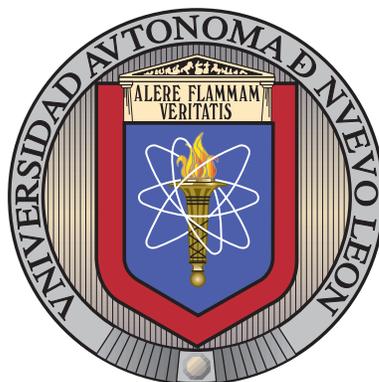


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



CONTROL DE INVENTARIOS COMO PARTE DE LA  
GESTIÓN DE ALMACENES

POR

KARLA IRIDIAN GALLARDO HERNANDEZ

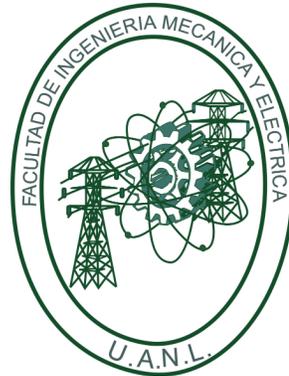
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

ABRIL 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



CONTROL DE INVENTARIOS COMO PARTE DE LA  
GESTIÓN DE ALMACENES

POR

KARLA IRIDIAN GALLARDO HERNANDEZ

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

ABRIL 2021

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**Posgrado**

Los miembros del Comité de Evaluación de Tesis recomendamos que la Tesis “Control de inventarios como parte de la gestión de almacenes”, realizada por la estudiante Karla Iridian Gallardo Hernández, con número de matrícula 2082093, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

**El Comité de Evaluación de Tesis**

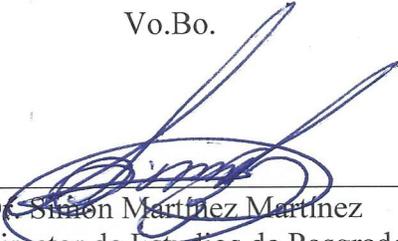
Dr. Tomás Eloy Salais Fierro  
Director

Dra. Edith Lucero Ozuna Espinosa  
Revisor

Dr. Giovanni Lizárraga Lizárraga  
Revisor

MA Manuel Farías Martínez  
Revisor

Vo.Bo.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Simón Martínez Martínez  
Subdirector de Estudios de Posgrado

Institución 190001

Programa 642507

Acta Núm. 4351

Ciudad Universitaria, a mayo 2024.

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>x</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del Problema . . . . .	3
1.2. Objetivo General . . . . .	5
1.3. Hipótesis . . . . .	5
1.4. Justificación . . . . .	5
1.5. Metodología . . . . .	7
1.6. Estructura de Tesis . . . . .	8
1.7. Conclusión . . . . .	9
<b>2. Antecedentes</b>	<b>10</b>
2.1. Almacén e inventarios y su relación . . . . .	10
2.1.1. Tipos de Almacenes . . . . .	13
2.1.2. Tipos de Inventarios . . . . .	14

---

2.2. Control de inventarios . . . . .	15
2.3. Análisis de las mayores problemáticas que se presentan en control de inventarios . . . . .	17
2.3.1. Políticas de Inventarios relevantes en el almacén . . . . .	19
2.3.2. Nivel de Servicio . . . . .	20
2.3.3. Relación del control de inventario con el nivel de servicio . . . . .	21
2.3.4. Objetivos del Nivel de Servicio . . . . .	23
2.4. Métodos . . . . .	24
2.4.1. Comparación de métodos: casos de estudio . . . . .	25
2.5. Conclusiones . . . . .	27
<b>3. Metodología</b>	<b>29</b>
3.1. Enfoque metodológico . . . . .	29
3.2. Estructura de la metodología . . . . .	30
3.3. Desarrollo del sistema para el control de inventarios con base a las herramientas y métodos . . . . .	32
3.3.1. Fase 1: Recolección y análisis de datos . . . . .	32
3.3.2. Fase 2: Clasificación Multicriterio . . . . .	33
3.3.3. Fase 3: Políticas de Inventario . . . . .	41
3.3.4. Fase 4 y 5: Evaluación del comportamiento de datos y Conclusiones . . . . .	43
3.3.5. Caso de estudio . . . . .	43

---

<b>4. Análisis de Resultados</b>	<b>44</b>
4.1. Desarrollo del modelo de gestión de inventario . . . . .	44
4.1.1. Fase 1: Recolección de información, datos y evaluación . . . . .	44
4.1.2. Fase 2: Aplicación del método . . . . .	46
4.1.3. Fase 3: Política de inventario . . . . .	51
4.1.4. Fase 4: Evaluación del comportamiento de los datos . . . . .	59
4.1.5. Fase 5:Conclusiones . . . . .	59
<b>5. Conclusiones</b>	<b>61</b>
5.1. Conclusiones generales . . . . .	61
5.2. Recomendaciones . . . . .	63
5.3. Limitaciones . . . . .	63
5.4. Contribuciones y Trabajo futuro . . . . .	64
5.4.1. Contribuciones . . . . .	64
5.4.2. Trabajo futuro . . . . .	64
<b>A. Apendice</b>	<b>66</b>
A.1. Entrevista con los expertos . . . . .	66
A.2. Juicio de los expertos- Método AHP . . . . .	68
A.3. Criterios Normalizados y clasificación K- means/ Método ABC . . . . .	70
A.4. Tabla de Resultados de Método de Máximos y Mínimos . . . . .	83

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

1.1. Diagrama Planteamiento del Problema . . . . .	4
2.1. Diagrama de proceso del almacén . . . . .	11
2.2. Punto de equilibrio entre: Nivel de Servicio-Nivel de Inventario . . . . .	22
2.3. Comparación de métodos . . . . .	27
3.1. Diagrama de proceso de metodología . . . . .	30
3.2. Esquema de criterios . . . . .	34
3.3. Estructura para la elaboración de una política de inventario . . . . .	42

# ÍNDICE DE TABLAS

---

2.1. Objetivos de la gestión de almacén e inventarios . . . . .	12
2.2. Resumen de Revisión . . . . .	17
2.3. Nivel de inventario- nivel de servicio . . . . .	22
2.4. Formulas para calcular el nivel de servicio . . . . .	24
2.5. Casos de estudio . . . . .	26
3.1. AHP escala de Saaty . . . . .	35
4.1. Resumen de datos . . . . .	45
4.2. Matriz de comparación (o de paridad) A . . . . .	47
4.3. Matriz de Normalización (N) . . . . .	48
4.4. Verificación de consistencia . . . . .	49
4.5. Asignación de pesos . . . . .	50
4.6. Clasificación ABC utilizando el algoritmo K MEANS . . . . .	51
4.7. Tabla de ÍTEM GRUPO A . . . . .	52
4.8. Distribución de la demanda mensual 1/2 . . . . .	55

---

4.9. Distribución de la demanda mensual 2/2 . . . . .	56
4.10. Aplicación del Método de Máximos y Mínimos . . . . .	58
A.1. Juicio de los expertos . . . . .	69
A.2. Criterios Normalizados y Clasificación . . . . .	70
A.3. Aplicación del Método de Máximos y Mínimos . . . . .	83

# AGRADECIMIENTOS

---

Primeramente agradezco a Dios y mis padres Antonio Gallardo y María del Socorro Hdz por ser el soporte de mi vida, sin su apoyo y motivación no sería lo mismo.

Así mismo a la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Maestría en Logística y Cadena de Suministro por abrirme las puertas, a todos los profesores que me brindaron de su apoyo y compartieron de sus conocimientos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme los recursos durante la realización de los estudios.

Y finalmente agradezco a todos mis amigos que estuvieron en el proceso, pero en especial a mi mejor amiga Margie Verduzco por creer en mi y motivarme a terminar esta tesis.

# RESUMEN

---

Karla Iridian Gallardo Hernandez.

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: CONTROL DE INVENTARIOS COMO PARTE DE LA GESTIÓN DE ALMACENES.

Número de páginas: 92.

**OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO:** El objetivo de este estudio es mejorar el nivel de servicio a través de una mejor administración de inventario, utilizando herramientas de clasificación y de aprendizaje no supervisado para el control de este dentro de los almacenes. Se utilizó las herramientas de jerarquía analítica AHP y clasificación ABC con la ayuda de aprendizaje no supervisado K-means.

**CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES:** Se desarrolló un caso de estudio en colaboración con una PYME, aplicando las herramientas descritas anteriormente. Donde se logró un desarrollo de estructura de evaluación para el control de inventarios, en donde con la utilización de las herramientas AHP, ABC y K-Means se lograra el objetivo de mejorar el nivel de servicio. Dando como resultado de la investigación un panorama general para que en el futuro esta investigación pueda ser replicada en diversos casos de la industria que persigan el mismo objetivo.

Firma del asesor: \_\_\_\_\_  
Dr. Tomás Eloy Salais Fierro

## CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN

---

La gestión eficiente de la cadena de suministro es un pilar fundamental para el éxito empresarial, ya que constituye una parte esencial de su operativa. Hoy en día, se busca convertir esta cadena en una cadena de valor, reconociendo su importancia estratégica en la generación de valor tanto para los clientes como para la empresa en su conjunto.

Para lograr esta transformación, es necesario trabajar de manera integral con todos los componentes de la cadena de suministro. Esto implica una estrecha colaboración y una coordinación efectiva entre proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes finales. Cada eslabón de la cadena desempeña un papel crucial en la entrega de productos y servicios de calidad, por lo que es crucial optimizar los procesos y mejorar la eficiencia en todas las etapas.

Al adoptar un enfoque de cadena de valor en la gestión de la cadena de suministro, las empresas pueden identificar áreas de mejora y oportunidades para agregar valor en cada etapa del proceso. Esto puede implicar la optimización de la logística, la mejora de la calidad de los productos, la reducción de los tiempos de entrega y la personalización de los servicios para satisfacer las necesidades específicas de los clientes.

En resumen, la transformación de la cadena de suministro en una cadena de

valor requiere un enfoque holístico y colaborativo, donde todas las partes involucradas trabajen juntas para mejorar la eficiencia y crear valor tanto para los clientes como para la empresa. Este proceso continuo demanda una atención constante a la innovación y la mejora continua en todas las áreas de la cadena de suministro.

Para garantizar un flujo adecuado en la cadena de suministro, es esencial considerar la función logística, la cual se encarga de planificar y gestionar eficientemente el flujo de materiales entre proveedores y clientes finales.

Dentro de este proceso, existen cinco funciones clave para asegurar un nivel óptimo de servicio al cliente: control de inventario, procesos operativos en el almacén, transporte de distribución de "última milla", y logística inversa. Cada una de estas funciones desempeña un papel fundamental en la gestión logística de la cadena de suministro, aunque el control de inventarios destaca como un desafío de gran importancia, especialmente en el entorno de los almacenes. (López, 2018).

El control de inventarios implica la administración de los productos y materiales almacenados, con el objetivo de recopilar información precisa sobre las entradas y salidas de los mismos, buscando optimizar costos y mantener un alto nivel de servicio. Es fundamental que esta información se mantenga actualizada y coherente con los datos del sistema, ya que sirve como base para la toma de decisiones estratégicas y la mejora continua de los procesos.

Una gestión inadecuada del control de inventarios puede ocasionar diversos problemas, como altos costos operativos, retrasos en los pedidos, acumulación o falta de inventario, y pérdida de información, e incluso pérdidas por robos en los almacenes, lo que en conjunto resulta en un nivel de servicio deficiente.

Por lo tanto, esta investigación se centrará en proponer soluciones que contribuyan a mejorar el nivel de servicio en el ámbito del control de inventarios en los almacenes. Esto incluirá la identificación de prácticas efectivas, el desarrollo de estrategias de mejora y la implementación de sistemas y procesos más eficientes para optimizar la gestión de inventarios y, en última instancia, mejorar la satisfacción del

cliente

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La logística desempeña un papel esencial en la organización empresarial al facilitar el flujo eficiente de materiales, productos y servicios desde su origen hasta su destino final, siendo esta una base primordial para una exitosa comercialización, abastecimiento de bienes, servicios y dirección, así como actividades direccionadas y relacionadas con el horizonte de planeación propuesta por la empresa, teniendo como principal objetivo el ubicar los productos, brindar el servicio lo más rápido posible con base a circunstancias deseadas, con el fin de obtener un beneficio económico, (Patiño Jaimes y Castrillon Mora, 2021).

Dentro de los procesos integrados de la logística, se encuentra la logística de abastecimiento y como parte de ella la administración del inventario. Por lo tanto, cuando las empresas deciden mantener un inventario uno de los principales motivos por el cual se toma esta decisión es para que se pueda satisfacer la demanda que se tiene por parte del cliente. Sin embargo el mantener un inventario viene con diversos retos donde se ve involucrado principalmente la administración de este.

Ahora bien se han detectado una situación que se da a la hora de administrar un inventario, tal como la falta de control del mismo, lo que genera diversas situaciones como perdidas monetarias, mala calidad en el servicio, altos costos de mantenimiento y en la operación, robos, etc. La falta de un control y manejo adecuado de los inventarios es muy común dentro de las empresas grandes o pequeñas es por ello que actualmente se siguen haciendo propuestas para la mejora en los controles de inventarios o bien asignarlos basándonos en herramientas conocidas o nuevos métodos si es que no se cuenta con ellos.

Se elaboro un diagrama de análisis de causa- raíz en el que se evalúa la problemática y las diversas causas que pueden generarlo, (Waller, 2017), (Ballou, 2004);

a continuación se muestra el diagrama 1.1:

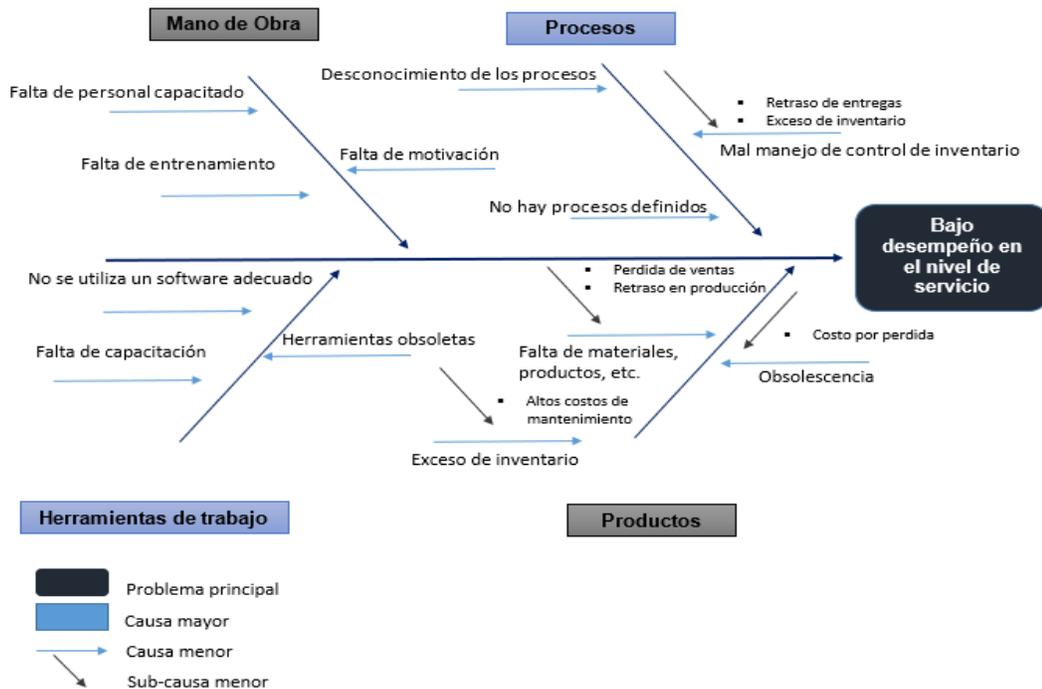


FIGURA 1.1: Diagrama Planteamiento del Problema

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto a raíz de las diversas problemáticas que ocurren se decide atacar el problema por la falta de control del inventario que se desarrolla, el cual es la mala calidad en el servicio, ya que este indicador es el resultado de como se encuentra el manejo del almacén y lo que se tiene dentro del mismo que vienen siendo mercancías, productos terminados, maquinarias, etc.

Cuando se habla sobre del problema de nivel de servicio, este puede involucrar a clientes, sin embargo también existe el nivel de servicio interno que se maneja dentro de un almacén este involucra entregas a tiempo de materiales, completos, tener el material que se requiere, etc.

## 1.2 OBJETIVO GENERAL

Mejorar el nivel de servicio a través de una mejor administración de inventario, utilizando herramientas de clasificación y de aprendizaje no supervisado para el control de esté dentro de los almacenes.

## 1.3 HIPÓTESIS

Utilizando herramientas de clasificación y de aprendizaje no supervisado se logrará un mejor control de inventario y por lo tanto se mejorará el nivel de servicio, además se propondrán nuevas las políticas de inventario con la intención de que la logística dentro del almacén sea mas eficiente y la cadena de suministro fluya de mejor manera.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

El almacén es el segundo costo logístico más alto con el que una empresa cuenta. Por lo tanto, se busca mejorar constantemente el nivel de servicio a través del control que se tiene de los inventarios.

El índice de calidad de servicio que una empresa ofrece respecto a la gestión de los almacenes juega un papel importante en la cadena logística, que esta influye en como el cliente percibe la organización y el cumplimiento que tiene la empresa con respecto a la promesa de entrega y calidad de sus productos. Lo cual conlleva que los productos sean entregado en el tiempo que se acordó, y la cantidad que se requirió. Para que esto se pueda lograr, existen diversos procesos que ayudan a hacer mas eficiente y efectivo el proceso que asegure que los productos que se ofrecen sean almacenados, preparados y enviados de manera precisa, con el objetivo de que

el cliente quede satisfecho con el servicio y la reputación de la empresa crezca de manera positiva. (Lewczuk *et al.*, 2018)

El nivel de servicio tiene varios indicadores los cuales son: entregas a tiempo, recibos a tiempo, pedidos completos, pedidos perfectos y la satisfacción del cliente, (Giraldo Tangarife *et al.*, 2011). Estos indicadores muestran el estado en el que se encuentra el control de inventario y por lo tanto se refleja en el nivel y la exactitud del inventario que se mantiene, ya que, si no conocemos del nivel de existencias que hay en nuestro almacén, no se compra lo que se requiere, ni se atiende adecuadamente a los clientes.

