	M40-003	280
M026109675	281	M40-050	282
M10-001	283	M11-004	284
M98KU8K218AA	285	M41-014	286
M40206-61A01	287	BR-1J0122291B	288
M9117716	289	M5U0959455B	290
M-864	291	M1J0121206C	292
M-917	293	M22100-B03G0	294
M40-005	295	M-4126	296
TPS-47	297	M22680-5M000	298

*Continuación en la siguiente página*

Tabla B.1 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<b>Orden</b>	<b>Producto</b>	<b>Orden</b>
M191121251C	299	bBR-9128719	300
M111837502K	301	M90508667	302
M5U0121407	303	M11-045	304
M11-103	305	M11927-00QAA	306
M10-015	307	BR-93378094	308
M377827550C	309	M06D115562	310
M052905225C	311	M032121111AT	312
M034998065	313	M1K0121407A	314
MTB296	315	M-911	316
M17042-73Y10	317	M-860	318
M058905161B	319	M6Q0721261D	320
M11220-F4101	321	M-905	322
M11-012	323	M078906433B	324
M9117716FAN	325	M90538936	326
M40-021	327	M356G8575A2A	328
M2S6G-8A586-D1C	329	M377260299	330
M032121111CL	331	M6E0955985	332
M10-113	333	M-692	334
M026905105	335	M60-005	336
M60-002	337	M11-090	338
M20-035	339	M-2422	340
M014141701E	341	M20-007	342
M30502-M8000	343	BR-90448853	344
M1J0121206D	345	M3259578271	346
M030109243	347	M40-057	348
M021103601B	349	M13500-53Y00	350
MGA16DE	351	M1K0919051AP	352
M701721335B	353	M6N0412249C	354
M191611019	355	CKP-NI237321A	356
M21010-86G00	357	M31111-02000	358
M1086369	359	M54500-02000	360
BR-037121132E	361	M11.5X685	362
M020911023A	363	M6Q0121407	364

*Continuación en la siguiente página*

Tabla B.1 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<b>Orden</b>	<b>Producto</b>	<b>Orden</b>
M06A103663B	365	M06B109244	366
M21010-00QAA	367	M1H0422804	368
M112100M000	369	M043905205M-FI	370
M93278547	371	M7228D333	372
M54501-02000	373	M357609721A	374
M10-005	375	M357615601	376
M21410-F4016	377	M113611053	378
M3011	379	M6Q0959455J	380
M23300-74Y00	381	M377959455G	382
M54501-50A00	383	M10-131	384
M60-003	385	M10-011	386
M11-005	387	M54500-50A00	388
RA-VW4712AS	389	M93441807	390
M10-167	391	M055905225B	392
M60-012	393	M41421-02000	394
ST-125	395	M90482454	396
BR-026121133D	397	M357998031B	398
M10-002	399	M48560-3S185	400
M06A121065AR	401	M048103609B	402
M93230328	403	M10-048	404
M21516-00QAB	405	M-994	406
M10-130	407	M357905865	408
M357919506A	409	M21082-86G00	410
M40-023	411	M030115105N	412
M032145276	413	M7147D233	414
M377953235	415	MZM2S-658K218AC	416
M1J0121087C	417	M11-010	418
M17042-59G00	419	M0580453509	420
M-4123	421	M90495170	422
M13070-00QAA	423	M17042-0M300	424
M96813425	425	M-624	426
MKA24E	427	M1H0422803	428
M5C0121251E	429	ST-607	430

*Continuación en la siguiente página*

Tabla B.1 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<b>Orden</b>	<b>Producto</b>	<b>Orden</b>
M98FU1-8495AC	431	M10-036	432
M10-041	433	M-964	434
M06A115105B	435	M-979	436
M373837205	437	M40-031	438
M93426843	439	M357407365	440
BR-02501	441	M60-007	442
M058198025A	443	CKP-NI2375QA0	444
M11-030	445	M1J0411315C	446
M54501-EL000	447	M-958	448
M036103085G	449	M1K0698151A	450
M90468636	451	M40-038	452
M54618-D5000	453	M1HM103493A	454
M-2416	455	M028103609A	456
M6Q0199555AD	457	M93426841	458
M037129101H	459	M06A919501A	460
M811199339B	461	M11-085	462
M21-001	463	M90381877	464
M028103171B	465	M40-016	466
M11-014	467	M113611775	468
M4K810	469	M1J0422371C	470
M11-093	471	M90445119	472
M-546	473	M035109675	474
M06A903315E	475	M-978	476
M20-050	477	M40-037	478
M020409289B	479	M40-046	480
M30502-00QAA	481	M191411315B	482
M11-035	483	M60-001	484
M-886	485	M10-042	486
M40206-60Y01	487	M06A103544	488
M40-040	489	M030105263C	490
M-951	491	MD5150	492
M54500-EL000	493	M113611021C	494
M10-006	495	M6K0959455A	496

