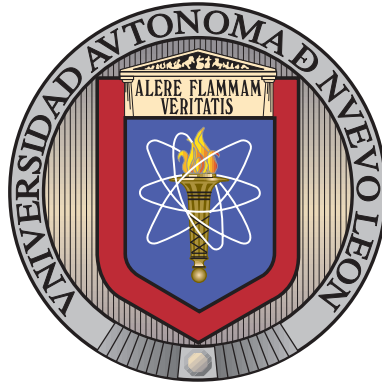


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE
INVENTARIO Y SU EFECTO EN EL DESEMPEÑO
DE LA CADENA DE SUMINISTRO

POR

JORGE ALBERTO HERNÁNDEZ FÉLIX

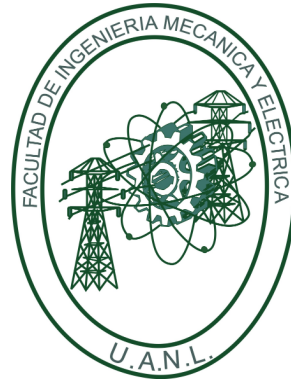
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

MAYO 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE
INVENTARIO Y SU EFECTO EN EL DESEMPEÑO
DE LA CADENA DE SUMINISTRO

POR

JORGE ALBERTO HERNÁNDEZ FÉLIX

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

MAYO 2023

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

Los miembros del Comité de Evaluación de Tesis recomendamos que la Tesis “Selección y evaluación de políticas de inventario y su efecto en el desempeño de la cadena de suministro”, realizada por el estudiante Jorge Alberto Hernández Félix, con número de matrícula 2085409, 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

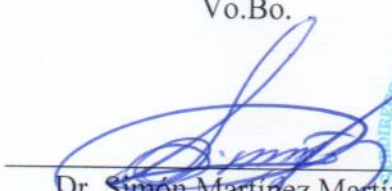
Dr. Tomás Eloy Salais Fierro
Director

Dr. Giovanni Lizárraga Lizárraga
Revisor

MLyCS Blanca Idalia Pérez Pérez
Revisor

MA Manuel Farías Martínez
Revisor

Vo.Bo.


Dr. Simón Martínez Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado



Institución 190001

Programa 642597

Acta Núm. 4248

Ciudad Universitaria, a 25 de septiembre del 2023.

A mi madre, a quien le agradezco por todo el apoyo que me ha dado siempre, por su esfuerzo y dedicación por ser la mejor madre.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	XII
Resumen	XIII
1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	2
1.1.1. Caso de estudio en una empresa de manufactura	4
1.2. Objetivo	4
1.3. Hipótesis	5
1.4. Justificación	5
1.5. Metodología	6
1.6. Estructura de la tesis	6
1.7. Conclusión del capítulo	7
2. Antecedentes	8
2.1. Inventarios en la cadena de suministro	8
2.1.1. Tipos de inventarios	9

2.1.2. Casos de éxito	10
2.2. Clasificación de los inventarios	11
2.3. Análisis de decisión multicriterio	13
2.3.1. Métodos de toma de decisión de múltiples atributos (MADM)	14
2.4. Políticas para el control de inventarios	17
2.4.1. Política de revisión continua	17
2.4.2. Política de revisión periódica	18
2.4.3. Métodos de control de inventarios	18
2.4.4. Selección del mejor método de control de inventarios	21
2.5. Revisión de los distintos métodos de control de inventarios	22
2.6. Inventarios de Seguridad	22
2.6.1. Inventarios de seguridad y su relación con el nivel de servicio .	24
2.6.2. Distribución normal	25
2.6.3. Pruebas de normalidad	26
2.7. Evaluación del desempeño de los inventarios en la cadena de suministro	26
2.7.1. Indicadores para la gestión de inventarios	27
2.8. Conclusión del capítulo	29
3. Metodología	30
3.1. Primera fase: Diagnóstico inicial y recopilación de información	32
3.1.1. Paso 1. Recopilación de información	32