Es fundamental contar con un respaldo para mejorar el nivel de servicio del almacén, y para ello, es necesario implementar un sistema de gestión eficaz que permita medir las tasas de entregas a tiempo. Además, estos cambios no solo optimizan la eficiencia operativa, sino que también refuerzan la confianza de los clientes finales en la empresa.

Avanzar en la gestión de las entregas implica no solo garantizar tiempos de entrega reducidos, sino también proporcionar a los clientes información detallada sobre el estado de sus pedidos en tiempo real, como la ruta de entrega y otros detalles relevantes. Este nivel de transparencia contribuye significativamente a ofrecer un servicio de calidad.

Además, la retroalimentación derivada de los datos recopilados en los informes de resultados es fundamental. Al mostrar abiertamente los indicadores encontrados, la empresa puede tomar medidas concretas para mejorar continuamente sus procesos de entrega y satisfacer las expectativas del cliente.

En la búsqueda de una mayor rentabilidad, las empresas reconocen que cumplir con los tiempos de entrega establecidos conlleva una mejor asignación de recursos y, por lo tanto, una reducción de costos significativa. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también refuerza la posición competitiva de la empresa en el mercado. (Gutierrez Chong y Llanos Tarazona, 2018).

Por lo tanto, se denota que el nivel de servicio dentro de un almacén es sumamente importante, ya que esto nos llevara a tener un mayor número de ventas, producción, así como cumplir con los objetivos que se persiguen, dando una ventaja competitiva frente a los competidores. Por ello esta investigación persigue que a través del control de inventarios se mejore el nivel de servicio que se mantiene dentro de los almacenes, proponiendo el uso de herramientas innovadoras de control.

## 1.5 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta tesis, a continuación, se presenta la metodología a seguir:

1. Revisión de literatura: se realiza un análisis de la información existente como artículos publicados en revistas de prestigio internacional, tesis, libros de expertos en el tema de tesis que se está desarrollando. El enfoque de esta búsqueda estará basado en las siguientes palabras claves; control de inventario, nivel de servicio, políticas de inventario, métodos de clasificación como ABC, VED, FSN, K means, multicriterio, herramientas de análisis de decisión AHP, etc.

2. Recopilación de datos: Se analizará la información del control de inventarios que se maneja en el almacén como: el inventario con el cual se analizará el movimiento de los materiales de un periodo de un año, así como que tipo de control de inventario se lleva a cabo y el proceso que se sigue para el manejo de los inventarios dentro del almacén en el que se trabaje. Consecutivamente se averiguará el tipo de indicadores que se manejan, específicamente el nivel de servicio y como se mide. Se detectarán las políticas que se siguen dentro del almacén en la actualidad, proceso de abastecimiento, cada cuanto se ordena, rotación de los materiales, etc. Por último se desarrolla una propuesta en relación con a la información recolectada y al análisis de la revisión de la literatura, para su implementación.

3. Aplicación de método: De acuerdo a la información recolectada se aplicaran

los diferentes métodos para la clasificación del inventario, con el cual se genera un análisis para la propuesta de mejora, la cual consistirá en una política de inventario.

4. Actualización/ Desarrollo de nuevas políticas de inventario: Una vez que se clasifiquen los productos, se propondrán nuevas políticas de inventario, esto con el propósito de mejorar el proceso y tener un mejor control.

5. Implementación de Políticas de inventario: Se realiza una simulación dadas las nuevas políticas de inventario para ver el nuevo comportamiento de los datos con las propuestas dadas, y ver sí se logró el objetivo principal, mejorar el nivel de servicio que se tiene.

6. Resultados: Se hará una documentación de los resultados obtenidos y mejoras, en caso de que no se obtenga el resultado deseado se hará retroalimentación del proceso y se desarrollaran las conclusiones para trabajo futuro.

## 1.6 ESTRUCTURA DE TESIS

El presente trabajo se segmenta en los capítulos siguientes: Se tiene un primer capítulo que consta de una introducción general al trabajo, se describe la problemática que se estudia, el objetivo propuesto, la hipótesis, justificación y metodología que se utilizará para el desarrollo de la misma. Por consiguiente se desarrolla el capítulo número dos que se denomina como antecedentes, en el cual se analizaran casos de estudio, tesis, artículos, libros, revistas, por medio de una revisión de literatura, con el fin de obtener información de inventarios, métodos de control, políticas, medidas de desempeño del nivel de servicio, esto con el propósito de desarrollar el capítulo número tres de metodología donde se hace la propuesta del uso de las herramientas que se hallaron más adecuadas para la solución del problema, después se implementara la propuesta en el capítulo número cuatro donde se llevaran a cabo diversas experimentaciones y finalmente se redactaran los resultados y conclusiones las cuales comprenderán el capítulo número cinco.

## 1.7 CONCLUSIÓN

Tal y como se ha planteado el problema encontrado en la estructura del análisis inicial de la presente investigación dentro de el control de los inventarios, esto como parte de la logística y por ende de la cadena suministro y la falta recurrente del control de los mismos dentro de las empresas, este estudio se enfoca hacia la construcción de un modelo de gestión de inventarios, dirigido hacia cualquier empresa que mantenga un almacén y que está lo pueda adaptar para su uso. Con el fin que el mismo mida el desempeño en el nivel de servicio y pueda mejorarlo a través de este modelo, dicho modelo incluirá el uso de diversas herramientas y métodos como ABC, AHP, K means y se pretende que con el aprendizaje automático nos lleve a un resultado adecuado para la propuesta de una política de inventarios adaptada a la necesidad de la empresa, cumpliendo con el objetivo que se propone.

## CAPÍTULO 2

# ANTECEDENTES

---

Actualmente existe una gran competencia entre empresas ya que estamos en un mundo globalizado, por lo tanto las empresas tienen que agregar valor en sus procesos, siendo el control de los inventarios un proceso logístico muy importante que repercute en la cadena de suministro. Por lo tanto constantemente se busca renovar procesos de control en este caso de inventarios para tener un mejor nivel de desempeño, costos mas bajos y una mejor organización.

Este capitulo se desarrolla con base a una fundamentación teórica y el panorama que se ve actualmente en otras empresas con relación al tema de investigación como los inventarios, tipos, relación con el almacén, nivel de servicio y su evaluación métodos de clasificación, criterios, políticas, con el objetivo de seleccionar las herramientas pertinentes que muestren mejores resultados y que puedan ser adaptadas para su uso.

### 2.1 ALMACÉN E INVENTARIOS Y SU RELACIÓN

La gestión de inventarios es un aspecto crucial en la administración de almacenes. El inventario en un almacén representa tanto el detalle como el valor de los productos almacenados, expresados en unidades con valor monetario, peso, volu-

men o cantidad, según su función o las necesidades del destinatario. Por lo tanto, el control de inventarios debe asegurar un equilibrio entre proporcionar un servicio al cliente de calidad y gestionar de manera eficiente la inversión en el inventario. Es decir, debe garantizar que los productos estén disponibles para satisfacer la demanda de los clientes, al mismo tiempo que se minimizan los costos asociados con mantener esos productos en stock. Flamarique (2018).

El proceso general de la operación de un almacén se muestra en el diagrama 2.1, Correa Espinal *et al.* (2010):



FIGURA 2.1: Diagrama de proceso del almacén

Fuente: Elaboración propia

Dentro de este proceso general de la operación de los almacenes, el control del inventario comienza después de la inspección y pasa al almacenamiento donde se determina su ubicación, y termina hasta que el material es despachado.

La gestión del almacén tiene objetivos particulares, al igual que el control de inventarios, por lo que a continuación se muestra una recopilación de estos encontrados en la literatura en la siguiente tabla 2.1, (Elizalde-Marín, 2018), (Calzado-Girón, 2020):

TABLA 2.1: Objetivos de la gestión de almacén e inventarios

Objetivos	Gestión de Almacenes	Control de Inventarios
Minimizar costos.	x	x
Incrementar la capacidad de almacenaje teniendo en cuenta el tiempo y la cantidad desde la entrada a la salida del producto.	x	
Minimizar el espacio que se utiliza, para obtener un mayor provecho económico.	x	
Asegurar el correcto resguardo de los productos.	x	x
Reducir la variación con respecto a la demanda del cliente y la oferta de la compañía.		x
Minimizar el riesgo, manteniendo inventarios de seguridad dentro de los almacenes para la suplir la demanda.	x	x
Maximizar la operación en el almacén.	x	
Minimizar el movimiento que se realiza en el almacén y recorridos del personal ó maquinaria mediante la mejora de procesos y planificación.	x	
Reducir el riesgo físico del los colaboradores, productos, que pudieran encontrarse dentro del almacén.	x	

Fuente: Elaboración propia

Es importante poner atención a los objetivos individuales que manejan las diferentes gestiones ya que se puede notar que dentro de la gestión de almacenes se enfoca en movimientos, rotación, costos de mantenimiento, seguridad del producto, etc. Mientras que el control o gestión de inventarios se enfoca en costos de mantenimiento, cumplir con la demanda manteniendo el stock suficiente dentro del almacén, etc. Pero ¿Cuál es el objetivo final de estos?, se dice que el objetivo final es obtener un alto nivel de servicio ya que este indicador es el reflejo final de una buena gestión, (Ali *et al.*, 2020).

Ahora bien, para comprender un poco más de forma individual a los almacenes e inventarios se presenta a continuación es los siguientes apartados, los tipos de almacenes e inventarios que existen.

### 2.1.1 TIPOS DE ALMACENES

Se observa según la literatura relacionada con esta investigación que existen diferentes tipos de almacenes. Flamarique (2018), nos menciona que se pueden encontrar diferentes criterios para clasificar un almacén. Para clasificarlos se deben tener en cuenta las características de los mismos. Los almacenes con los que una empresa cuenta pueden ser propios o de renta ya sea de una empresa dedicada a esto o arrendamientos llamados financieros. Por lo tanto se puede decir que los almacenes se pueden clasificar también según la necesidad que se tiene, ya sea de materias primas, materiales consumibles, productos semi-elaborados, terminados y de archivo.

Profundizando mas en el tema, según Escudero Serrano (2019) nos describe que existen diferentes tipos de almacenes tales como:

Según su función logística: Almacén de consolidación, Almacén de división de envíos o de ruptura.

Según su situación geográfica y la actividad que realicen: Almacén central, Almacén regional, Almacén de tránsito.

Según el tratamiento fiscal que reciben los productos almacenados: Almacén con productos en régimen fiscal general, Almacén con productos en régimen fiscal especial.

Según el recinto de almacén: Almacén abierto, Almacén cubierto.

Según el grado de mecanización: Almacén convencional, Almacén mecanizado.

Vistos los tipos de almacenes según los autores mencionados, se asume que aun cuando hay diferentes criterios para la clasificación de almacenes, estos no son excluyentes, sino que se complementan de acuerdo con su propósito de utilización.

### 2.1.2 TIPOS DE INVENTARIOS

Para (Catagora, 2011), los inventarios se presentan en los siguientes tipos:

a) Inventario de Mercancías: Son aquellos llevados en las empresas comerciales, y que contienen información pertinente a la compra y venta de bienes.

b) Inventarios de Productos Terminados: Está formado por los bienes que se originan de la transformación de materias primas a producto terminado y por la inclusión de otros costos como la mano de obra directa y costos indirectos de fabricación. En este inventario se originan las operaciones de productos terminados y ventas;

c) Inventarios de Productos en Proceso: Está representado por el trabajo que se ha iniciado la producción en una empresa de fabricación, pero que aún no se ha completado. Es un concepto importante para los departamentos de contabilidad, ya que deben tener en cuenta el valor del inventario en proceso de la misma manera que lo hacen con las materias primas y productos terminados Inventario de Materia

Prima: Está conformado por los insumos que han sido adquiridos con el propósito de fabricar bienes y que constituyen sustancialmente el producto terminado. Con este inventario se identifican los siguientes registros contables: Compra de materia prima. Transferencia de materia prima a la producción. Inventario de Suministro de Fábrica: Son aquellos necesarios para llevar a cabo la producción y que no se pueden identificar fácilmente en el producto final o terminado.

d) Inventario de Material de Empaque: Es un inventario utilizado para empa-car, embalar o almacenar el producto terminado.

Con respecto a lo planteado, Anaya (2008), señala que la empresa deberá ges-tionar las compras de los inventarios siguiendo el proceso de compras. Menciona, de igual forma, que: “Uno de los principios básicos del control interno se basa en garantizar la exactitud entre las existencias físicas de productos almacenados y los registros correspondientes de los mismos en el sistema informático o administrativo correspondiente”.

## 2.2 CONTROL DE INVENTARIOS

Los inventarios comprenden todas las primas, productos en proceso y termi-nados en la cadena de suministro, dentro de las empresas. El inventario con el que cuenta se registra como activos. Los cambios de la políticas de los mismos pueden llegar a modificar de manera drástica la eficiencia y capacidad en la que un almacén puede hacer frente a los requerimientos de la demanda y por lo tanto alterar la ca-pacidad de respuesta que se tiene en la cadena de suministro, (S. Chopra, 2013). Teniendo en cuenta esta información, se requiere que el control del inventario sea estudiado y mejorado constantemente para logra el correcto manejo del mismo. Otra manera en la que podemos describir el control de inventarios es como un sistema en el que registra todo con lo que se cuenta y el cual se revisa periódicamente para comprobar las existencias dentro de los almacenes, ya que es muy importante para

poder surtir los pedidos que se tienen y lograr un nivel de cumplimiento satisfactorio. Así mismo también con el control de inventario se busca cumplir con que el mismo se mantenga equilibrado para no generar costos excesivos y la acumulación del mismo, (Samper Padilla *et al.*, 2011), (Maldonado, 2021).

Los inventarios son una parte de suma importancia dentro de las compañías debido a que, como ya se menciono son lo activos contables con los que se cuentan y por lo tanto el correcto funcionamiento de los mismos desempeñan un papel muy importante en la eficiencia que se tiene en cuanto a lo monetario y la operación que se tiene. (Felipe Valdés y Guerra Valverde, 2014).

El manejo eficiente de los inventarios proporciona veracidad con la información que se obtiene, la cual beneficia la mejora de los indicadores; Como lo es el nivel de servicio, nivel de inventario, reducción de costos, etc.

Debido a esto se han desarrollado continuas investigaciones y análisis sobre este tema para una mejora continua dentro dentro de las empresas en cuanto al manejo de los almacenes. Se han analizado diferentes modelos y métodos para el control del mismo; Biswas *et al.* (2017), Sánchez Chávez (2020) realizaron una descripción de técnicas en su investigación para de control de inventarios en tiendas minoristas, con lo cual se observa que no solo en las empresas grandes deben llevar un correcto control del inventario sino que también esto se aplica para las pequeñas y medianas empresas, la investigación de los mismos se basa en un estudio de cuatro técnicas de control de inventario utilizando métodos como: ABC, análisis HTML y políticas de inventario como EOQ y SS( Stock de seguridad), resultando en el objetivo de asegurar el numero máximo de artículos que se encontrarían disponibles manteniendo un costo bajo y lograr así mismo un buen nivel de servicio.

Por lo tanto, dado lo mencionado nos da la pauta para lo que se muestra a continuación en la siguiente sección que es un análisis más detallado de una revisión de artículos relacionados con el control de inventarios, ya que es necesario evaluar los diferentes escenarios que se presentan para así poder crear una relación y proponer

una adecuada metodología para la mejora del control de los inventarios y elevar el nivel de servicio.

## 2.3 ANÁLISIS DE LAS MAYORES PROBLEMÁTICAS QUE SE PRESENTAN EN CONTROL DE INVENTARIOS

Se realizó una revisión de literatura con un tipo de industria general para analizar los diferentes casos y las propuestas de solución que se han dado ante las problemáticas que surgen dentro del control de inventario, y los métodos de solución que se utilizaron, relacionado con el nivel de servicio, a continuación se muestra la recopilación en la siguiente tabla 2.2:

TABLA 2.2: Resumen de Revisión

Autor (es)	Tipo de Industria	Objetivo dada la problemática	Métodos	
			Cuantitativos	Cualitativos
Salam <i>et al.</i> (2016); Ramos <i>et al.</i> (2020); Rioja Levano (2020); Marin <i>et al.</i> (2013); Rodriguez <i>et al.</i> (2019); Zare <i>et al.</i> (2017).	Minorista; Automotriz; Minero; Producción	Mejorar las políticas de inventario para abastecer la demanda, debido a la disponibilidad insuficiente de inventario.	ABC; VED; SDE;	AHP; AHP Fuzzy; Análisis de sensibilidad;
Teunter <i>et al.</i> (2010); Gurumurthy <i>et al.</i> (2020); Millstein <i>et al.</i> (2014); Singha <i>et al.</i> (2017); Plinere y Borisov (2015); Ali <i>et al.</i> (2020); Islam <i>et al.</i> (2019); Lasprilla <i>et al.</i> (2015).	Salud, Minorista, Manufactura, Petroleo y Gas	Mejorar las políticas de inventario para disminuir los altos inventarios dentro de los almacenes y así mismo los costos de mantenimiento.	Políticas de inventario; Modelos matemáticos K-MEANS FCM.	
Abd Karim <i>et al.</i> (2018); Esmacili <i>et al.</i> (2018)	Fabricación; Minorista	Re-ingeniería del proceso del control de inventario, dado a que el que se tiene actualmente ya no funciona.		
Uddin <i>et al.</i> (2021)	Producción	Reducir el inventario defectuoso, que se almacena.		