*Continuación en la siguiente página*

Tabla B.1 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<b>Orden</b>	<b>Producto</b>	<b>Orden</b>
M-996	497	M40-052	498
M01M325429	499	ST-128	500
ST-17	501	ST-172	502
M48640-3U025	503	MD8520-EW00A	503
M-1447	505	M051103601	506
M191837402B	507	M11-094	508
M96301-Y02G0	509	M7177D227A	510
M11-027	511	M-4107	512
M10-003	513	M357413175A	514
M-930	515	M11-019A	516
GASM90481270	517	M-7164	518
M-882	519	M40-009	520
M90397815	521	M893199381C	522
ST-630	523	M054905377	524
M90445118	525	ST-122	526
M20-011	527	M61-005	528
M11-028	529	M40160-01N25	530
M6K1080	531	M48530-01G25	532
MTB1013	533	M6Q0423155AB	534
M93275536	535	M11-087	536
M11-032	537	ST-259	538
M11-050	539	M41-013	540
M40160-50A00	541	M6K1805	542
M6N0611053	543	M02A911023L	544
M027115611C	545		

## APÉNDICE C

# RESULTADOS DE LAS POLÍTICAS DE INVENTARIOS

---

Los resultados de la política de inventarios para los productos con coeficiente de rotación media del grupo elite se muestran en la siguiente tabla C.1.

Tabla C.1: Políticas de inventarios para productos AX2

Producto	$r$	$s$	$S$	Producto	$r$	$s$	$S$
BR-90448854	7	49	369	M1H0953227	7	89	777
CKP-VW06A433C	7	236	1078	M1H1721335A	7	39	240
JC-703	7	46	431	M1HM121101	7	30	215
M020141165E	7	34	622	M1HM837207	7	34	403
M020141741	7	17	905	M1J0121321B	7	58	682
M020141741B	7	80	1353	M1J0721261J	7	13	146
M020311107C	7	20	2178	M1J0959455M	7	69	281
M020311108A	7	44	1894	M1J4959857D	7	93	395
M020498085G	7	6	689	M22162-0M300	7	72	587
M021919081B	7	30	805	M30502-53J01	7	13	279
M026103485A	7	86	1045	M30537-M8005	7	87	644
M027109675	7	70	1674	M331611051A	7	27	468
M037121010A	7	23	188	M41-002	7	19	143
M037133035C	7	4	280	M41-003	7	18	126
M037906461A	7	29	145	M41-004	7	14	125

*Continuación en la siguiente página*



Tabla C.1 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
M038103603N	7	50	182	M90242277	7	1	454
M03C115561H	7	17	536	M90250663	7	46	357
M043129021D	7	39	131	M90336039	7	4	613
M051103483A	7	100	765	M90409238	7	73	429
M053103663	7	66	2471	M90499250	7	40	603
M068103085A	7	12	1137	M90499401	7	8	566
M06B121011E	7	142	530	M90500229AA	7	19	162
M10-028	7	57	396	M90501145	7	43	575
M10-030A	7	32	278	M90501528	7	18	153
M10-043	7	2	311	M90566947	7	21	351
M10456604	7	11	287	M9158003	7	20	317
M11-053	7	17	171	M93277517	7	17	111
M113837579	7	1	1407	MBAA971131A	7	17	452
M113905207C	7	3	448	MCGQ016	7	49	342
M165906381	7	72	580	MIWP143	7	43	216
M173898081S	7	76	365	ST-78	7	17	518
M191941531H	7	9	376	U45-11	7	8	514
M1H0121321C	7	78	865	U45-18	7	89	1149

Los resultados de la política de inventarios para los productos del subgrupo  $\alpha$  del grupo conservador se muestran en la siguiente tabla C.2.