Fuente: Elaboración propia

Uno de los problemas si no que el mayor de ellos que se presenta dentro de los almacenes en cuanto al control de inventarios es la disponibilidad insuficiente del inventario, lo cual se refleja en los indicadores del nivel de servicio, el siguiente problema que se presento es la falta de un procedimiento establecido para el control

de inventarios o por el contrario que se tiene ya un procedimiento establecido, pero no es el adecuado para la situación que se enfrenta.

### 2.3.1 POLÍTICAS DE INVENTARIOS RELEVANTES EN EL ALMACÉN

Dentro de los artículos estudiados en la tabla 2.2, nos encontramos con las políticas de inventarios las cuales son importantes dentro del control del mismo, ya que la efectividad del sistema del control de inventarios incluye la medición adecuada del tiempo de re-abastecimiento, el diseño de indicadores de eficiencia global que puedan tener en cuenta todas las variables incluidas en la gestión de inventarios, especialmente la implementación del pronóstico de demanda. Por lo tanto, las políticas de inventario son un factor importante dentro del control de este, dado que estas sirven para definir de qué manera se va a administrar el inventario, si se va a mantener un nivel de seguridad, ubicación y distribución.

Por lo tanto, existen diferentes políticas de inventarios, siendo la EOQ (Economic order quantity) la más básica y que muchas empresas utilizan inicialmente para determinar la cantidad a ordenar para re-abastecer al menor costo, la desventaja que se podría presentar con este tipo de política es que se asume que los tiempos de las entregas y la demanda son constantes, por lo tanto, cuando esto no es así se tiene que evaluar y proponer diferentes políticas; Los siguiente autores, Millstein *et al.* (2014); Ramos *et al.* (2020); Gurumurthy *et al.* (2020), evaluaron políticas de inventario teniendo como inicial una política EOQ y en base a la misma propusieron una mejora en cuanto al manejo del inventario.

Tenemos a; Singha *et al.* (2017) el cual utiliza una política de inventario (R,Q) el cual se enfoca en el desarrollo de nuevas expresiones matemáticas para encontrar el punto de re-orden y la cantidad de pedidos para las políticas de gestión de inventario que consideran explícitamente la capacidad del espacio de almacenamiento. El objetivo de la investigación es minimizar el costo total, que consiste en los costos de pedidos, escasez, mantenimiento y sobre orden. El tiempo de entrega y la demanda son de naturaleza estocástica y discreta. Zare *et al.* (2017) , también propone un política de inventario de revisión continua (R, Q) sin embargo las características del caso son diferentes se tiene que dentro de un almacén los pedidos son por lotes y al

no haber inventario la demanda se une a una cola de pedidos y se surte hasta que esta llega al primer lugar en la fila.

Lasprilla *et al.* (2015), utilizan una política de inventario (S,Q) de revisión continua, con el objetivo de disminuir los costos de exceso de inventario y manejo eficiente de los mismos dentro, la demanda que se maneja es probabilística. Autor utiliza una política de inventarios (r, nQ, T) pedidos por lotes, para la mejora de un sistema de inventarios que presenta una demanda estocástica.

Se observa que las políticas de inventarios se ajustan de acuerdo con las características individuales de los casos que se presentan dentro de cada almacén al gestionar el inventario, dados los datos que se tienen. Por lo tanto, dentro del control de inventario se deben mantener las políticas más adecuadas para lograr, que se tenga la cantidad adecuada en el momento adecuado al menor costo posible, lo cual nos ayuda a mantener nuestros índices de nivel de servicio adecuados o que se buscan.

### 2.3.2 NIVEL DE SERVICIO

Se considera al activo mas valioso con el que una empresa puede contar la satisfacción que obtiene el cliente. Por lo tanto se podría afirmar que el objetivo de la gestión de inventarios es la minimización del costo invertido.

Este objetivo tiene un impacto directo en el rendimiento de los activos. Constantin Radasanu (2016), menciona que la finalidad de la gestión de inventarios es la determinación del valor y la combinación de inventario que respalda un alto nivel de servicio, clientes y maximiza el desempeño financiero de las organizaciones, en la investigación se propone establecer un nivel de servicio con un porcentaje del 95 % de satisfacción, basado en el modelo estadístico de distribución normal para hacer las mediciones, así como la utilización del método ABC para conocer que producto es más importante”, según la autora.

El nivel de servicio es de gran importancia ya que tiene un impacto directo en las compras por elección, es decir, la lealtad de los consumidores y en la demanda que es obtenida. Un servicio eficaz otorga a los proveedores un enfoque positivo lo cual contribuye a la atracción de la demanda del cliente ya que esto permite una alta disponibilidad del producto fabricado, (Takeda-Berger *et al.*, 2021), (Forero Forero *et al.*, 2020).

En conclusión, se debe dar trazabilidad a los esfuerzos producidos dentro de las organizaciones para la mejora del nivel del servicio, los cuales se dividen en sub-objetivos que forman parte vital del proceso de mejora.

### 2.3.3 RELACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIO CON EL NIVEL DE SERVICIO

Ahora bien, es necesario comprender la relación entre el control de inventario y el nivel de servicio, que es un atributo clave para las empresas que quieran aumentar su rentabilidad (A. Salam *et al.*, 2016). Para que una empresa garantice una venta necesitan tener el producto adecuado, en el momento adecuado, la cantidad correcta y en el lugar correcto (A. Mahamani y Pandurangadu, 2010). Es importante que los productos no generen excesivo costo de inventario para stock, por lo tanto, se necesita mantener un nivel de inventario que supla con dichas necesidades. A continuación, se presenta la siguiente relación en la figura 2.2:



FIGURA 2.2: Punto de equilibrio entre: Nivel de Servicio-Nivel de Inventario

Fuente: Ramos *et al.* (2020)

En la siguiente tabla 2.3 se describe los niveles que representa y las características de la figura 2.2:

TABLA 2.3: Nivel de inventario- nivel de servicio

Nivel de Servicio / Nivel de Inventario	%	Características
Alto- Alto	mas 85	Se cumple con la demanda del cliente llevando un inventario alto.
Alto- Bajo	70- 80	Nivel óptimo. Se logra el nivel de Servicio y un inventario equilibrado.
Bajo- Alto	70- 75	Exceso de inventario, llevando inventario no productivo.
Bajo- Bajo	menos de 70	Escaso, Agotado.

Fuente: Ramos *et al.* (2020)

Se observa que el punto de equilibrio se encuentra según el autor cuando el nivel de servicio es alto y el inventario es bajo, lo cual hace mucho sentido ya que como se ha estado describiendo las empresas buscan tener los costos de mantenimiento de inventario al mínimo y al mismo tiempo tratando de cumplir con lo que se les demanda, lo cual nos lleva estudiar los diversos objetivos que persigue el nivel de servicio.

### 2.3.4 OBJETIVOS DEL NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio persigue diversos objetivos para lograr que este se encuentre dentro de los niveles deseados dentro de los indicadores de la empresa donde se esté evaluando, por lo tanto, se deben analizar diversos criterios. Para que una empresa logre el nivel de servicio deseado, se deberá centrar en distintos objetivos individuales: disponibilidad para entregar, tiempo de entrega, flexibilidad, fiabilidad y calidad de entrega. La disposición de cumplimiento será la capacidad que se tiene para satisfacer la demanda en tiempo. Por lo tanto, la disponibilidad para la entrega de lo que se solicitase puede medir de distintas formas, esto dependerá del enfoque con la que cada empresa cuente, (Constantin Radasanu, 2016).

A continuación se muestra una formulación para medir la disponibilidad de entrega según el número de unidades vendidas que nos propone el autor mencionado con anterioridad.

Si la empresa desea medir la disponibilidad para entregar según el número de unidades vendidas, la fórmula es:

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{\text{Numero de entregas a tiempo}}{\text{Cantidad total de la demanda}} \quad (2.1)$$

Otras opciones para calcular el nivel de servicio que se encuentran en la literatura son las que se presentan a continuación en la siguiente tabla 2.4:

Se observa que el nivel de servicio no solo se calcula en base a un solo indicador si no por el contrario se deben elegir diversos criterios de acuerdo con la necesidad que se tiene y tomando en cuenta como factor importante los objetivos que se persiguen dentro de las entidades, almacén, etc. donde se realiza dicha evaluación. Dado esto se demuestra que es importante perseguir los diversos objetivos si se busca mantener un nivel de servicio adecuado, así como el conocer las herramientas de análisis o métodos que nos pueden ayudar a mejorarlo.

TABLA 2.4: Formulas para calcular el nivel de servicio

Criterio	Formula para el Nivel de Servicio
Agotar	$\# \text{Cantidades entregadas} / \text{Cantidad total de la demanda}$
Frecuencia de Abastecimiento	$\# \text{Pedidos entregados} / \text{Cantidad total de ventas ordenadas por el cliente}$
Frecuencia de Desabastecimiento	$\# \text{Artículos entregados} / \text{Cantidad total de artículos pedidos}$
Perdida de Ventas	$\text{Valor de las cantidades entregadas a tiempo} / \text{Valor total de la cantidad demandada}$
Periodo de Falta de Existencias	$\# \text{Días sin existencias} / \text{el numero total de días}$

Fuente: (Hoppe, 2009)

## 2.4 MÉTODOS

Existen métodos y herramientas que se utilizan para mejorar ó establecer un control de inventarios, como lo son el método ABC que es muy utilizado como se puede ver en los diferentes artículos; Gurumurthy *et al.* (2020); Rodriguez *et al.* (2019); Yiğit y Esnaf (2021) para clasificación de los items que conforman el inventario dentro de los almacenes, dicho método se puede combinar con otros como lo son el AHP, AHP+ Fuzzy, que son métodos de decisión multicriterio, K means de agrupación, y dentro del ABC también tenemos ABC multicriterio, VED, SDE, FSN. Estos métodos pueden funcionar en conjunto o de manera independiente.

El análisis ABC es una de las técnicas más utilizadas en la gestión de inventarios para clasificar artículos en tres predefinidos y ordenados. Categorías: A (elementos muy importantes), B (elementos moderadamente importantes) y C (elementos relativamente poco importantes). En la literatura, la mayoría de los modelos de clasificación existentes abordaron el problema de clasificación de inventario ABC como un problema de clasificación, es decir, un conjunto de los elementos se clasifica en orden decreciente en función de su desempeño expresado por una puntuación ponderada general, este permite hacer clasificaciones de acuerdo con prioridades del inventario, por costo de los productos, ventas, así como también algunos lo utilizan

para clasificar proveedores, (Gurumurthy *et al.*, 2020) .

Después del análisis ABC el método más utilizado observado en la literatura es el AHP el cual es un método de decisión multicriterio que ayuda a la selección de múltiples criterios como apunta el autor; Rodriguez *et al.* (2019) donde se evalúan diversos criterios para la selección de proveedores, cuando los criterios son difusos los autores optan por utilizar AHP-Fuzzy que es una extensión del método AHP.

También se encontró en la literatura el método de K-means algoritmo de clasificación no supervisada, que se utiliza para el agrupamiento de datos no etiquetados; Yiğit y Esnaf (2021) lo utiliza con el inventario que no cabe en las categorías cuando se clasifica para relacionarlos con lo que mejor se ajuste.

Los métodos mencionados pueden utilizarse combinándose entre sí, para dar el mejor resultado posible a la hora de proponer cambios en el control de los inventarios.

#### 2.4.1 COMPARACIÓN DE MÉTODOS: CASOS DE ESTUDIO

Actualmente existen muchos casos de investigación dedicados al control de inventarios, con el objetivo de mejorar el desempeño del nivel de servicio. A continuación, se presentan casos de estudio en la tabla 2.5 donde se utilizan técnicas para resolver las problemáticas que se presentan al no tener un buen control de inventarios y que afectan al desempeño de este indicador.

TABLA 2.5: Casos de estudio

Autor	Campo	Propuesta	Técnica
Edgar Ramos, et al, 2020.	Gestión de repuestos rentables	Modelo con ocho estrategias competitivas y sus procesos, operaciones. Se prueban fases para la gestión de diferentes inventarios y su integración de flujos de información y materiales.	ABC, FSN, HML, SDE, XYZ.
Anand Gurumurthy, et al, 2020	Atención médica, repuestos de suministros críticos	Control de inventario selectivo de unidades múltiples (MUSIC) que combinaba estas tres dimensiones (3D), a saber, valor de consumo, criticidad y tiempo de entrega o facilidad de disponibilidad para clasificar los suministros médicos en diferentes categorías.	ABC + VED + SDE.
Fatih Yiğit & Şakir Esnaf, 2020	Almacén de materiales consumibles	Se propone un método de MCIC de tres fases que incorpora el proceso de jerarquía analítica (AHP), el algoritmo Fuzzy C-Means (FCM) y una fase de veto revisado (Rveto) para cumplir con los principios de clasificación ABC para aumentar su aplicabilidad y flexibilidad.	Fuzzy c-means, AHP y ABC, RVETO.
Usman, 2020	Asistir la exploración y producción de las compañías	Minimizar la inversión del inventario de mantenimiento, reparación y operación para mejorar el tiempo de actividad de la producción, aplicando una política de inventario.	ABC, Política (Q, r).
Islan, 2019	Gestión de repuestos para equipos pesados PYME	Examinar los factores que afectan la mala gestión del inventario, aplicando métodos cuantitativos, específicamente el diagrama de pareto y el índice de rotación de inventario (ITR).	ABC, ITR.
Rioja Levano, Martín Reynaldo, 2020.	Gestión de abastecimiento en una empresa minera	Se propone una evaluación de cuatro fases, que están constituidas por gestión de inventarios: Just in time, Lean Logistics, Gestión de relación con los proveedores.	ABC + AHP
M. Paredes-Rodríguez , V. L. Chud-Pantoja , J. C. Osorio, 2019.	Gestión de un almacén de repuestos, de una empresa de ingenios azucareros	Diseñar un sistema de control de inventarios multicriterio difuso, el cual consta de tres fases generales.	ABC Multicriterio + Fuzzy-AHP
Singha, et al 2017	Gestión de inventarios en un almacén que se encuentra en el área de atención médica en Tailandia	Desarrollo de nuevas expresiones matemáticas para encontrar el punto de pedido y la cantidad de pedido para las políticas de gestión de inventario.	Modelo matemático
Mor, R. S. et al (2021)	Gestión de un almacén de repuestos automotrices.	Se aplican técnicas de gestión de inventarios para minimizar los costos y se propone un marco basado en análisis ABC -XYZ y FSN para priorizar los repuestos en función de su criticidad, para determinar de manera efectiva los artículos sujetos a obsolescencia.	ABC, XYZ, FSN

Fuente: Elaboración propia

De los artículos incluidos en la tabla 2.5 se puede observar que diversos autores proponen sistemas de mejorar en el control de inventarios utilizando técnicas de clasificación multicriterio, utilizando combinaciones como ABC- XYZ-VED- FSN, ABC multicriterio, AHP y AHP difuso, esto con el objetivo de proponer mejores políticas de inventario o mejores procesos de control.

A continuación se muestra el diagrama 2.3, proponiendo el uso de tres técnicas en conjunto para la clasificación de los artículos contemplando múltiples criterios:

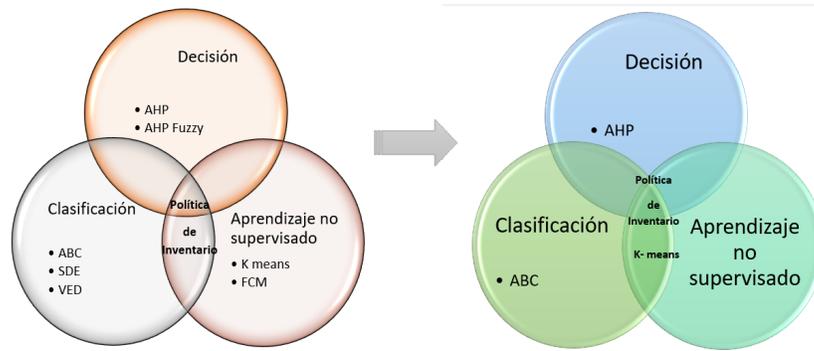


FIGURA 2.3: Comparación de métodos

Fuente: Elaboración propia

Se tomo la decisión de utilizar el conjunto de técnicas AHP- K means y ABC clasificación, dado que estas herramientas mostraron dentro de la investigación realizada dar buenos resultados a la hora de clasificar el inventario, además que al utilizar la técnica K means se estaría dando un paso hacia la programación y automatización de los procesos de clasificación dentro de los almacenes.

## 2.5 CONCLUSIONES

Se observo la importancia de mejorar el nivel de servicio, mejorando el control de inventarios con diferentes técnicas, en este caso la que mayor se utilizo fue el método ABC para clasificar los inventarios de acuerdo a uno o varios criterios, siendo de ayuda el método AHP y Fuzzy AHP para criterios que son imprecisos.

Así como también se presento la mejora en las políticas de inventarios como parte para la propuesta de un mejor control y elevar el nivel de servicio, para lograr tener pedidos a tiempo, completos y lograr un equilibrio en el inventario que se mantiene dentro de los almacenes para que se trabaje con los menores costos posibles y así obtener un equilibrio.

Por lo tanto se ha determinado proponer el uso del conjunto de las herramientas

---

ABC, AHP y K means para elaborar una metodología de análisis y mejora del nivel de servicio, seleccionando dichas herramientas dado a que su aplicabilidad es muy versátil e intuitiva para trabajar; así mismo se evaluará la propuesta de una política de inventario para finalizar el análisis de esta investigación.

## CAPÍTULO 3

# METODOLOGÍA

---

El capítulo de metodología comprende la exposición y adaptación de las herramientas seleccionadas para trabajar en el problemática de la presente investigación. A continuación se expone el enfoque metodológico que se seguirá en el desarrollo del actual capítulo.

### 3.1 ENFOQUE METODOLÓGICO

Se propone el uso de un enfoque metodológico hacia una orientación de carácter mixto, lo cual quiere decir que se trabajaran tanto como datos cualitativos, así como cuantitativos.