Tabla C.2: Políticas de inventarios para productos para subgrupo  $\alpha$  del grupo conservador

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
3931002600	7	56	299	M21200-77A63	7	48	406
BR-06A121121C	7	18	375	M21430-01F00	7	378	2259
BR-357121140S	7	65	1566	M21481-75Y00	7	59	213
BR-90448853	7	13	197	M-2422	7	70	314
BR-93378094	7	41	352	M25050-65Y00	7	241	1204

*Continuación en la siguiente página*

Tabla C.2 – Continuación de la página anterior

Producto	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	Producto	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
CKP-GM90451442	7	118	588	M25230-C9980	7	92	863
CKP-VW030433K	7	116	468	M2S6G-8A586-D1C	7	40	205
JC-912	7	208	863	M3011	7	46	335
M026103547	7	15	443	M30770-62Y01	7	110	650
M026109243	7	93	656	M34560-50J00	7	13	242
M026109675	7	50	1432	M373919051AA	7	18	96
M027905207A	7	67	711	M377260299	7	18	102
M028103609A	7	13	274	M40-038	7	34	128
M028117021L	7	472	1039	M40-067	7	61	182
M035109675	7	39	1463	M41-006	7	10	89
M036103085G	7	15	348	M41-014	7	38	108
M037906457E	7	37	352	M-4126	7	18	144
M049129412C	7	367	1250	M431955651	7	28	332
M058198025A	7	11	163	M59524	7	51	368
M068117021B	7	87	333	M5U0959455B	7	17	82
M06A103663C	7	86	1036	M6Q0121407	7	12	161
M06A905161B	7	80	389	M6X0959455C	7	26	118
M06A906461A	7	67	219	M7563D688	7	112	527
M08187	7	130	554	M-864	7	39	206
M096409061G	7	117	314	M90233240	7	123	1522
M09G325429A	7	74	346	M90285291	7	429	1924
M10-029	7	27	199	M90356178	7	87	1232
M10-048	7	23	208	M90387391	7	233	1136
M10-126	7	49	283	M90409594	7	159	1397
M11-006	7	71	276	M90412744	7	2	179
M11-010	7	27	159	M90445207	7	33	332
M11-012	7	14	112	M90481270	7	287	957
M11-039	7	7	146	M90482081	7	68	589
M111905865L	7	53	631	M90495170	7	19	182
M111957801K	7	188	944	M90500229	7	135	794
M112100M000	7	57	309	M90505912	7	59	461
M11220-F4101	7	41	267	M90522447	7	68	548
M11320-0M002	7	79	445	M90538936	7	19	371

Continuación en la siguiente página

Tabla C.2 – Continuación de la página anterior

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
M113501229	7	86	2169	M93278547	7	41	237
M12146897	7	83	714	M93353848	7	59	397
M13070-00QAB	7	21	210	M93369686	7	17	167
M13500-53Y00	7	35	129	M93426843	7	27	137
M-1642	7	88	386	M93441807	7	31	321
M191412329	7	35	284	MB28/00	7	26	249
M191837206A	7	59	544	MB34/01	7	343	1169
M191837579	7	115	1999	MBH-068	7	174	1074
M1H0121407A	7	89	513	MD5150	7	35	272
M1J0121087C	7	18	429	MG-6	7	28	337
M1J0121253H	7	59	209	MIWP024	7	59	285
M1J0711761A	7	55	371	MIWP044	7	135	663
M1J0937550	7	267	784	MIWP127	7	20	153
M1K0121407A	7	21	206	MKIT0M30A	7	33	135
M20-007	7	12	146	MKIT22100	7	24	109
M21010-00QAA	7	42	233	MNIMEXG06G2	7	16	165
M21010-86G00	7	21	166	RA-VW5250AS	7	20	106
M21010-F4300	7	137	557	TPS-42	7	52	365
M21200-00QAA	7	34	388	TPS-47	7	48	347
M21200-40F00	7	13	225	U45-1921	7	59	533

Los resultados de la política de inventarios para los productos del subgrupo  $\beta$  del grupo conservador se muestran en la siguiente tabla C.3.

Tabla C.3: Políticas de inventarios para productos para subgrupo  $\beta$  del grupo conservador

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
0	30	1	17	M21410-F4016	30	17	70
BM-601	30	41	401	M21516-00QAB	30	23	402
BR-02501	30	1	36	M21710-00QAA	30	38	289

Continuación en la siguiente página

Tabla C.3 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
BR-026121121A	30	13	371	M22100-B03G0	30	4	248
BR-026121133D	30	1	51	M22100-J23G0	30	6	94
BR-0261211452	30	2	680	M22680-5M000	30	1	41
BR-037121132E	30	18	382	M22680-8U301	30	9	118
BR-1J0122291B	30	22	461	M23300-74Y00	30	16	63
BR-90322216	30	12	164	M-2416	30	4	46
BR-9128719	30	40	332	M24410-02510	30	4	95
CKP-NI237321A	30	4	63	M251965561B	30	1	54
M014141701E	30	7	115	M26030358	30	6	44
M021103601B	30	5	48	M3044	30	16	116
M021103601L	30	5	57	M30502-45P00	30	9	129
M021115562A	30	15	217	M30502-M8000	30	9	136
M026115105A	30	11	152	M31111-02000	30	26	92
M026129761E	30	32	288	M321121253AC	30	12	75
M026905105	30	15	98	M3257118031	30	40	486
M028145278E	30	14	203	M3259578271	30	10	178
M030105263C	30	2	74	M356G8575A2A	30	22	140
M030109243	30	12	131	M357412331A	30	19	251
M030121005N	30	35	194	M357609721A	30	2	26
M030907601E	30	13	114	M357611019A	30	1	127
M032121065D	30	23	272	M357998031B	30	17	129
M032121111AT	30	13	110	M373837205	30	15	144
M032121111CL	30	34	188	M377827550C	30	3	62
M032145276	30	10	107	M377953235	30	5	87
M034998065	30	36	250	M377959455H	30	3	91
M036906051	30	15	138	M40-001	30	3	127
M043905205M	30	41	175	M40-002	30	11	78
M043905205M-FI	30	25	109	M40-003	30	3	35
M043905205N	30	17	107	M40-005	30	13	94
M043905225	30	24	587	M40-015	30	1	21
M048103609B	30	15	213	M40-019	30	2	23
M049105263C	30	7	143	M40-020	30	0	37
M050121113C	30	15	227	M40-021	30	5	52

*Continuación en la siguiente página*

Tabla C.3 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
M052905225C	30	23	533	M40-023	30	5	37
M055905225B	30	20	557	M40-027	30	39	175
M056919081E	30	40	653	M40-039	30	0	28
M0580453509	30	17	100	M40-046	30	11	57
M058905161B	30	29	182	M40-050	30	8	42
M06A103663B	30	25	503	M40-052	30	1	12
M06A115105B	30	17	93	M40-057	30	5	57
M06A115130	30	29	560	M40-063	30	4	50
M06A121065AR	30	16	128	M40206-60Y01	30	2	44
M06A121133D	30	18	305	M40206-61A01	30	5	135
M06B109244	30	4	80	M41-002A	30	11	94
M06D115562	30	17	242	M41421-02000	30	2	70
M078906433B	30	19	154	M-5092	30	0	64
M088141165B	30	39	320	M-5097	30	12	86
M096321370	30	26	273	M54500-02000	30	2	35
M10-001	30	1	41	M5U0121407	30	36	253
M10-002	30	1	41	M60-002	30	3	33
M10-004	30	15	145	M60-003	30	9	63
M10-005	30	17	156	M60-005	30	7	48
M10-009	30	3	62	M60-007	30	8	58
M10-011	30	4	66	M60-011	30	3	22
M10-012	30	14	140	M60-012	30	1	15
M10-015	30	19	158	M61-003	30	3	22
M10-031	30	5	69	M61-004	30	2	18
M10-036	30	7	82	M-692	30	8	37
M10-113	30	8	108	M6E0955985	30	39	660
M10-130	30	8	83	M6K0121253AA	30	11	69
M10-131	30	14	125	M6K0959455B	30	2	24
M10-186	30	7	72	M6N0412249C	30	13	128
M1086369	30	12	71	M6N0919051N	30	1	49
M11.5X685	30	3	134	M6Q0121253Q	30	19	92
M11-004	30	7	61	M6Q0201051	30	36	223
M11-005	30	4	44	M6Q0721261D	30	5	56