El propósito de la búsqueda mixta es tomar en cuenta las bondades de los datos cuantitativos como de los cualitativos y por lo tanto dicha investigación sea mucho más provechosa utilizando las fortalezas de ambos tipos, (Sampieri, 2014). Se tomará en cuenta para definir la selección de datos y herramientas la revisión literaria realizada para esta investigación.

## 3.2 ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA

Se presenta dentro de este apartado la estructura lógica que seguirá la presente investigación en el marco metodológico. Además, se plasman de manera concreta las herramientas que se utilizarán para el desarrollo del análisis del caso a utilizar para cumplir con el propósito que se persigue, el cual es optimizar la gestión elevando el nivel de servicio dentro del almacén a través del control de los inventarios. Por consiguiente se desarrollo un modelo de gestión para evaluación de los inventarios, el cual consta de cinco fases a seguir.

Se presenta gráficamente el modelo en la figura 3.1:

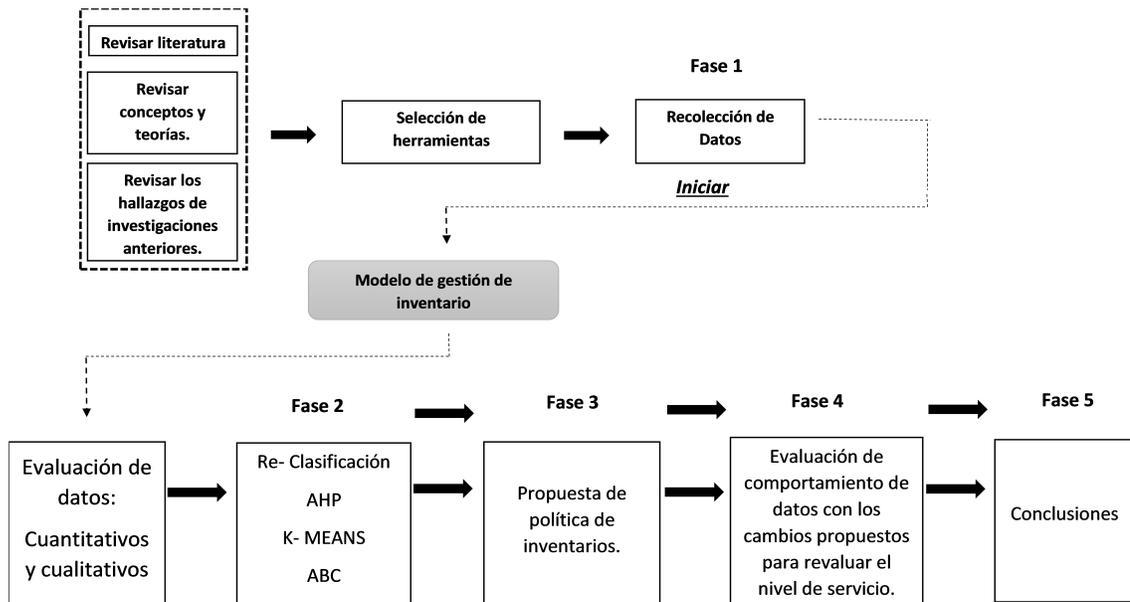


FIGURA 3.1: Diagrama de proceso de metodología

Fuente: Elaboración propia

Se tiene como base para la construcción de la metodología la revisión de la literatura con respecto a los diversos temas que se dan alrededor de la problemática que surge a partir del no tener un control de inventario bien definido, dicha revisión se hace en diversos medios como lo son libros, revistas indexadas, internet, base de

datos de universidades, etc.

Además, se analizaron métodos utilizados por los diferentes autores encontrados para ver las diferentes prácticas que se tienen o se proponen para dar solución a la problemática sé que se presenta sobre el control de inventarios, este análisis de literatura nos ayudó a seleccionar las mejores herramientas para construir un modelo de evaluación, medición, clasificación ayudando a obtener una propuesta para un mejor control de inventario y lograr el objetivo final que es mejorar el nivel de servicio.

Dentro del modelo de gestión de inventario que se propone, este se divide por fases de proceso las cuales se describen a continuación:

Fase 1: Dentro de esta fase se recolectaran y evaluarán los datos que el caso proporcione para seleccionar la información necesaria que se utilizara para iniciar la segunda fase que es la clasificación multicriterio, dentro la primera fase se seleccionaran diversos criterios que nos ayudaran también en el siguiente paso. En esta fase se pretende conocer el nivel de servicio actual que se mantiene.

Fase 2: Se propone una fase número dos donde se llevará a cabo la clasificación multicriterio y se aplicaran las herramientas seleccionadas: Método AHP para la evaluación de los criterios, K means para realizar una clasificación con mayor afinidad, y como base se utilizara el método ABC.

Fase 3: Una vez obtenida la clasificación con base en los criterios con un mayor peso y mejor correlación, se hará un análisis de los datos para establecer una política de inventario con la información obtenida.

Fase 4: Se harán comparaciones para visualizar si se logra el objetivo propuesto en esta investigación.

Fase 5: Con base en lo obtenido se elaboran las conclusiones y recomendaciones pertinentes para el caso.

### 3.3 DESARROLLO DEL SISTEMA PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS CON BASE A LAS HERRAMIENTAS Y MÉTODOS

#### 3.3.1 FASE 1: RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Se pretende hacer la recolección de datos para realizar la evaluación, se recolectarán datos históricos de ventas, demanda, productos obsoletos, y los tiempos de entrega de los proveedores relacionados con el manejo de la cadena de abastecimiento y los costos que implican, el objetivo de esto es conocer el estado actual de la empresa que se desea evaluar, y así poder diagnosticar y aplicar el sistema que se propone si este se ajusta.

Primeramente se procede a la recolección y organización de datos necesarios ya sea de un caso publico o de una empresa directamente, para ello se recolectara o se identificara que se tenga con la siguiente información:

1. Forma actual en la que se lleva a cabo el aprovisionamiento de los productos, para poder conocer como la empresa gestiona su inventario.
2. Datos de los productos que se manejan, de preferencia un año de operación en el sistema.
3. Se realizarán entrevistas con las personas relacionas con el control de inventario para conocer que indicadores se utilizan y cuales son los criterios que utilizan para obtener sus indicadores.

Una parte fundamental en la propuesta de este sistema de evaluación para el control de inventarios es la medición del nivel del servicio, ya que el objetivo clave de esta investigación es dar una propuesta que nos ayude a incrementarlo, por lo

tanto después de hacer la recolección de datos se evaluara el nivel de servicio si es que no se cuenta con este indicador, utilizando criterios de evaluación encontrados en la literatura con mayor utilización, para así obtener una ponderación y tener una base de como se comenzó y que es lo que se logró.

Véase los criterios de evaluación y los indicadores en la tabla 2.4: Formulas para calcular el nivel de servicio, en el capítulo de antecedentes. Dentro de estos criterios se seleccionarán los de mayor interés para el cálculo del nivel de servicio.

Una vez que se obtenga el porcentaje en los diferentes criterios. Se procederá a implementar el sistema con las herramientas que se proponen para su mejora.

### 3.3.2 FASE 2: CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO

La clasificación es una parte importante dentro del proceso que se sigue en esta metodología, es por ello que se seleccionaron tres métodos que complementan, aunque cada uno de ellos se puede utilizar de forma individual se espera que con la combinación de los mismos se logre una clasificación multicriterio eficiente.

A continuación se muestra la función de como se integran cada uno de los métodos por pasos.

#### 3.3.2.1 PASO 1: MÉTODO AHP

El método AHP de jerarquía analítica nos ayuda a la evaluación de criterios, dichos criterios nos ayudarán dentro del siguiente paso la clasificación K-means.

Es necesario integrar parte del paso número tres de la fase primera, en esta, ya que se deben conocer cuales son los criterios que se evaluarán con AHP.

La selección de las personas que realizarán las encuestas (expertos) serán per-

sonas involucradas directamente con la gestión de inventarios y/o personas expertas en la materia.

A continuación, se presenta el cómo funciona dicho método.

1. Primeramente se define el objetivo de la aplicación de dicho modelo (priorizar), continuamente se delimitan los criterios que se utilizan y alternativas para su ejecución. Se plantea un esquema jerárquico para su ejecución, se presenta un ejemplo el diagrama 3.2:



FIGURA 3.2: Esquema de criterios

Fuente: Elaboración propia

2. Se asigna un porcentaje de influencia para cada uno de los criterios en la toma de decisiones para el proceso de clasificación del inventario, ya antes estudiados. A partir de esta escala, se obtienen matrices de comparación pareadas. Saaty propone una escala fundamental, que se muestra en la tabla 3.1:

TABLA 3.1: AHP escala de Saaty

Intensidad	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igual al objetivo.
3	Importancia moderada	La experiencia y criterio favorecen al elemento sobre el otro.
5	Importancia fuerte	La experiencia y criterio favorecen fuertemente al elemento sobre el otro.
7	Importancia muy fuerte	El criterio es mucho mas importante sobre el otro.
9	Extrema importancia	La mayor importancia del criterio sobre el otro es fuera de toda duda.
<b>2, 4, 6 y 8 se pueden utilizar para expresar valores intermedios.</b>		

Fuente: Saaty (1987)

3. Construcción de la encuesta, en este caso se utilizará una plantilla de excel del autor Goepel (2013) , para la evaluación de criterios. Esta plantilla tiene la capacidad de hasta 20 encuestados y 10 criterios. Sin embargo para el presente trabajo solo se utilizarán máximo hasta 7 criterios y para los encuestados mínimo 2 personas.

4. La aplicación de la encuesta nos dará como resultado una matriz de paridad A (acorde con la escala AHP) según el juicio subjetivo de los evaluadores, en donde se tendrá que calcular el sumatorio de la calificación de cada criterio  $a_{ij}$  , y se utiliza la siguiente formula:

$$T_j = \sum_i a_{ij} \forall_j \quad (3.1)$$

Donde:

$a$  = criterio

$i$  = filas

$j$  = columna

5. Posteriormente de acuerdo a la encuesta, la matriz se normalizará, para finalmente encontrar la ponderación que representa la influencia de cada criterio dentro de la clasificación del inventario. La formula para la normalización es la siguiente:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{T_j} \forall_{i,j} \quad (3.2)$$

Donde  $\sum_i n_{ij} = 1 \forall j$

$n$  = valores

Para encontrar los pesos ( $w$ ) se utiliza la siguiente formula:

$$w_i = \frac{\sum_i n_{ij}}{\#criterios} \forall_i \quad (3.3)$$

6. Finalmente se calcula la relación de consistencia a partir de la matriz inicial y de la ponderación final, esto con el fin de realizar una validación acerca de la coherencia de las ponderaciones, (Gaitán Pachón *et al.*, 2019). A continuación se muestran las formulaciones para la verificación de consistencia:

Sea  $A$  la matriz de comparación y  $w$  el vector de prioridad (de los pesos relativos o ponderaciones), entonces:  $Aw = nw$

$$A\bar{w} = n_{max}w \text{ donde } n_{max} \geq n$$

$n \rightarrow$  numero de filas del vector  $w$

$$n_{max} = \sum_t \left( \sum_j a_{ij} \bar{w}_j \right) \quad (3.4)$$

Mientras mas se acerque  $n_{max}$  a  $n$ , la matriz de comparación  $\mathbf{A}$  será mas consistente.

$CI$ : es el índice de consistencia de la matriz de comparación  $\mathbf{A}$ .

$$CI = \frac{n_{max} - n}{n - 1} \quad (3.5)$$

$RI$ = Consistencia aleatoria

$$RI = \frac{1.98(n - 2)}{n} \quad (3.6)$$

$CR$ = Nivel de consistencia de la matriz de comparación  $\mathbf{A}$ .

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.7)$$

Para que el resultado sea consistente este debe ser  $\leq 0.1$ .

Nota: El paso tres, cuatro y cinco solo se ponen como descripción debido a que la plantilla que se utilizará ya contiene la formulación automática para estos pasos.

Una vez que se determinen los pesos de cada criterio, se precederá a normalizar los datos ya que los criterios tienen diferentes sentidos y magnitudes por lo tanto no son comparables directamente. Para ello se utilizan formulas de transformación lineal, presentadas a continuación:

$$\uparrow: y_{ij} = \frac{x_{ij} - \text{Min}_{\forall_i} \{x_{ij}\}}{\text{Max}_{\forall_i} \{x_{ij}\} - \text{Min}_{\forall_i} \{x_{ij}\}} \forall_j \quad (3.8)$$

$$\text{Reciprocos } \downarrow: y_{ij} = \frac{\frac{1}{x_{ij}} - \text{Min}_{\forall i} \left\{ \frac{1}{x_{ij}} \right\}}{\text{Max}_{\forall i} \left\{ \frac{1}{x_{ij}} \right\} - \text{Min}_{\forall i} \left\{ \frac{1}{x_{ij}} \right\}} \forall_j \quad (3.9)$$

Donde:

$i$ : Cada uno de los artículos

$j$ : Cada uno de los criterios

$x_{ij}$ : Puntaje asignado al artículo  $i$  en el criterio  $j$

$y_{ij}$ : Puntuajes normalizados, en sentido y magnitud, de cada artículo  $i$  en el criterio  $j$ .

La ecuación 3.8 se utiliza cuando lo que queremos es maximizar y la 3.9 cuando queremos minimizar.

Una vez que hayamos normalizado los datos se obtiene el puntaje final para cada artículo, con la fórmula mostrada a continuación:

$$\sum_j y_{ij} * w_j \forall_i \quad (3.10)$$

Una vez que se obtienen estos resultados se procede al siguiente paso.

### 3.3.2.2 PASO 2: MÉTODO K-MEANS

Luego de la evaluación de criterios con AHP, se utiliza el algoritmo K-Means para clasificar las unidades de inventario con base en el puntaje que depende de los valores de cada ítem para cada criterio y la multiplicación de este valor con pesos definidos en la etapa AHP, (Yiğit y Esnaf, 2021).

El objetivo del agrupamiento de K-Means es minimizar la varianza total dentro del conglomerado, o la función de error cuadrático:

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^j - c_j\|^2 \quad (3.11)$$

Donde:

$J$ = Función Objetivo

$k$ = Número de clusters

$n$ = Número de clases

$i$ = Criterio

$x$ = Caso  $i$

$c$ = Centroide del cluster  $j$

Para lograr este objetivo, K-means busca un número fijo ( $k$ ) de grupos en un conjunto de datos:

1. Definirá un número objetivo  $k$ , que se refiere a la cantidad de centroides que necesita en el conjunto de datos. Un centroide es la ubicación imaginaria o real que representa el centro del grupo.

Para definir el número de grupos tenemos el método ABC, se clasificará en tres grupos A B Y C siendo A= 10 % del valor de mi inventario, B= 20 % y C= 70 %.

2. Cada punto de datos se asigna a cada uno de los grupos mediante la reducción de la suma de cuadrados dentro del grupo. En otras palabras, el algoritmo de K-medias identifica  $k$  número de centroides y luego asigna cada punto de datos al grupo más cercano, mientras mantiene los centroides lo más pequeños posibles.

Las 'medias' en K-medias se refieren al promedio de los datos; es decir, encontrar el centroide, (Techopedia, 2019).

3. Finalmente arroja la clasificación y el numero de artículos en este caso que pertenecen a cada grupo.

El algoritmo de K means se programara en Anaconda Navigator, launch Jupyter, lenguaje de programación Python. Por lo tanto los cálculos de las distancias para

el agrupamiento están ya predeterminados y solo se alimenta con la información que se tiene.

### 3.3.2.3 MÉTODO ABC

El método de clasificación ABC lo utilizaremos para ordenar el inventario utilizándolo como apoyo para el método de k means, ya que este requiere que se conozca de antemano la cantidad de clústeres, que si bien se puede complicar estimar en muchas situaciones, sabemos que queremos dividir el inventario en tres grupos para el análisis ABC: A, B y C.

Lo que se busca lograr con la ayuda del método es tomar el concepto de clasificación de Pareto 80/20 para observar que artículos se ajustan dentro de cada categoría para así poder proponer el ajuste del inventario con el que se cuenta, el análisis ABC solo examina dos parámetros: los ingresos que genera un artículo y cómo se distribuyen esos ingresos.

El objetivo es clasificar todos los elementos del conjunto de datos en una categorización ABC según su importancia. Al ver los resultados, debe haber relativamente pocos artículos A que generen la mayoría de los ingresos y una gran cantidad de artículos C que no proporcionen muchos ingresos.

La distribución de estos debe ser que los artículos A se vendan más, los artículos C se vendan menos y los artículos B se encuentren en el medio de los dos.

Una vez obteniendo la clasificación se espera que se pueda observar cuáles son los artículos de mayor importancia para así ver el movimiento que se tiene de esos artículos y generar una propuesta de política de inventario.

### 3.3.3 FASE 3: POLÍTICAS DE INVENTARIO

Las políticas de inventario son la propuesta que se da a partir de que los datos son analizados y esta puede ser diferente para cada caso, ya que están se construyen de acuerdo a la necesidad detectada.

En esta fase con base a las características a la información que se obtenga del caso y al análisis se realizara una propuesta de política de inventario, después de obtener la mejor clasificación posible con base en los procedimientos realizados para la obtención de la misma. En donde se obtendrá la propuesta de: ¿cuánto pedir?, ¿cuándo?, si se debe mantener inventario de seguridad, el costo de mantener inventario, entre otras recomendaciones.

Ahora bien para el análisis y propuesta de una política de inventarios se propone la siguiente estructura lógica en la figura 3.3 para la creación de la misma con base a lo estudiado en la literatura:

Se puede observar que dependiendo el tipo de demanda que se tiene es el como se define la política de inventario a seguir. Ahora bien dentro de las políticas de inventario que se tienen cuando una demanda es independiente ya sea constante o variable, las variables que mas se utilizan para el calculo de ellas son las siguientes:

- Cantidad de demanda
- Cantidad de inventario de seguridad
- Cantidad de existencias disponibles
- Lead Time
- Costos: Mantenimiento de inventario, por pedir, etc.