*Continuación en la siguiente página*

Tabla C.3 – Continuación de la página anterior

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
M11-014	30	5	61	M6Q0959455J	30	2	22
M11-015	30	8	72	M701721335B	30	1	38
M11-030	30	1	26	M7147D233	30	12	155
M11-033	30	1	26	M-7165	30	21	145
M11-036	30	1	18	M-860	30	8	79
M11-043	30	13	99	M-886	30	11	76
M11-045	30	14	105	M90138045	30	13	196
M11-049	30	6	80	M90200836	30	10	198
M11-066	30	39	168	M90217059	30	39	812
M11-082	30	3	36	M90398840	30	11	195
M11-090	30	1	27	M90410057	30	2	56
M11-096	30	1	29	M90445097	30	36	503
M11-098	30	1	18	M90468567	30	19	446
M11-099	30	1	19	M90482454	30	4	142
M11-103	30	9	74	M-905	30	4	44
M11-105	30	1	29	M90508667	30	29	222
M111837501K	30	13	207	M90510183	30	24	319
M111837502K	30	1	129	M-911	30	15	107
M113129729B	30	33	682	M9117716	30	11	62
M113611053	30	29	227	M9117716FAN	30	11	66
M113837205MC	30	35	255	M-917	30	1	34
M113945515G	30	21	312	M-927	30	0	72
M11927-00QAA	30	40	373	M93220885	30	3	484
M17042-0M300	30	12	92	M94669930	30	2	44
M17042-73Y10	30	9	68	M-951	30	10	56
M171121407E	30	13	175	M96301-Y02G0	30	6	108
M18201-00QAA	30	8	190	M96314169	30	8	120
M191121251C	30	14	83	M-964	30	4	46
M191411315AS	30	18	261	M96591467	30	15	157
M191411315B	30	5	153	M-979	30	3	33
M191611019	30	11	80	M-982	30	22	113
M191711116C	30	23	252	M98FU1-8495AC	30	16	131
M191711595A	30	8	121	M98KU8K218AA	30	18	161

Continuación en la siguiente página

Tabla C.3 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
M191827550B	30	4	110	MAC5	30	19	187
M191953235	30	13	209	MAP-036051	30	3	170
M1HM121253CQ	30	23	102	MGA16DE	30	28	92
M1J0121206C	30	15	233	MIWP158	30	12	106
M1J0121206D	30	11	180	MTB296	30	5	97
M1J0199262BF	30	1	48	MZM2S-658K218AC	30	3	53
M1J0949117	30	11	268	MZM2S-658K218BA	30	5	67
M1J0953235J	30	30	238	RA-VW4712AS	30	24	343
M1K0823359A	30	7	166	ST-125	30	9	221
M1K0919051AP	30	12	62	ST-174	30	40	574
M20-001	30	6	165	ST-319	30	3	133
M20-008	30	21	182	ST-607	30	21	318
M20-035	30	3	42	ST-778	30	23	319
M21010-01M25	30	0	109	ST-789	30	17	304
M21010-50A28	30	0	115	TPS-3510202010	30	5	82
M211611701	30	15	221				

Los resultados de la política de inventarios para los productos que quedaron en el grupo restringido se muestran en la siguiente tabla C.4.

Tabla C.4: Políticas de inventarios para productos del grupo restringido

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
CKP-NI2375QA0	30	26	369	M357407365	30	33	408
M01M325429	30	38	482	M357905865	30	20	419
M028103171B	30	17	235	M40-037	30	27	136
M06A903315E	30	14	124	M811199339B	30	26	512
M113611021C	30	16	175	M90381877	30	35	324
M13070-00QAA	30	32	335	M-994	30	30	243
M-1447	30	31	254	M-996	30	40	267

*Continuación en la siguiente página*

Tabla C.4 – *Continuación de la página anterior*

<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	<b>Producto</b>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>S</i>
M191837402B	30	16	245	MFBJC100	30	182	721
M1J0411315C	30	29	371	MKA24E	30	18	131
M21082-86G00	30	37	215				