Estas variables nos ayudan también para poder conocer si podemos utilizar la política o no ya que si no se cuenta con la información que la política definida requiera no

## Política de Inventario

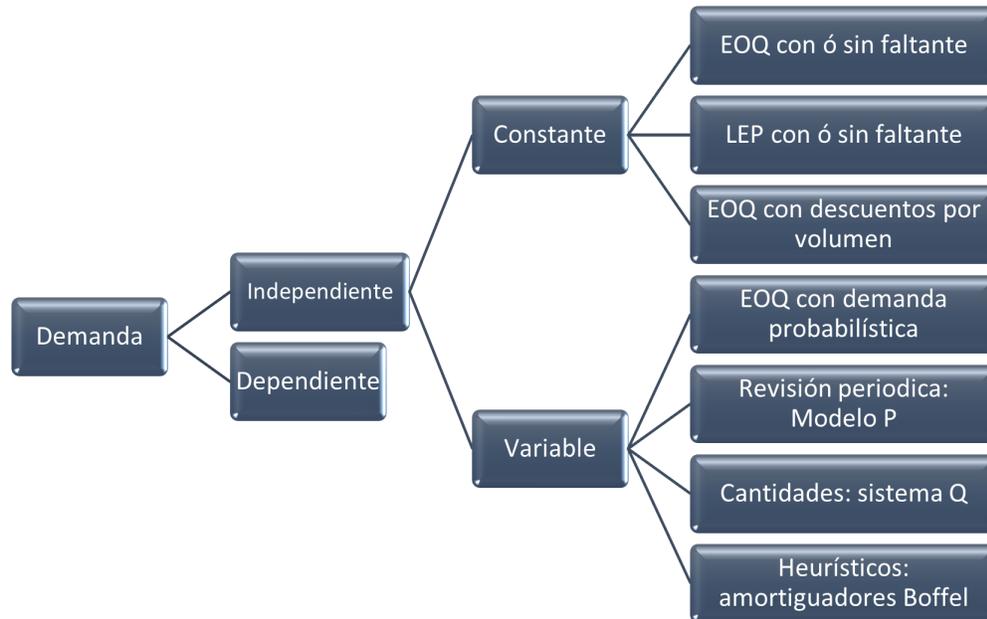


FIGURA 3.3: Estructura para la elaboración de una política de inventario

se podrá adaptar a la propuesta, por lo tanto esto es general lo que se utilizara para definir una política en este presente trabajo. Aunado a la clasificación obtenida en el modelo propuesto ya que con esta se podrá observar cuales son los productos de mayor valor de acuerdo a los criterios evaluados como la cantidad de demanda que se tiene, las ventas reales, el costo de realizar un pedido, el tiempo, costo de mantenimiento, etc.

### 3.3.4 FASE 4 Y 5: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE DATOS Y CONCLUSIONES

En esta fase se redactara una evaluación de lo obtenido acerca de la información del caso, debido a que una parte muy importante del proceso es la retroalimentación, para poder conocer si se logró el objetivo que se tiene, por lo tanto la fase número cuatro consistirá en el análisis final del comportamiento de los datos con la política de inventario que se propone, con base en esto se darán las conclusiones del resultado del proceso siendo esta la última fase del sistema de evaluación que se propone generando un reporte para la empresa con recomendaciones.

### 3.3.5 CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio en el que se desarrolla esta tesis, es una PYME que se dedica a la distribución de productos de dulces y abarrotes, este maneja un inventario de un poco más de trescientos productos, la empresa actualmente no cuenta con un sistema de control de inventarios definido y no se mantienen indicadores por lo tanto no se mide el nivel de servicio, la política de inventarios que se maneja actualmente es si no hay algún producto en existencia se pide en el momento, sin embargo, no se cuenta con programa de reposición de inventario determinado, la demanda no se analiza, pero, se conoce que es variable, ya que se tienen pico de demandas en fechas festivas. El tiempo de promesa de entrega al cliente después de que entra el pedido es de veinticuatro horas, sin embargo, el promedio de entrega de proveedor es de cinco días. Se realizará un análisis aplicando el modelo que se propone, ya que este caso cumple con las características necesarias para la propuesta de mejora.

## CAPÍTULO 4

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

## 4.1 DESARROLLO DEL MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIO

### 4.1.1 FASE 1: RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN, DATOS Y EVALUACIÓN

Inicialmente se procedió a realizar una evaluación de la situación actual de la empresa en cuanto al control de los inventarios en el almacén, obteniendo la siguiente información:

- Tipo de empresa: PYME, dedicada a la distribución de abarrotes
- No existe un proceso de control de inventario estipulado
- No se mantiene un indicador que evalué el nivel de servicio.
- Se mantiene el inventario en base a lo que se cree que se venderá, no se analiza la demanda.

- Si no se cuenta con un producto se pide (si el cliente desea esperar) si no la venta se pierde.
- Los proveedores tardan en surtir en un aproximado de 4 a 7 días.
- Se maneja un inventario aproximadamente de 337 artículos por año.

Consiguientemente se recolectaron datos de 337 productos de ventas, demanda, mermas (obsoletos) y tiempos de entrega de proveedores, costos, siendo esta la información de un año. A continuación se muestra un resumen de la información en la tabla 4.1:

TABLA 4.1: Resumen de datos

RESUMEN DE DATOS	
COSTO DE PERDIDA DE VENTAS (\$)	\$20, 502,622.30
COSTO DE PERDIDA POR OBSOLESCENCIA (\$)	\$ 1, 446,345.44
TIEMPO DE ENTREGA PROMEDIO PROVEEDORES (DÍAS)	5.61 DÍAS

Se sintetizo la información para mostrar la información relevante resultante de el tratamiento de los datos con esto se obtuvo, el costo de perdidas totales en el año por ventas y obsolescencias; que resultado del producto no disponible por el costo por producto (en cuanto a perdidas de venta, el costo de perdida por productos obsoletos de la cantidad anual de productos por el costo unitario del mismo. Y finalmente el tiempo promedio de entrega de la ponderación del tiempo de entrega de los proveedores que se tienen.

Dado a que la empresa no mantiene un indicador de nivel de servicio, se procedió a evaluarse con formulas que se encontraron en la literatura como las mas usadas, se mostraron y explicaron a las personas correspondientes dentro de la empresa y se eligió la siguiente para hacer el calculo de este indicador, dando como resultado que actualmente se mantiene un nivel de servicio del 80%. A continuación se muestra

el calculo utilizando la disponibilidad para entregar según el numero de unidades vendidas:

$$NS = \frac{\text{No de entregas a tiempo}}{\text{Cantidad total de la demanda}} \quad (4.1)$$

Sustituyendo:

$$NS = \frac{132,196}{106,296} = 80 \% \quad (4.2)$$

Con esto podemos observar que tenemos un área de oportunidad para incrementar el nivel de servicio ya que de acuerdo con la literatura observada un nivel de servicio adecuado es aquel que se encuentra entre el 90 y 100 %, la empresa en este caso quiere incrementarlo al 95 % conservando un margen de error del 5 % en la operación. Con esta información se procede a la implementación de la siguiente fase.

## 4.1.2 FASE 2: APLICACIÓN DEL MÉTODO

### 4.1.2.1 PASO 1: MÉTODO AHP

Para la aplicación de este método se deben elegir un número de expertos, mayor a cero, en este caso se seleccionaron a cinco personas directamente relacionadas con el control del inventario del caso, las cuales cuentan con una experiencia de entre 7 a 30 años en el área de almacén, compras y contabilidad. Como procedimiento inicial se llevo acabo una entrevista de donde se obtuvo la información de los participantes y los criterios importantes que ellos consideran para el control del inventario. La encuesta se puede observar en el apéndice A.1- Entrevista con los expertos.

Con base en las respuestas obtenidas de los expertos, se procedió a seleccionar los criterios que se habrían de evaluar, resultando los siguientes:

- Disponibilidad
- Perdida de venta
- Obsolescencia (Merma)
- Lead time
- Inventario defectuoso
- Costo de mantenimiento

Se explico a los encuestados en que consistía el método y se procedió a la aplicación de la encuesta, con base a los juicios de los expertos mediante las medidas que propone Saaty las cuales se encuentran en la tabla 3.1. Se procedió a la aplicación de las encuestas, la estructura y aplicación del análisis de los criterios el cual se encuentra en el apéndice A.1- Juicio de los expertos. Finalmente se obtuvo la siguiente matriz A de resultados, que se presenta en la tabla 4.2- Matriz de comparación o de paridad A, a continuación:

TABLA 4.2: Matriz de comparación (o de paridad) A

Criterios	Disponibilidad	Perdida de venta	Obsolescencia	Lead time	Inventario defectuoso	Costo de mantenimiento
Disponibilidad	1.00	1.07	3.81	1.37	2.50	1.17
Perdida de venta	0.93	1.00	4.87	1.28	3.20	1.47
Obsolescencia	0.26	0.21	1.00	0.44	0.80	0.34
Lead time	0.73	0.78	2.25	1.00	3.13	0.99
Inventario defectuoso	0.40	0.31	1.25	0.32	1.00	0.38
Costo de mantenimiento	0.85	0.68	2.91	1.01	2.63	1.00
$T_j$	4.17	4.05	16.08	5.43	13.26	5.35

En la tabla se muestran los resultados y el sumatorio de la misma utilizando la formula  $T_j$  (3.11).

Por consiguiente se debe normalizar la matriz de comparación A, de lo cual resulta la matriz normalizada (N), compuesta por los valores  $n_{ij}$ . Se muestran los resultados en la tabla 4.3- Matriz de Normalización (N):

TABLA 4.3: Matriz de Normalización (N)

Criterios	Disponibilidad	Perdida de venta	Obsolescencia	Lead time	Inventario defectuoso	Costo de mantenimiento	$\sum n_{ij} \mathbb{1}_j$
Disponibilidad	0.24	0.26	0.24	0.25	0.19	0.22	
Perdida de venta	0.22	0.25	0.30	0.24	0.24	0.27	
Obsolescencia	0.06	0.05	0.06	0.08	0.06	0.06	
Lead time	0.17	0.19	0.14	0.18	0.24	0.18	
Inventario defectuoso	0.10	0.08	0.08	0.06	0.08	0.07	
Costo de mantenimiento	0.20	0.17	0.18	0.19	0.20	0.19	
$\sum W_i = 1$	<b>0.23</b>	<b>0.25</b>	<b>0.06</b>	<b>0.18</b>	<b>0.07</b>	<b>0.19</b>	<b>1</b>

Se puede observar que se calculo el vector de prioridad o de ponderaciones  $W$ , con la formula 3.3, finalmente se verifica la consistencia con las formulas 3.4, 3.5 , 3.6, 3.7, ya que esta técnica así lo requiere, resultando lo siguiente mostrado en la tabla 4.4:

<b>AW</b>	
<b>CI</b>	0.03
<b>RI</b>	0.37
<b>CR</b>	0.7

TABLA 4.4: Verificación de consistencia

Como se puede observar la aplicación del método resulta ser consistente ya que se encuentra dentro del rango  $<1\%$ .

Tras el calculo del peso de cada criterio, se calcula la puntuación final de cada item. Para ello se deben normalizar los datos recolectados que se tienen de cada uno de ellos con la las ecuaciones de normalización presentadas 3.8.

Sin en embargo, se toma la decisión de añadir paso extra dentro de este procedimiento dado que no todos los criterios analizados dentro de la encuesta cuentan con información necesaria por parte de la compañía del caso para poder ser analizada, por lo tanto, se tomaran los criterios con los que si se cuenta la información y se ajustaran los porcentajes de la encuesta para una mayor facilidad de manejo y comprensión de los mismos , por lo cual se obtiene el equivalente de cada criterio normalizándolo a 1, esto quiere decir tomara como  $100\%$  la suma de los criterios con los que si cuenta con información para el análisis y sobre esto se obtendrá su nuevo porcentaje para los criterios.

Obteniendo los siguientes nuevos porcentajes de peso, mostrados en la siguiente tabla 4.5- Asignación de pesos :

TABLA 4.5: Asignación de pesos

Criterio	%
Disponibilidad	31.7045612
Ventas Perdidas	34.5225443
Mermas	08.63830505
Tiempo de entrega de proveedores	25.1345894

Los datos normalizados y su puntaje final se muestran en la tabla de normalización A.2. Para el criterio de disponibilidad se utilizo la formula de transformación lineal 3.8 , y para los criterios de perdida de ventas, obsolescencia y tiempo de entrega se utilizo la formula de recíprocos 3.9.

Con esto se finaliza la aplicación del metodo AHP y se procede a tratar los datos obtenidos de la normalización con el algoritmo K means y el método de clasificación ABC.

#### 4.1.2.2 PASO 2: ALGORITMO K MEANS Y MÉTODO ABC

Una vez que los datos se han normalizado después de aplicar el método de AHP como ya se menciona, se procede a introducir los datos, en este caso se utilizara Anaconda, launch Jupyter con la programación de Python, en donde lo primero que pide es definir el numero de clases que se van ha tener, en este caso tres, ya que se utiliza el método de clasificación ABC como base; una vez que se tienen esos datos se realiza la programación para que el algoritmo realice la clasificación.

Se evalúan 337 productos a los cuales se les asigno un peso de acuerdo al método AHP, esto datos se introdujeron y se analizaron con códigos de programación ya existentes adaptándolos para nuestro caso, dándonos como resultado de la clasificación ABC, que se muestra a continuación en la tabla 4.6 :

TABLA 4.6: Clasificación ABC utilizando el algoritmo K MEANS

PF	Total_skus	Total_Disponibilidad	Total_Ventasperdidas	Total_Mermas	Total_LeadTime
0	165	138.97	15.72	84.67	28.73
1	87	65.15	16.27	40.56	74.31
2	85	29.53	52.57	36.11	26.89

Donde: Para 0(C), 1(B), 2(A) correspondientes con el método ABC.

De la clasificación dada se tomaran solamente los artículos dentro de los vitales (A) obtenidos para la propuesta de política de inventario. Dado a que estos son los artículos de mayor relevancia con los que se cuentan, según los resultados obtenidos.

La tabla con todos los artículos clasificados obtenidos de la clasificación con K-means/ABC se muestran en la tabla de normalización de datos y clasificación K means A.2.

### 4.1.3 FASE 3: POLÍTICA DE INVENTARIO

Con la información resultante del tratamiento de datos previos y el análisis de los mismos se evalúa la información que se tiene y la resultante para la propuesta de política de inventario, siendo esta la siguiente.

Se toman los artículos dada la clasificación que resultan ser los mas relevantes de la misma en este caso los artículos pertenecientes a la clasificación del Grupo A.

A continuación se muestran los artículos clasificados en el Grupo A, en la tabla 4.7:

TABLA 4.7: Tabla de ÍTEM GRUPO A

ITEM	K-Class	ITEM	K-Class
0	A	227	A
104	A	230	A
106	A	232	A
113	A	234	A
114	A	237	A
123	A	239	A
125	A	246	A
126	A	247	A
130	A	254	A
131	A	255	A
132	A	257	A
141	A	260	A
142	A	262	A
145	A	264	A
148	A	266	A
152	A	267	A
157	A	268	A
162	A	269	A
163	A	270	A
172	A	271	A
174	A	275	A
175	A	276	A
176	A	277	A
178	A	278	A
179	A	280	A
181	A	283	A
182	A	284	A
184	A	290	A
185	A	291	A
189	A	293	A
191	A	295	A
193	A	296	A
194	A	300	A
195	A	301	A
196	A	302	A
197	A	303	A
199	A	309	A
201	A	310	A
207	A	313	A
216	A	325	A
218	A	328	A
222	A	333	A
223	A		

#### 4.1.3.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS

De acuerdo a las características y la información que presenta el caso, se ha determinado el uso de la política de inventario del método de Máximos y Mínimos, el método es una estrategia de reordenamiento que establece un disparador para reordenar cuando se alcanza el valor mínimo, luego ordena lo necesario para alcanzar el máximo, o el nuevo nivel de inventario según el pedido.

Para la aplicación de dicho método se requirieron los siguientes datos, que se presentan a continuación:

- Demanda esperada
- Lead time
- Lote mínimo de pedido

A continuación se muestran las formulaciones que se utilizaron, para el calculo de las variables de la política de inventario del método de Máximos y Mínimos:

- Promedio de la demanda mensual

$$\bar{x} = \frac{\sum Demanda}{N} \quad (4.3)$$

- Desviación Estándar durante el Lead Time

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i - \mu}{N}} \times \sqrt{LT} \quad (4.4)$$

- Se utilizo la formula para el calculo del nivel de seguridad, para conocer cuanto inventario debemos mantener con un nivel de servicio del 95 %

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{L} \quad (4.5)$$

Donde:

$SS$ = Inventario de Seguridad

$Z$ = Factor de Seguridad

$L$ = Lead Time

- Punto de Reorden

$$PR = SS \quad (4.6)$$

- Necesidad para llegar el Max

$$NEMax = MAX - PR \quad (4.7)$$

Como primera instancia se presenta la distribución de la demanda por mensual, total de la demanda esperada y el lote mínimo de pedido de cada producto. Para el calculo de la distribución de la demanda se tomo la demanda del año anterior y se le agrego un 30% mas ya que la empresa espera aumentar sus ventas en ese porcentaje por producto. El lote mínimo de pedido lo da el proveedor, para muchos de los productos se tiene al mismo proveedor.