# BIBLIOGRAFÍA

---

- ACEVEDO, S. J. A., A. J. U. RODRÍGUEZ y M. G. ACOSTA (2001), «Gestión de la cadena de suministro», *Centro de estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y laboratorio de Logística y Gestión de la producción (LOGESPRO)*.
- ALZATE, I. (1983), «Selección y certificación de proveedores: un camino hacia el mejoramiento de la gestión de la cadena de suministro», *Escenarios: empresa y territorio*, 4(4), págs. 205–230.
- ANAYA, T. J. J. (2008), *Almacenes: análisis, diseño y organización.*, ESIC Editorial, Madrid.
- ANDERSSON, A. y E. MOLIN (2017), «Procurement Policy: A Conceptual Design to Optimize Purchasing Policy and Safety Stocks», .
- ARANGO, S. M. D., S. C. A. URAN y O. G. PÉREZ (2008), «Aplicaciones de Lógica Difusa a las Cadenas de Suministro», *Avances en Sistemas e Informática*, 5(3), págs. 117–126.
- ARBOLEDA, J. A., J. Y CASTILLO (2017), «Modelo integrado de clasificación abc multicriterio, aplicado en el área de picking de un centro de distribución de repuestos», *Revista de investigación en ciencias estratégicas*, 3(2), págs. 15–34.
- ARRIETA, P. J. G. (2011), «Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, cedis)», *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 16(30), págs. 83–96.
- BALLOU, R. H. (2004), *Logística: Administración de la cadena de suministros*, quinta edición, Pearson Education, México.
- BARTHOLDI, J. J. y T. S. HACKMAN (2017), *WAREHOUSE and DISTRIBUTION SCIENCE*, release 0.98 edición, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA.
- BROWN, R. G. (1982), *Advanced service parts inventory control*, Materials management systems.

- CAÑAS, M. J. A. y G. T. DE ARO (1983), «La incertidumbre en la gestión de almacenes: nuevas consideraciones», *Revista española de financiación y contabilidad*, **7**(42), págs. 533–566.
- ÇALIŞKAN, H., B. KURŞUNCU, C. KURBANOĞLU y Ş. Y. GÜVEN (2013), «Material selection for the tool holder working under hard milling conditions using different multi criteria decision making methods», *Materials & Design*, **45**, págs. 473–479.
- CARRASCO, A. J. (2000), «Evolución de los enfoques y conceptos de la logística su impacto en la dirección y gestión de las organizaciones», *Economía industrial*, (331), págs. 17–34.
- CHEN, Y., K. W. LI, D. M. KILGOUR y K. W. HIPEL (2008), «A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis», *Computers & Operations Research*, **35**(3), págs. 776–796.
- CHOPRA, S. y P. MEINDL (2008), *Administración de la cadena de suministro*, tercera edición, Perason Educación.
- CHRISTOPHER, M. (1999), *Logistics and Supply Chain Management: strategies for reducing cost and improving services*, segunda edición, Financial Times.
- CHRISTOPHER, M. (2016), *Logistics and supply chain management*, quinta edición, Pearson UK.
- DOUMPOS, M. y J. R. FIGUEIRA (2018), «A multicriteria outranking approach for modeling corporate credit ratings: An application of the Electre Tri-nC method», *Omega*.
- ESCOBAR, M. y J. J. AGUARON, J. AND MORENO (2003), «A note on AHP group consistency for the row geometric mean prioritization procedure», *European Journal of Operational Research*, **153**(22), págs. 318–322.
- FRAZELLE, E., R. SOJO, L. H. ESQUIVEL y S. A. J. HURTADO (2007), *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*, primera edición, Grupo Editorial Norma, Colombia.
- FRAZELLE, E. H. (2016), *World-Class Warehousing and Material Handling*, segunda edición, McGraw-Hill, Estados Unidos.
- GARCÍA, C. A. (2010), *Almacenes, planeación, organización y control*, cuarta edición, Editorial Trillas, México.
- GARCÍA, F. A., SANTIAGO (2006), «La Gestión de Cadenas de Suministros: Un enfoque de integración global de procesos», .