A continuación se muestran la tablas 4.8 y 4.9, la distribución de la demanda:



Mes/ ITEM	Distribución de la Demanda												DEM ESP	LM
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
223	5	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	22	9
227	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	9	3
230	3	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	7	4
232	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	5
234	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	7	5
237	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9
239	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
246	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	5
247	9	3	1	4	3	2	3	1	4	4	1	3	38	8
254	27	1	3	4	1	1	5	4	2	1	3	4	56	10
255	9	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	1	30	3
257	222	29	16	17	31	13	35	19	17	20	19	34	472	9
260	92	3	1	9	2	3	8	1	8	8	8	7	150	10
262	490	79	38	75	32	83	57	21	46	30	24	18	993	7
264	194	12	18	31	20	29	3	31	29	22	12	23	424	3
266	305	41	24	6	15	30	38	1	28	10	13	31	542	7
267	25	4	5	2	1	2	6	3	4	6	1	5	64	10
268	1005	24	41	87	135	75	108	59	141	137	32	13	1857	4
269	71	12	3	8	6	6	11	6	11	11	6	14	165	10
270	775	77	97	83	94	65	112	44	44	62	22	55	1530	7
271	4019	281	338	228	341	114	389	472	182	77	147	369	6957	9
275	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	4
276	43	5	1	2	3	4	1	2	7	7	2	5	82	5
277	86	8	10	7	4	2	8	11	3	1	10	13	163	10
278	276	21	17	14	30	5	41	25	19	42	2	42	534	7
280	39	8	1	4	7	4	4	7	5	7	4	5	95	8
283	8	3	2	3	1	1	3	1	2	3	3	3	33	5
284	26	5	5	4	3	4	6	4	1	4	2	4	68	10
290	87	17	17	8	11	8	6	5	14	4	15	6	198	7
291	148	16	2	9	9	7	11	7	3	16	3	2	233	7
293	147	27	1	3	28	19	28	30	27	20	16	5	351	7
295	24	4	2	5	2	4	5	1	5	4	1	3	60	8
296	5	2	3	1	3	1	1	2	3	2	3	3	29	6
300	81	5	4	8	9	8	8	7	2	2	3	13	150	3
301	72	7	15	12	5	14	8	8	11	2	10	13	177	6
302	53	2	3	10	8	1	5	3	9	10	6	7	117	6
303	118	5	10	4	8	20	18	1	18	10	19	2	233	4
309	2	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	7	10
310	8	3	2	2	1	2	3	2	3	3	1	3	33	10
313	32	8	6	6	7	8	3	5	9	3	8	6	101	10
325	29	1	5	6	6	1	5	7	4	7	1	3	75	4
328	28	6	5	5	1	5	4	5	1	3	2	5	70	9
333	16	1	3	1	2	1	1	3	2	1	1	1	33	6

TABLA 4.9: Distribución de la demanda mensual 2/2

Como siguiente paso se procedió a la aplicación del método con la información de la distribución de la demanda, utilizando el programa de Excel y sus formulaciones, dando como resultado lo siguiente mostrado en la tabla 4.10- Aplicación del Método de Máximos y Mínimos. (La tabla completa se encuentra en el apéndice A.3).

En la tabla se presenta el mínimo de productos y el máximo de la demanda de cada producto, el rango entre los mismos de variación, el promedio anual calculado con la formula  $x$ , la desviación estándar calculada con la formula  $tal$ , el inventario de seguridad calculado con  $,$  el punto de reorden calculado con  $y$  la cantidad necesaria para llegar al máximo calculado con. Finalmente, con esta información se calculo la cantidad a pedir de cada producto, para este se utilizo la formula de Excel CEILING.MATH, con la cual se toma en cuenta el lote mínimo a pedir y la cantidad necesaria para llegar al máximo.

TABLA 4.10: Aplicación del Método de Máximos y Mínimos

ITEM	MIN	MAX	R	$\bar{x}$	F	LT M	$\sigma$	$\sigma$ durante el LT	SS	PR	Necesidad para llegar al MAX	Q Pedir
0	1	35	34	11.17	12	0.1	10	4	7	8	28	30
104	1	2	1	1.08	12	0.2	0	0	0.27	1	2	6
106	0	1	1	0.92	11	0.2	0	0	0.23	1	1	7
113	60	456	396	184.83	12	0.2	120	54	105	105	351	355
114	1	3	2	1.33	12	0.2	1	0	1	1	2	6
123	0	7	7	2.58	10	0.2	2	1	2	2	5	8
125	1	2	1	1.08	12	0.2	0	0	0.27	1	2	3
126	2	5	3	3.58	12	0.2	1	0	1	1	4	6
130	0	60	60	7.83	2	0.1	19	7	14	14	46	48
131	2	10	8	4.42	12	0.2	3	1	2	3	8	8
132	3	130	127	22.08	12	0.1	35	13	25	25	105	108
141	1	42	41	7.25	12	0.2	11	5	9	9	33	36
142	1	37	36	6.00	12	0.2	10	5	9	10	28	30
145	2	954	952	130.00	12	0.2	262	127	248	249	706	710
148	3	342	339	66.00	12	0.2	89	36	71	72	271	273
152	0	1	1	0.58	7	0.1	1	0	0.37	1	1	6

#### 4.1.4 FASE 4: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS DATOS

Dada la política de inventarios propuesta se logro obtener el punto de reorden y la cantidad a ordenar cada mes, así como el inventario de seguridad de cada ítem, sin embargo se observo que algunos de los artículos presentan estacionalidad, por lo tanto dichos se propone que para estos artículos se haga un análisis para descartar las temporadas en las que presentan estacionalidad y repetir el proceso solo con los meses que no presenten dicha variabilidad.

Dentro del método se incluye el inventario de seguridad, sin embargo para el calculo del mismo no se utilizo la formula simple, si no que se le agrego la variable Z para que se pudiera lograr tener el nivel de servicio deseado por la compañía que se esta evaluando en este caso 95 %.

#### 4.1.5 FASE 5: CONCLUSIONES

Se analizaron 85 artículos resultantes de la evaluación de 337, utilizando una metodología de evaluación de los datos comenzando con el tratamiento y limpieza de los mismos, se procedió hacer el análisis con los expertos evaluando seis criterios que se mencionaron en la entrevista previa a la aplicación del método AHP, dando como resultado los porcentajes de peso de los mismo, sin embargo como no se conocía o no se contaba con la información para la futura propuesta de política de inventario se decidió excluir dos criterios y trabajar solo con cuatro de los mismo, dividiendo los porcentajes con una equivalencia llevándolo a uno para un manejo mas sencillo de los mismos.

Ya conociendo dichos criterios se procedió a la programación con el Método de K means combinándolo con el metodo ABC clasificación, para obtener los ítem

pertenecientes al grupo A, los cuales tienen son 20 % del peso del inventario pero el 80 % de los beneficios.

Una vez que se obtuvo esta clasificación se procedió a proponer una política de inventarios, sin embargo dado a que no se contaban con variables importantes para calcular el EOQ se tuvieron que descartar muchos métodos de políticas de inventario y seleccionar la que se ajustara. Por lo tanto se aconseja a la compañía que mantenga reportes de gastos, en cuanto al costo por mantenimiento de inventario, reportes de inventarios actualizados, costos de pedir y los costos anuales de compra. Por lo tanto se encontró el método de Máximos y Mínimos que nos permitió ajustar los datos con los que se contaba, dándonos como resultado el inventario que se debe mantener, cuanto se debe pedir de cada producto, con la integración de la fórmula para calcular el inventario de seguridad se permitió agregar el nivel de servicio que se quiere lograr, dándonos como resultado el cumplimiento del objetivo con esta política de inventario propuesta.

Por lo tanto se logra con el objetivo planteado en esta investigación, y se genera una propuesta para el control del inventario, utilizando herramientas de análisis relacionadas con tecnologías y programación que nos facilitan el proceso para el análisis.

## CAPÍTULO 5

# CONCLUSIONES

---

### 5.1 CONCLUSIONES GENERALES

En esta tesis se propuso un modelo de gestión de inventarios compuesto por cinco fases que van desde el análisis del inventario que una empresa maneja hasta la propuesta de una política para el mismo, con el objetivo de mejorar el nivel de servicio, el modelo propuesto se generó para que sé adaptable a todo tipo de empresas que busque la mejora del control del inventario.

El uso del modelo que se propuso cumplió en su aplicabilidad para mejorar el nivel de servicio, este fue aplicado a una PYME que se dedica a la distribución de abarrotes.

Conforme se desarrolló esta investigación se fue profundizando en temas como tipos de almacenes e inventarios, como se relacionan entre sí, diferentes políticas de inventarios que se manejan en las empresas, nivel de servicio y sus variables para el cálculo del mismo, su importancia y como influye dentro del control del inventario y como este afecta a la logística y por ende a la cadena de suministro. Se realizó un análisis de los diferentes objetivos que las empresas persiguen al querer elevar el nivel de servicio y así como una recolección de información acerca de diferentes herramientas de clasificación, control y técnicas de inteligencia artificial para la mejora

de la gestión del inventario.

La metodología se estructuró con base en el análisis de diferentes estructuras de autores estudiados, la cual se pensó para que esta sea de utilidad a la hora de realizar una evaluación del control de inventario de inicio a fin. Durante este paso se propuso la información a utilizar para la implementación de los métodos, para el método AHP se elaboró un análisis de los diferentes criterios utilizados en la literatura para su evaluación por los diferentes expertos del área de compras, almacén y contabilidad de la empresa, para categorizar y priorizarlos. Por consiguiente se utilizaron los resultados que se obtuvieron para el uso del algoritmo no supervisado k means para la clasificación del inventario utilizando múltiples criterios, para que este algoritmo cumpliera con la clasificación que se buscaba, la cual es la clasificación en tres partes ABC, se tomó dicho método para obtener así los artículos más importantes .<sup>A</sup> para finalmente proponer una política de inventario y con base en esta hacer un cálculo del nivel de servicio y ver si se logró o no el objetivo.

Como hallazgos relevantes en la aplicación de la metodología se tiene que, a la hora de utilizar la información recolectada para la clasificación multicriterio del inventario en este caso demanda, venta, lead time, perdida de producto por caducidad, y del cual se obtuvo perdidas de ventas en costos, porcentajes de disponibilidad, etc. Los datos se tienen que normalizar para que sean comparables unos con otros y así poderlos utilizarlos, por lo cual se hizo uso de una formula de transformación lineal. Con la cual una vez aplicada se hizo uso de los datos para clasificarlos con las ponderaciones que se obtuvieron con el AHP de las cuales se evaluaron las siguientes y se obtuvo el peso de las mismas los cuales fueron, para la disponibilidad 32 %, perdida de ventas 35 %, obsolescencia 9 % y para el lead time un 24 %. El resultado de esto se utilizó para la clasificación de 337 productos con el algoritmo de k means, en donde se observó que 185 productos pertenecen al grupo A. Una vez que los datos fueron analizados se determinó utilizar la política de inventario conocida como Método de Máximos y Mínimos dado a las características que presento el caso de estudio y la información con la que se contaba para la aplicación de la misma.

## 5.2 RECOMENDACIONES

En presente investigación se formuló un método de trabajo para el control de los inventarios para lograr elevar el nivel de servicio, sin embargo, con la finalidad de añadir nuevos aspectos o factores encontrados a la hora de la aplicación del modelo propuesto en algún otro caso de estudio, se proponen una serie de recomendaciones dado un análisis:

- Para la aplicación del método de AHP se recomienda tomar más criterios de evaluación, para su desarrollo.
- Tomar en cuenta los datos más actuales, de preferencia de dos años atrás para que se pueda realizar un mejor análisis del movimiento de los artículos en inventario de ser posible.
- Añadir al control de datos, los costos de mantenimiento, costos de pedidos, ya que estos son de utilidad para la mayoría de las políticas de inventario.
- El análisis puede añadir un estudio de la demanda basándose en diferentes métodos que existen.

## 5.3 LIMITACIONES

Las limitaciones que se presentaron en busca de elaborar un análisis de mayor profundidad para el desarrollo del modelo de esta investigación fue la poca información con la que la empresa de donde se elaboró el caso de estudio presentaba. También se observó que actualmente la incursión del algoritmo de K means dentro de la clasificación de inventarios es bastante baja aun presentando buenos resultados por lo cual los recursos de como aplicarlo son pocos.

## 5.4 CONTRIBUCIONES Y TRABAJO FUTURO

### 5.4.1 CONTRIBUCIONES

La contribución de esta tesis de investigación aporta un panorama general de la integración de diferentes industrias buscando elevar el nivel de servicio dentro de los almacenes con un mejor control de inventario:

1. Se identifican diversas industrias especializadas en busca del mismo objetivo pero con diferentes causas del problema, logrando que el panorama se amplíe y se obtenga la mejor solución.

2. Se comprobó que el uso de las diferentes métodos son de utilidad para problemas de clasificación multicriterio, descartando otro conjunto de métodos que se utilizan.

3. Proporciona un modelo de gestión de inventario de utilidad para todo tipo de empresas, basado en los diferentes estudios y metodologías ya aplicadas tomando lo mejor de cada una.

4. Se utilizó una herramienta de aprendizaje automático no supervisado que esta directamente relacionada con nuevas tecnologías 4.0.

### 5.4.2 TRABAJO FUTURO

Esta investigación puede abrirse hacia otras líneas de investigación como adaptaciones al modelo propuesto añadiendo el análisis e incertidumbre de la demanda que se pueda llegar a presentar, añadiendo algún sistema difuso para su evaluación. Utilizar mas indicadores para la evaluación del nivel de servicio así como mas criterios para la asignación de los pesos con el método AHP, para un diagnostico mas

amplio.

## APÉNDICE A

# APENDICE

---

### A.1 ENTREVISTA CON LOS EXPERTOS

Numero de Participantes: 5

¿Cuál es tu puesto actual en la empresa?

- Exp 1: Sr. en Contabilidad
- Exp 2: Jefe de Almacén
- Exp 3: Supervisor de Almacén
- Exp 4: Auxiliar de Compras
- Exp 5: Supervisor de Logística

¿ A que área de especialidad pertenece?

- Exp 1: Contabilidad
- Exp 2: Industrial
- Exp 3: Industrial

- Exp 4: Compras
- Exp 5: Logística

¿Con cuántos años laborales cuenta?

- Exp 1: 18 años
- Exp 2: 30 años
- Exp 3: 12 años
- Exp 4: 10 años
- Exp 5: 7 años

¿Que aspectos considera que son importantes a contemplar para la administración y control de inventarios?

- Exp 1: Costos de mantenimiento y perdida de venta.
- Exp 2: Mermas, perdida de ventas y disponibilidad.
- Exp 3: Tiempo de entrega de los proveedores, disponibilidad del producto, mermas y productos defectuosos.
- Exp 4: Disponibilidad del producto y el costo de mantener el inventario.
- Exp 5: Tiempo de entrega de los proveedores, planeación de la demanda, costo de perdida.

Conoces el método AHP y su proceso de aplicación?

- Exp 1,2,3,4,5: No

---

## A.2 JUICIO DE LOS EXPERTOS- MÉTODO AHP

TABLA A.1: Juicio de los expertos

Experto No 1						
	1	2	3	4	5	6
1	<b>1</b>	1	3	2	3	1
2	1	<b>1</b>	3	3	5	2
3	1/3	1/3	<b>1</b>	1	3	1/5
4	1/2	1/3	1	<b>1</b>	3	1
5	1/3	1/5	1/3	1/3	<b>1</b>	1/3
6	1	1/2	5	1	3	<b>1</b>

Experto No 2						
	1	2	3	4	5	6
1	<b>1</b>	1	5	1	2	1
2	1	<b>1</b>	5	1	5	2
3	1/5	1/5	<b>1</b>	1/5	1/3	1/7
4	1	1	5	<b>1</b>	5	3
5	1/2	1/5	3	1/5	<b>1</b>	1/4
6	1	1/2	7	1/3	4	<b>1</b>

Experto No 3						
	1	2	3	4	5	6
1	<b>1</b>	2	7	9	7	5
2	1/2	<b>1</b>	9	3	5	3
3	1/7	1/9	<b>1</b>	1	1/3	1
4	1/9	1/3	1	<b>1</b>	1	1/3
5	1/7	1/5	3	1	<b>1</b>	1/3
6	1/5	1/3	1	3	3	<b>1</b>

Experto No 4						
	1	2	3	4	5	6
1	<b>1</b>	1	5	3	5	1
2	1	<b>1</b>	7	2	6	1
3	1/5	1/7	<b>1</b>	1/5	1	1/7
4	1/3	1/2	5	<b>1</b>	5	1/3
5	1/5	1/6	1	1/5	<b>1</b>	1/7
6	1	1	7	3	7	<b>1</b>

Experto No5						
	1	2	3	4	5	6
1	<b>1</b>	1	3	1/3	1	1
2	1	<b>1</b>	5	1/3	1	1
3	1/3	1/5	<b>1</b>	1/3	1/3	1
4	3	3	3	<b>1</b>	3	2
5	1	1	3	1/3	<b>1</b>	1
6	1	1	1	1/2	1	<b>1</b>

### A.3 CRITERIOS NORMALIZADOS Y CLASIFICACIÓN K-MEANS/ MÉTODO ABC

TABLA A.2: Criterios Normalizados y Clasificación

ITEM	DIS (%)	VP (%)	ME (%)	LT (%)	PF (%)	K-Class
0	0.336	0.631	0.111	0.563	0.475	A
1	0.911	0.000	1.000	0.125	0.406	C
2	0.784	0.139	0.889	0.000	0.373	C
3	0.657	0.279	0.222	0.125	0.355	C
4	0.696	0.236	0.556	0.563	0.491	B
5	0.718	0.211	0.222	1.000	0.571	B
6	0.732	0.196	0.556	0.000	0.348	C
7	0.758	0.168	0.333	0.300	0.402	C
8	0.773	0.151	0.000	1.000	0.549	B
9	0.783	0.140	0.222	0.563	0.457	B
10	0.801	0.120	0.000	0.563	0.437	B
11	0.813	0.107	0.778	1.000	0.613	B
12	0.820	0.100	0.444	0.125	0.364	C
13	0.834	0.085	0.111	0.000	0.303	C
14	0.842	0.075	0.556	0.000	0.341	C
15	0.848	0.069	0.222	0.000	0.312	C
16	0.858	0.057	1.000	1.000	0.630	B
17	0.865	0.050	0.889	0.563	0.510	C
18	0.870	0.045	0.000	0.125	0.323	C
19	0.878	0.036	0.222	1.000	0.561	B
20	0.884	0.029	0.111	0.000	0.300	C
21	0.887	0.026	0.556	1.000	0.589	B