- GARCÍA, J. L., S. A. NORIEGA, J. J. DÍAZ y J. DE LA RIVA (2005), «Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la selección de tecnología agrícola», *Agronomía Costarricense Vol. 30 Núm. 1 2005*.
- GUTIÉRREZ, V. y C. J. VIDAL (2013), «Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios», *Ingeniería Industrial*, **34**(2), págs. 227–236.
- HILLIER, F. S. y G. J. LIEBERMAN (2010), *Introducción a la investigación de operaciones*, 9ª edición, The McGraw-Hill Companies, México.
- INEGI (2014), «Censos Económicos», Reporte disponible en <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/investigacion/Experimentales/Esperanza/default.aspx>.
- JIMÉNEZ, S. J. (2002), «Marco Conceptual de la Cadena de Suministro: Un nuevo enfoque logístico.», Reporte disponible en <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt215.pdf>.
- KAABI, H. y K. JABEUR (2015), «A New Hybrid Weighted Optimization Model for Multi Criteria ABC Inventory Classification.», en *AECIA*, Springer, págs. 261–270.
- LAMBERT, D. M., J. R. STOCK y L. M. ELLRAM (2005), *Fundamentals of logistics management*, McGraw Hill Higher Education; European ed edition (October 1, 2005)usa.
- MANUFACTURA, R. (2005), *Revista Manufactura*, (123).
- MAYNARD, H. B. (2016), *Manual de Ingeniería y Organización Industrial*, tercera edición, REVERTE, Colombia.
- NAHMIA, S., A. T. CASTELLANOS, J. E. M. MURRIETA, F. G. HERNÁNDEZ, B. NUDIUG, R. A. JUAÁREZ y J. Y. MILANÉS (2007), *Análisis de la producción y las operaciones*, tomo 57, McGraw-Hill Interamericana.
- PARADA, G. O. (2009), «Un Enfoque Multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios», *Cuadernos de Administración*, **22**(38), págs. 169–187.
- PÉREZ, V. I., L. A. M. CIFUENTES, G. C. VÁSQUEZ y O. D. MARCELA (2013), «Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios», *Ingeniería Industrial*, **34**(2), págs. 227–236.
- RAMANATHAN, R. (2006), «ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization», *Computers and Operations Research*, **33**(3), págs. 695–700.

- REYES AGUILAR, P. (2009), «Administración de inventarios en almacenes», *Logística y Operación*, pág. 5.
- SAATY, T. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, cuarta edición, McGraw Hill, Estados Unidos, Nueva York.
- SAATY, T. (1990), «How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process», *European Journal of Operational Research*, **1**(48), págs. 9–26.
- SAMARRIPA, B. N. (2008), «Tecnología de Producción Optimizada y Teoría de Restricciones.», Reporte disponible en <https://www.gestiopolis.com/cadena-suministro/>.
- SORET, D. L. S. I. (2001), *Logística industrial y empresarial*, ESIC EDITORIAL.
- SRIKRISHAN, S., A. S. REDDY y S. VANI (2014), «A new car selection in the market using TOPSIS technique», *International Journal of Engineering Research and General Science*, **2**(4), págs. 177–181.
- VILLALOBOS, J. C. G. (2004), «Marketing logístico», *Cuadernos de Estudios Empresariales*, (14), págs. 63–86.
- XIAOHAN, Y., Z. SUOJUAN, L. XIANGLIN y X. QI (2017), «ELECTRE methods in prioritized MCDM environment», *Information Sciences*, págs. 301–316.
- ZULUAGA, C. A. C., M. C. V. GALLEGO y J. A. C. URREGO (2011), «Clasificación ABC Multicriterio: tipos de criterios y efectos en la asignación de pesos», *Iteckne*, **8**(2).

# RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

---

Loraine Gastell Piloto

Candidato para obtener el grado de  
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

REDUCCIÓN DE COSTOS Y MEJORA EN EL FLUJO DE INVENTARIOS  
PARA UNA PYME COMERCIALIZADORA DE REFACCIONES

Nacida en La Habana, Cuba el 12 de julio de 1988. Hija de Eusebio Piloto Álvarez y Yusimy Piloto Valea. Finalicé sus estudios de Ingeniería Industrial en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría en julio de 2011. Trabajé de septiembre de 2011 a abril de 2013 en el Centro de Neurociencias de Cuba en el área de calidad. Continué trabajando en el Grupo Empresarial de la Industria Alimentaria desde abril de 2013 a agosto de 2016 como especialista en inversiones.