22	0.894	0.018	1.000	0.125	0.408	C
23	0.899	0.013	0.778	0.300	0.432	C
24	0.902	0.010	0.556	1.000	0.589	B
25	0.908	0.003	0.667	0.125	0.378	C
26	0.911	0.000	0.889	1.000	0.617	B
27	0.914	0.000	0.778	1.000	0.608	B
28	0.919	0.000	0.889	0.000	0.368	C
29	0.922	0.000	0.778	0.125	0.391	C
30	0.924	0.000	0.444	0.563	0.473	B
31	0.928	0.000	0.556	1.000	0.594	B
32	0.931	0.000	0.667	0.000	0.353	C
33	0.933	0.000	0.333	1.000	0.576	B
34	0.937	0.000	1.000	0.300	0.459	C
35	0.939	0.000	0.667	0.125	0.387	C
36	0.941	0.000	0.222	0.563	0.459	B
37	0.944	0.000	0.778	0.000	0.366	C
38	0.946	0.000	1.000	0.563	0.528	C
39	0.947	0.000	0.000	0.125	0.332	C
40	0.950	0.000	0.222	0.125	0.352	C
41	0.952	0.000	1.000	0.563	0.530	C
42	0.953	0.000	0.000	0.000	0.302	C
43	0.956	0.000	0.222	0.300	0.398	C
44	0.958	0.000	0.889	0.300	0.456	C
45	0.959	0.000	0.556	0.000	0.352	C
46	0.961	0.000	0.000	0.000	0.305	C
47	0.962	0.000	0.889	0.125	0.413	C
48	0.963	0.000	0.222	0.125	0.356	C
49	0.966	0.000	0.889	0.300	0.458	C

50	0.967	0.000	0.889	1.000	0.635	B
51	0.968	0.000	0.000	0.125	0.338	C
52	0.970	0.000	0.333	0.300	0.412	C
53	0.971	0.000	0.111	1.000	0.569	B
54	0.972	0.000	0.000	0.125	0.339	C
55	0.973	0.000	0.778	0.300	0.451	C
56	0.974	0.000	0.000	0.125	0.340	C
57	0.975	0.000	0.667	0.125	0.398	C
58	0.977	0.000	0.444	1.000	0.599	B
59	0.978	0.000	0.222	0.300	0.405	C
60	0.978	0.000	0.222	0.000	0.329	C
61	0.980	0.000	0.667	0.000	0.368	C
62	0.981	0.000	0.222	0.125	0.362	C
63	0.981	0.000	0.333	1.000	0.591	B
64	0.983	0.000	0.222	0.000	0.331	C
65	0.984	0.000	0.000	0.563	0.453	B
66	0.984	0.000	0.000	0.125	0.343	C
67	0.985	0.000	0.778	0.563	0.521	C
68	0.986	0.000	0.333	0.300	0.417	C
69	0.987	0.000	0.000	0.563	0.454	B
70	0.988	0.000	0.000	0.000	0.313	C
71	0.988	0.000	0.778	0.000	0.381	C
72	0.990	0.000	0.000	1.000	0.565	B
73	0.991	0.000	0.556	0.000	0.362	C
74	0.991	0.000	0.889	0.300	0.466	C
75	0.992	0.000	0.000	0.000	0.315	C
76	0.993	0.000	0.667	0.125	0.404	C
77	0.993	0.000	0.333	0.125	0.375	C

78	0.994	0.000	0.444	0.000	0.354	C
79	0.995	0.000	1.000	0.125	0.433	C
80	0.995	0.000	0.667	0.300	0.448	C
81	0.996	0.000	0.778	0.000	0.383	C
82	0.996	0.000	0.889	0.300	0.468	C
83	0.997	0.000	0.111	0.000	0.326	C
84	0.998	0.000	0.111	0.300	0.401	C
85	0.998	0.000	0.333	1.000	0.597	B
86	0.998	0.000	0.667	0.000	0.374	C
87	0.999	0.000	0.000	0.300	0.392	C
88	1.000	0.000	1.000	0.563	0.545	C
89	1.000	0.000	0.222	1.000	0.588	B
90	0.741	0.186	0.111	0.125	0.340	C
91	0.905	0.006	0.556	0.300	0.412	C
92	0.846	0.071	0.000	1.000	0.544	B
93	0.781	0.142	0.222	1.000	0.567	B
94	0.831	0.088	0.000	0.000	0.294	C
95	0.828	0.090	0.667	0.300	0.427	C
96	0.686	0.246	0.778	0.563	0.511	B
97	0.738	0.190	0.667	0.125	0.388	C
98	0.565	0.380	0.667	1.000	0.619	B
99	0.823	0.096	0.333	0.125	0.354	C
100	0.833	0.086	0.889	0.000	0.370	C
101	0.807	0.114	0.111	0.300	0.380	C
102	0.911	0.000	0.889	0.300	0.441	C
103	0.911	0.000	0.556	0.563	0.478	B
104	0.496	0.456	0.333	0.000	0.343	A
105	0.651	0.285	0.111	1.000	0.566	B

106	0.522	0.427	0.444	0.300	0.427	A
107	0.781	0.142	0.556	0.300	0.420	C
108	0.911	0.000	0.444	0.563	0.468	B
109	0.911	0.000	0.889	0.563	0.507	C
110	0.911	0.000	0.333	0.300	0.393	C
111	0.911	0.000	0.000	0.300	0.364	C
112	0.878	0.035	0.000	0.300	0.366	C
113	0.543	0.403	0.222	0.125	0.362	A
114	0.483	0.470	0.000	0.000	0.315	A
115	0.761	0.164	0.556	0.000	0.346	C
116	0.713	0.217	0.222	1.000	0.571	B
117	0.642	0.295	0.444	1.000	0.595	B
118	0.540	0.407	0.111	1.000	0.573	B
119	0.799	0.122	0.111	0.563	0.447	B
120	0.772	0.153	0.111	0.300	0.382	C
121	0.609	0.331	0.333	0.563	0.478	B
122	0.781	0.142	0.333	0.125	0.357	C
123	0.523	0.426	0.111	0.300	0.398	A
124	0.807	0.114	0.222	0.563	0.456	B
125	0.081	0.911	0.889	0.000	0.417	A
126	0.313	0.656	0.000	0.300	0.401	A
127	0.911	0.000	0.111	0.300	0.374	C
128	0.801	0.120	0.444	0.300	0.409	C
129	0.851	0.066	0.778	0.125	0.391	C
130	0.320	0.649	0.556	0.563	0.515	A
131	0.000	1.000	0.333	0.125	0.405	A
132	0.504	0.447	0.333	0.563	0.484	A
133	0.911	0.000	0.778	0.125	0.387	C

134	0.812	0.108	0.333	0.000	0.324	C
135	0.751	0.175	0.556	0.563	0.488	B
136	0.756	0.169	0.667	0.000	0.356	C
137	0.762	0.163	0.667	0.300	0.431	C
138	0.636	0.301	1.000	1.000	0.643	B
139	0.743	0.184	0.000	0.000	0.299	C
140	0.584	0.358	1.000	0.563	0.537	B
141	0.291	0.680	0.222	0.300	0.422	A
142	0.552	0.393	0.333	0.000	0.340	A
143	0.911	0.000	0.111	0.300	0.374	C
144	0.778	0.146	0.000	0.563	0.438	B
145	0.219	0.759	0.778	0.000	0.399	A
146	0.755	0.171	0.889	0.300	0.451	C
147	0.659	0.276	0.333	0.000	0.333	C
148	0.517	0.432	0.556	0.300	0.437	A
149	0.759	0.167	0.667	0.563	0.497	B
150	0.614	0.325	0.778	0.300	0.450	C
151	0.746	0.181	0.111	0.125	0.340	C
152	0.496	0.456	0.111	0.563	0.465	A
153	0.738	0.190	0.667	0.000	0.357	C
154	0.712	0.219	0.222	0.300	0.396	C
155	0.646	0.290	0.111	0.300	0.390	C
156	0.710	0.220	0.889	0.000	0.378	C
157	0.354	0.612	0.111	0.300	0.408	A
158	0.804	0.117	0.444	0.563	0.475	B
159	0.632	0.306	0.333	0.300	0.410	C
160	0.762	0.163	1.000	0.125	0.416	C
161	0.657	0.279	1.000	0.125	0.422	C

162	0.239	0.738	0.778	0.563	0.539	A
163	0.102	0.888	0.778	0.300	0.482	A
164	0.626	0.313	0.667	0.300	0.439	C
165	0.701	0.230	0.556	0.000	0.350	C
166	0.841	0.076	1.000	0.563	0.521	C
167	0.789	0.134	0.778	0.000	0.363	C
168	0.842	0.076	0.000	0.000	0.293	C
169	0.839	0.078	0.556	0.000	0.341	C
170	0.444	0.512	0.778	1.000	0.636	B
171	0.318	0.651	0.111	1.000	0.586	B
172	0.538	0.409	0.556	0.000	0.360	A
173	0.504	0.446	0.000	1.000	0.565	B
174	0.510	0.440	0.222	0.563	0.474	A
175	0.081	0.911	0.111	1.000	0.601	A
176	0.478	0.475	0.444	0.000	0.354	A
177	0.911	0.000	1.000	1.000	0.626	B
178	0.218	0.760	0.333	1.000	0.612	A
179	0.392	0.569	0.333	0.563	0.491	A
180	0.911	0.000	0.111	0.300	0.374	C
181	0.363	0.601	0.889	0.000	0.399	A
182	0.228	0.749	0.333	0.000	0.360	A
183	0.911	0.000	0.778	0.125	0.387	C
184	0.081	0.911	0.222	0.300	0.435	A
185	0.352	0.613	0.778	0.563	0.532	A
186	0.660	0.275	1.000	1.000	0.642	B
187	0.572	0.372	0.889	0.300	0.462	C
188	0.560	0.385	1.000	0.125	0.428	C
189	0.455	0.501	0.556	0.300	0.440	A

190	0.725	0.204	0.333	1.000	0.580	B
191	0.292	0.680	0.444	0.300	0.441	A
192	0.625	0.313	0.222	0.300	0.401	C
193	0.470	0.484	0.000	0.563	0.457	A
194	0.613	0.327	0.111	0.300	0.392	A
195	0.444	0.513	0.222	0.563	0.478	A
196	0.219	0.759	0.333	0.125	0.392	A
197	0.386	0.576	0.778	0.000	0.388	A
198	0.602	0.339	0.556	0.125	0.387	C
199	0.559	0.386	0.111	0.125	0.352	A
200	0.635	0.303	0.111	1.000	0.567	B
201	0.367	0.597	0.556	0.300	0.446	A
202	0.679	0.254	0.000	0.300	0.378	C
203	0.752	0.175	0.333	1.000	0.579	B
204	0.911	0.000	1.000	0.563	0.516	C
205	0.658	0.277	0.667	0.563	0.503	B
206	0.911	0.000	0.889	1.000	0.617	B
207	0.334	0.633	0.889	0.563	0.543	A
208	0.911	0.000	0.111	0.000	0.298	C
209	0.673	0.261	0.444	1.000	0.593	B
210	0.615	0.325	0.556	0.000	0.355	C
211	0.911	0.000	1.000	0.300	0.450	C
212	0.889	0.024	1.000	0.563	0.518	C
213	0.762	0.163	0.000	0.125	0.329	C
214	0.687	0.245	0.556	0.300	0.426	C
215	0.797	0.124	0.889	0.000	0.373	C
216	0.504	0.446	0.889	0.000	0.391	A
217	0.793	0.129	0.667	0.563	0.495	B

218	0.081	0.911	0.556	0.000	0.388	A
219	0.911	0.000	0.111	0.000	0.298	C
220	0.911	0.000	0.778	0.300	0.431	C
221	0.911	0.000	1.000	0.300	0.450	C
222	0.392	0.569	0.222	0.000	0.340	A
223	0.057	0.938	1.000	1.000	0.679	A
224	0.911	0.000	0.778	0.563	0.497	C
225	0.911	0.000	0.111	1.000	0.550	B
226	0.911	0.000	0.778	0.000	0.356	C
227	0.466	0.488	0.444	0.300	0.430	A
228	0.911	0.000	0.889	0.125	0.397	C
229	0.911	0.000	0.667	0.300	0.422	C
230	0.496	0.456	1.000	0.563	0.542	A
231	0.565	0.380	0.778	0.563	0.519	B
232	0.219	0.759	0.889	0.300	0.484	A
233	0.911	0.000	0.667	0.125	0.378	C
234	0.496	0.456	0.000	0.563	0.456	A
235	0.911	0.000	0.778	1.000	0.607	B
236	0.911	0.000	0.222	0.125	0.339	C
237	0.392	0.569	0.222	0.125	0.371	A
238	0.911	0.000	0.222	1.000	0.559	B
239	0.392	0.569	0.000	0.300	0.396	A
240	0.703	0.228	0.667	0.300	0.435	C
241	0.680	0.253	0.000	0.300	0.378	C
242	0.704	0.227	0.000	0.125	0.333	C
243	0.893	0.020	1.000	0.300	0.452	C
244	0.743	0.184	1.000	0.125	0.417	C
245	0.838	0.080	1.000	1.000	0.631	B

246	0.334	0.633	0.778	0.300	0.467	A
247	0.516	0.433	0.889	0.563	0.531	A
248	0.703	0.228	0.667	0.000	0.359	C
249	0.725	0.204	0.111	1.000	0.561	B
250	0.730	0.199	0.667	1.000	0.609	B
251	0.793	0.129	0.000	0.300	0.371	C
252	0.756	0.169	0.000	0.300	0.374	C
253	0.911	0.000	0.111	0.563	0.440	B
254	0.332	0.636	0.333	0.563	0.495	A
255	0.234	0.743	0.444	0.300	0.444	A
256	0.699	0.233	0.333	0.125	0.362	C
257	0.051	0.944	0.444	0.563	0.522	A
258	0.425	0.534	0.111	1.000	0.580	B
259	0.669	0.266	1.000	0.125	0.422	C
260	0.388	0.574	0.111	0.125	0.362	A
261	0.876	0.038	0.556	0.000	0.339	C
262	0.437	0.520	0.444	0.125	0.388	A
263	0.429	0.528	0.556	1.000	0.618	B
264	0.414	0.545	1.000	0.000	0.406	A
265	0.622	0.317	0.000	0.000	0.307	C
266	0.199	0.781	0.000	0.000	0.333	A
267	0.255	0.720	1.000	0.563	0.557	A
268	0.025	0.973	0.111	0.125	0.385	A
269	0.265	0.709	0.556	0.125	0.408	A
270	0.127	0.860	0.333	1.000	0.617	A
271	0.194	0.786	0.778	0.563	0.542	A
272	0.911	0.000	0.889	0.300	0.441	C
273	0.591	0.350	0.222	1.000	0.579	B

---

274	0.739	0.189	1.000	0.300	0.461	C
275	0.522	0.427	0.111	0.300	0.398	A
276	0.498	0.453	0.778	0.125	0.413	A
277	0.470	0.483	0.889	0.300	0.468	A
278	0.479	0.474	0.333	0.563	0.486	A
279	0.299	0.672	0.556	1.000	0.626	B
280	0.157	0.827	0.556	0.125	0.415	A
281	0.522	0.427	1.000	1.000	0.651	B
282	0.806	0.115	0.889	0.125	0.403	C
283	0.122	0.866	0.556	0.000	0.386	A
284	0.213	0.767	0.556	0.000	0.380	A
285	0.606	0.335	1.000	0.300	0.469	C
286	0.727	0.201	0.111	0.563	0.451	B
287	0.327	0.641	0.222	1.000	0.595	B
288	0.664	0.271	0.556	0.125	0.383	C
289	0.828	0.090	0.000	0.125	0.325	C
290	0.194	0.787	0.000	0.000	0.333	A
291	0.505	0.446	0.111	0.125	0.355	A
292	0.583	0.359	1.000	0.000	0.395	C
293	0.548	0.398	1.000	0.300	0.473	A
294	0.647	0.290	0.111	0.563	0.456	B
295	0.493	0.458	0.111	0.125	0.356	A
296	0.490	0.462	0.333	0.563	0.485	A
297	0.734	0.194	0.111	0.300	0.385	C
298	0.551	0.395	1.000	0.563	0.539	B
299	0.511	0.439	0.556	1.000	0.613	B
300	0.414	0.545	0.000	0.563	0.461	A
301	0.506	0.444	0.111	0.300	0.399	A

---

302	0.442	0.515	0.556	0.125	0.397	A
303	0.486	0.467	0.000	0.300	0.390	A
304	0.911	0.000	0.444	0.300	0.402	C
305	0.536	0.412	1.000	0.000	0.398	C
306	0.625	0.314	1.000	1.000	0.644	B
307	0.776	0.147	0.667	0.563	0.496	B
308	0.760	0.165	0.444	0.000	0.336	C
309	0.081	0.911	0.667	0.300	0.473	A
310	0.115	0.873	0.333	0.563	0.508	A
311	0.816	0.104	1.000	1.000	0.632	B
312	0.715	0.215	0.111	1.000	0.562	B
313	0.299	0.672	0.222	0.000	0.346	A
314	0.911	0.000	0.667	1.000	0.598	B
315	0.687	0.245	1.000	0.125	0.420	C
316	0.911	0.000	0.556	0.300	0.412	C
317	0.664	0.270	0.111	0.300	0.389	C
318	0.851	0.066	0.111	1.000	0.553	B
319	0.911	0.000	1.000	0.300	0.450	C
320	0.715	0.214	0.778	0.125	0.399	C
321	0.701	0.230	0.444	0.563	0.481	B
322	0.911	0.000	0.111	0.300	0.374	C
323	0.662	0.274	1.000	0.563	0.532	B
324	0.751	0.175	0.889	0.000	0.375	C
325	0.249	0.727	0.333	0.300	0.434	A
326	0.690	0.243	0.889	0.563	0.521	B
327	0.694	0.238	0.000	0.125	0.334	C
328	0.546	0.401	0.556	0.563	0.501	A
329	0.565	0.380	0.444	0.000	0.349	C

---

330	0.722	0.207	0.556	1.000	0.600	B
331	0.911	0.000	0.111	0.125	0.330	C
332	0.548	0.399	0.889	1.000	0.639	B
333	0.164	0.820	0.333	1.000	0.615	A
334	0.599	0.342	0.333	1.000	0.588	B
335	0.732	0.196	0.778	1.000	0.618	B
336	0.789	0.134	0.000	0.000	0.296	C

## A.4 TABLA DE RESULTADOS DE MÉTODO DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS

TABLA A.3: Aplicación del Método de Máximos y Míni-

mos

No	Min	Max	R	$\bar{x}$	F	LT M	$\sigma$	$\sigma$ LT	SS	PR	Nec. P Max	Q
0	1	35	34	11.17	12	0.1	10	4	7	8	28	30
104	1	2	1	1.08	12	0.2	0	0	0.27	1	2	6
106	0	1	1	0.92	11	0.2	0	0	0.23	1	1	7
113	60	456	396	184.83	12	0.2	120	54	105	105	351	355
114	1	3	2	1.33	12	0.2	1	0	1	1	2	6
123	0	7	7	2.58	10	0.2	2	1	2	2	5	8
125	1	2	1	1.08	12	0.2	0	0	0.27	1	2	3
126	2	5	3	3.58	12	0.2	1	0	1	1	4	6
130	0	60	60	7.83	2	0.1	19	7	14	14	46	48
131	2	10	8	4.42	12	0.2	3	1	2	3	8	8
132	3	130	127	22.08	12	0.1	35	13	25	25	105	108
141	1	42	41	7.25	12	0.2	11	5	9	9	33	36
142	1	37	36	6.00	12	0.2	10	5	9	10	28	30
145	2	954	952	130.00	12	0.2	262	127	248	249	706	710
148	3	342	339	66.00	12	0.2	89	36	71	72	271	273
152	0	1	1	0.58	7	0.1	1	0	0.37	1	1	6
157	0	1	1	0.08	1	0.2	0	0	0.23	1	1	1
162	0	1	1	0.08	1	0.1	0	0	0.21	1	1	1
163	0	2	2	0.17	1	0.2	1	0	0.46	1	2	9
172	1	12	11	4.25	12	0.2	3	1	3	3	9	10

174	1	22	21	6.17	12	0.1	5	2	4	4	18	20
175	1	4	3	1.67	12	0.1	1	0	1	1	3	9
176	1	10	9	2.58	12	0.2	2	1	2	3	8	9
178	1	14	13	3.58	12	0.1	3	1	2	3	12	18
179	0	3	3	0.25	1	0.1	1	0	1	1	2	5
181	1	39	38	7.83	12	0.2	10	5	10	10	29	32
182	1	18	17	4.08	12	0.2	5	2	4	5	14	16
184	0	2	2	0.58	6	0.2	1	0	1	1	1	8
185	1	53	52	8.42	12	0.1	14	5	10	11	43	44
189	261	9389	9128	1423.00	12	0.2	2534	1034	2027	2028	7362	7364
191	2	318	316	67.17	12	0.2	81	33	65	65	253	258
193	1	87	86	12.25	12	0.1	24	9	17	18	70	72
194	2	59	57	10.17	12	0.2	16	6	13	13	46	48
195	1	47	46	6.50	12	0.1	13	5	9	10	38	40
196	0	2	2	0.33	2	0.2	1	0	1	1	1	9
197	3	411	408	60.08	12	0.2	111	54	105	106	306	310
199	1	191	190	36.50	12	0.2	49	22	43	44	148	150
201	1	23	22	4.58	12	0.2	6	2	5	5	18	21
207	6	1301	1295	232.83	12	0.1	344	126	246	247	1055	1056
216	1	44	43	6.92	12	0.2	12	6	11	12	33	36
218	0	7	7	0.58	1	0.2	2	1	2	2	5	6
222	0	3	3	0.25	1	0.2	1	0	1	1	2	4
223	1	5	4	1.83	12	0.1	1	0	1	1	4	9
227	0	1	1	0.75	9	0.2	0	0	0.36	1	1	3
230	0	3	3	0.58	5	0.1	1	0	1	1	2	4
232	0	4	4	0.33	1	0.2	1	0	1	1	3	5
234	0	1	1	0.58	7	0.1	1	0	0.37	1	1	5
237	0	4	4	0.33	1	0.2	1	1	1	2	3	9

239	0	4	4	0.33	1	0.2	1	0	1	1	3	4
246	1	1	0	1.00	12	0.2	0	0	0	0	1	5
247	1	9	8	3.17	12	0.1	2	1	2	2	7	8
254	1	27	26	4.67	12	0.1	7	3	5	6	22	30
255	1	9	8	2.50	12	0.2	2	1	2	2	7	9
257	13	222	209	39.33	12	0.1	58	21	42	42	180	189
260	1	92	91	12.50	12	0.2	25	11	22	23	70	70
262	18	490	472	82.75	12	0.2	130	58	114	115	376	378
264	3	194	191	35.33	12	0.2	51	24	48	49	146	147
266	1	305	304	45.17	12	0.2	83	40	78	79	227	231
267	1	25	24	5.33	12	0.1	6	2	5	5	20	30
268	13	1005	992	154.75	12	0.2	272	121	238	239	767	768
269	3	71	68	13.75	12	0.2	18	8	16	17	55	60
270	22	775	753	127.50	12	0.1	206	65	127	128	648	651
271	77	4019	3942	579.75	12	0.1	1090	398	780	780	3239	3240
275	0	1	1	0.83	10	0.2	0	0	0.31	1	1	4
276	1	43	42	6.83	12	0.2	12	5	10	11	33	35
277	1	86	85	13.58	12	0.2	23	9	18	19	68	70
278	2	276	274	44.50	12	0.1	74	27	53	54	223	224
280	1	39	38	7.92	12	0.2	10	4	9	9	30	32
283	1	8	7	2.75	12	0.2	2	1	2	2	6	10
284	1	26	25	5.67	12	0.2	7	3	6	7	20	20
290	4	87	83	16.50	12	0.2	23	11	21	22	66	70
291	2	148	146	19.42	12	0.2	41	18	36	36	112	119
293	1	147	146	29.25	12	0.2	39	16	31	31	116	119
295	1	24	23	5.00	12	0.2	6	3	5	6	19	24
296	1	5	4	2.42	12	0.1	1	0	1	1	4	6
300	2	81	79	12.50	12	0.1	22	8	16	16	65	66

---

301	2	72	70	14.75	12	0.2	18	8	15	15	57	60
302	1	53	52	9.75	12	0.2	14	6	12	13	41	42
303	1	118	117	19.42	12	0.2	32	13	25	26	93	96
309	0	2	2	0.58	6	0.2	1	0	1	1	1	10
310	1	8	7	2.75	12	0.1	2	1	1	2	7	10
313	3	32	29	8.42	12	0.2	8	4	7	8	25	30
325	1	29	28	6.25	12	0.2	8	3	6	7	23	24
328	1	28	27	5.83	12	0.1	7	3	5	6	23	27
333	1	16	15	2.75	12	0.1	4	1	3	3	13	18

# BIBLIOGRAFÍA

---

- A. MAHAMANI, K. P. R. y V. PANDURANGADU (2010), «The development of a simulation-based approach to optimise the inventory policy in a single-echelon supply chain: a case study», *Int. J. Data Anal. Tech. Strateg.*, (1), pág. 172.
- A. SALAM, F., PANAHIFAR, P. J. y BYRNE (2016), «Retail supply chain service levels: the role of inventory storage», *J. Enterp. Inf. Manag.*, (29), págs. 887–902.
- ABD KARIM, N., A. NAWAWI y A. S. A. P. SALIN (2018), «Inventory control weaknesses—a case study of lubricant manufacturing company», *Journal of Financial Crime*.
- ALI, U., B. SALAH, K. NAEEM, A. S. KHAN, R. KHAN, C. I. PRUNCU, M. ABAS y S. KHAN (2020), «Improved mro inventory management system in oil and gas company: Increased service level and reduced average inventory investment», *Sustainability*, **12**(19), pág. 8027.
- ANAYA, J. J. T. (2008), *Almacenes, análisis, diseño y organización*, ESIC Editorial. España,.
- BALLOU, R. H. (2004), *Logística Administración de la Cadena de Suministro*, quinta edición, Pearson Educación.
- BISWAS, S., C. KARMAKER, A. ISLAM, N. HOSSAIN y S. AHMED (2017), «Analysis of different inventory control techniques: A case study in a retail shop», *Journal of Supply Chain Management Systems*, **6**(3), pág. 35.

- CALZADO-GIRÓN, D. (2020), «La gestión logística de almacenes en el desarrollo de los operadores logísticos», *Ciencias Holguín*, **26**(1), págs. 59–73.
- CATAGORA, F. (2011), *Sistema y procedimientos Contables*, Editorial Mc Graw – Hill –Venezuela.
- CONSTANTIN RADASANU, A. (2016), «Inventory Management, Service Level, and Safety Stock», *Journal of Public Administration, Finance and Law*.
- CORREA ESPINAL, A. A., R. A. GÓMEZ MONTOYA y J. A. CANO ARENAS (2010), «Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC)», *Estudios Gerenciales*, URL <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21218551008>.
- ELIZALDE-MARÍN, L. (2018), «Gestión de almacenes para el fortalecimiento de la administración de inventarios», *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, (noviembre).
- ESCUADERO SERRANO, M. J. (2019), *Logística de almacenamiento 2*, Ediciones paraninfo, SA.
- ESMAEILI, M., M. NAGHAVI y A. GHANGHAEI (2018), «Optimal (R, Q) policy and pricing for two-echelon supply chain with lead time and retailer’s service-level incomplete information», *Journal of Industrial Engineering International*, **14**(1), págs. 43–53.
- FELIPE VALDÉS, P. y Y. R. GUERRA VALVERDE (2014), *Modelos y Sistemas de Inventarios: ejercicios resueltos*.
- FLAMARIQUE, S. (2018), *Gestión de existencias en el almacén*, Biblioteca de logística, ICG Marge, SL.
- FORERO FORERO, M. A. et al. (2020), *Diseño e implementación de un motor de ludificación de alto nivel como servicio con Blockchain para aumentar la lealtad de los clientes en empresas en etapa inicial*, B.S. thesis, Uniandes.

- GAITÁN PACHÓN, D. F., N. BARRIOS HERRERA, J. PRADA SERRANO y J. D. CARVAJAL HERNANDEZ (2019), «Propuesta asignación de posiciones y diseño de picking para la compañía Moldo», .
- GIRALDO TANGARIFE, C., G. JALLER CUETER *et al.* (2011), *Mejoramiento del nivel de servicio del Almacén General de Cervecería Unión SA*, B.S. thesis, Universidad EAFIT.
- GOEPEL, K. D. (2013), «Implementing the analytic hierarchy process as a standard method for multi-criteria decision making in corporate enterprises—a new AHP excel template with multiple inputs», en *Proceedings of the international symposium on the analytic hierarchy process*, tomo 2, Creative Decisions Foundation Kuala Lumpur Kuala Lumpur, Malaysia, págs. 1–10.
- GURUMURTHY, A., V. K. NAIR y S. VINODH (2020), «Application of a hybrid selective inventory control technique in a hospital: a precursor for inventory reduction through lean thinking», *The TQM Journal*.
- GUTIERREZ CHONG, O. E. y E. V. LLANOS TARAZONA (2018), «Plan estratégico de Incas Jewelry SAC periodo 2019–2022», *Informe técnico*, Universidad San Ignacio de Loyola.
- HOPPE, M. (2009), «Inventory optimization with SAP», *Galileo Press*, págs. 335–404.
- ISLAM, S., A. PULUNGAN y A. ROCHIM (2019), «Inventory management efficiency analysis: A case study of an SME company», en *Journal of Physics: Conference Series*, tomo 1402, IOP Publishing, pág. 022040.
- LASPRILLA, S. A., W. A. RUEDA, L. FIGUEROA y D. H. R. RODRÍGUEZ (2015), «Parametrización y evaluación de Política de Inventario (s, Q) en Hospitales: Un caso de estudio en la ciudad de Barranquilla», *Prospectiva*, **13**(1), págs. 99–105.
- LEWCZUK, K., M. KLÓDAWSKI y I. JACYNA-GÓLDA (2018), «Selected Aspects of

- Warehouse Process Control and the Quality of Warehouse Services», en *International Conference on Transport Systems Telematics*, Springer, págs. 445–459.
- LÓPEZ, A. (2018), «funciones principales del departamento de logística», *Recuperado de <https://www.esic.edu/rethink/2018/07/31/5-funciones-principalesdepartamento-logistica>*.
- MALDONADO, L. (2021), «Plan de Mejoramiento para el proceso de los inventarios en la Microempresa Dámaso Maldonado de Girón», .
- MARIN, J. A. A., J. A. G. GARCIA y O. D. C. GÓMEZ (2013), «Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC», *Scientia et Technica*, **18**(4), págs. 743–747.
- MILLSTEIN, M. A., L. YANG y H. LI (2014), «Optimizing ABC inventory grouping decisions», *International Journal of Production Economics*, **148**, págs. 71–80.
- PATIÑO JAIMES, I. A. y C. A. CASTRILLON MORA (2021), *Propuesta de un Sistema de Control de Inventarios en la Empresa Herramientas y Seguridad SA*, Tesis de Maestría, Maestría Administración-MBA.
- PLINERE, D. y A. BORISOV (2015), «Case study on inventory management improvement», *Information Technology and Management Science*, **18**(1), págs. 91–96.
- RAMOS, E., T. J. PETTIT, M. FLANIGAN, L. ROMERO y K. HUAYTA (2020), «Inventory management model based on lean supply chain to increase the service level in a distributor of automotive sector», *Int. J. Supply Chain Manag*, **9**(2), págs. 113–131.
- RIOJA LEVANO, M. R. (2020), «Propuesta para incrementar el nivel de servicio interno en el proceso de abastecimiento mediante el diseño de un sistema de control de inventarios y de la gestión de relación con los proveedores en una empresa del sector minero», .

- RODRIGUEZ, A. M. P., V. L. C. PANTOJA y J. C. OSORIO (2019), «Sistema de control de Inventarios multicriterio difuso para repuestos», *Scientia et Technica*, **24**(4), págs. 595–603.
- S. CHOPRA, P. M. (2013), *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, PEARSON.
- SAATY, R. W. (1987), «The analytic hierarchy process—what it is and how it is used», *Mathematical modelling*, **9**(3-5), págs. 161–176.
- SALAM, A., F. PANAHIFAR y P. J. BYRNE (2016), «Retail supply chain service levels: the role of inventory storage», *Journal of Enterprise Information Management*.
- SAMPER PADILLA, J. A., H. LOPEZ MORALES y C. HERNANDEZ CABRERA (2011), *Unidad 2 Producción y Compresión de Textos. Libro de ejercicios*.
- SAMPIERI, R. (2014), «Metodología de la Investigación. 6ta Edición MrGraw-Hill», *Recuperado de: [http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-lainvestigacion-sexta-edicion\\_compressed.pdf](http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-lainvestigacion-sexta-edicion_compressed.pdf)*.
- SÁNCHEZ CHÁVEZ, C. M. (2020), «Debilidades en el control interno del almacén y su incidencia en la rentabilidad: una revisión de la literatura científica», .
- SINGHA, K., J. BUDDHAKULSOMSIRI y P. PARTHANADEE (2017), «Mathematical model of inventory policy under limited storage space for continuous and periodic review policies with backlog and lost sales», *Mathematical Problems in Engineering*, **2017**.
- TAKEDA-BERGER, S. L., G. L. TORTORELLA, C. M. T. RODRIGUEZ, E. M. FRAZZON, T. T. YOKOYAMA y M. A. DE OLIVEIRA (2021), «Analysis of the relationship between barriers and practices in the lean supply chain management», *International Journal of Lean Six Sigma*.

- TECHOPEDIA (2019), «K-Means Clustering», URL <https://www.techopedia.com/definition/32057/k-means-clustering>.
- TEUNTER, R. H., M. Z. BABAI y A. A. SYNTETOS (2010), «ABC classification: service levels and inventory costs», *Production and Operations Management*, **19**(3), págs. 343–352.
- UDDIN, M. J., S. I. UKIL, A. R. KHAN y M. S. UDDIN (2021), «An Inventory Model of Production with Level Dependent Demand Allowing Few Defective Items», *American Journal of Operations Research*, **11**(1), págs. 1–14.
- WALLER, M. A. (2017), *Administración de inventarios*, Pearson Educación.
- YIĞIT, F. y Ş. ESNAF (2021), «A new Fuzzy C-Means and AHP-based three-phased approach for multiple criteria ABC inventory classification», *Journal of Intelligent Manufacturing*, **32**(6), págs. 1517–1528.
- ZARE, A. G., H. ABOUEE-MEHRIZI y O. BERMAN (2017), «Exact analysis of the (R,Q) inventory policy in a two-echelon production–inventory system», *Operations Research Letters*, **45**(4), págs. 308–314.

# RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

---

Karla Iridian Gallardo Hernandez

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:

CONTROL DE INVENTARIOS COMO PARTE DE LA GESTIÓN DE  
ALMACENES

Nacida el 23 de noviembre de 1995, en la ciudad de Madero, Tamaulipas. Graduada de Ingeniera Industrial en el 2018, del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Mi desarrollo profesional ha sido mayormente en empresas de logística dentro de almacenes durante ya 5 años.