3.1.2. Paso 2. Caso de estudio	32
3.1.3. Paso 3. Determinación de la situación actual	33
3.2. Segunda Fase: Clasificación de inventarios	34
3.2.1. Paso 1. Técnica de preferencias ordenadas por similitud a una solución ideal (TOPSIS)	34
3.2.2. Paso 2. Determinación del grupo de clasificación	39
3.3. Tercera Fase: Selección de políticas de inventarios	39
3.3.1. Paso 1. Selección de los métodos de control de inventarios . . .	39
3.3.2. Paso 2. Agrupamiento entre métodos de clasificación y políti- cas de pedidos	43
3.3.3. Paso 3. Prueba de Normalidad	44
3.4. Cuarta Fase: Evaluación en el caso de estudio	45
3.4.1. Rotación de inventarios	45
3.5. Conclusión del capítulo	46
4. Análisis y Resultados	47
4.1. Análisis y resultados de la fase 1: Diagnostico inicial y recopilación de información	47
4.1.1. Paso 1. Recopilación de información	47
4.1.2. Paso 2. Caso de estudio	50
4.1.3. Paso 3. Situación actual - Caso de estudio	50
4.2. Análisis y resultados de la fase 2: Clasificación de inventarios	52

4.2.1. Implementación de TOPSIS	52
4.2.2. Paso 2. Determinación de grupo de clasificación	56
4.3. Análisis y resultados de la fase 3: Selección de políticas de inventarios	57
4.3.1. Selección de los métodos de control de inventarios	57
4.3.2. Pruebas de normalidad	58
4.4. Análisis y resultados de la fase 4: Evaluación en el caso de estudio . .	59
4.5. Conclusión del capítulo	59
5. Conclusiones	60
5.1. Contribuciones	61
5.2. Recomendaciones	61
5.3. Trabajo futuro	62

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Métodos de toma de decisión de múltiples atributos. Fuente: Elaboración propia.	16
2.2. Métodos de control de inventarios. Fuente: Elaboración propia.	21
2.3. Relación del inventario de seguridad y el punto de reorden	23
2.4. Indicadores de inventarios. Fuente: Elaboración propia.	28
3.1. Desarrollo de metodología	31
3.2. Diagrama del nivel de inventario como función del tiempo del modelo EOQ básico. Fuente: (Hillier & Lieberman, 2010).	41
4.1. Experiencia profesional relevante de la población encuestada	48
4.2. Experiencia en posición actual de la población encuestada	49
4.3. Ventas mensuales	51

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Segmentación de inventarios	12
2.2. Revisión de literatura de métodos de clasificación de inventarios.	13
2.3. Resumen revisión de literatura de métodos de control de inventarios. Elaboración propia.	22
3.1. Criterios para clasificación multicriterio	35
3.2. Valores de criterios para clasificación multicriterio	36
3.3. Parámetros de nivel de servicio	42
3.4. Agrupamiento de métodos de clasificación y control de inventarios	44
4.1. Puntaje de indicadores de inventarios	49
4.2. Matriz de datos	52
4.3. Matriz de datos con valores numéricos	53
4.4. Matriz de datos normalizada	53
4.5. Pesos de los criterios	54
4.6. Matriz de datos ponderada y normalizada	55
4.7. Valores de PIS y NIS para cada criterio	55

4.8. Resultados obtenidos por TOPSIS	56
4.9. Productos por grupo de clasificación	57
4.10. Resultados de implementación de políticas de inventarios	58
4.11. Resultados Prueba de Normalidad	58

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por todo su apoyo incondicional durante toda la vida.

Agradezco a todas esas personas que he conocido durante mi formación profesional, compañeros de trabajo, mentores, líderes quienes me han motivado para seguir progresando profesionalmente.

Agradezco a mis compañeros de clase en la maestría con quienes compartí conocimientos y aprendí de sus experiencias personales.

Agradezco al Dr. Tomas Eloy Saláis Fierro por haber sido mi tutor de tesis y guiarme en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Agradezco al comité de tesis por haberme apoyado para concluir este trabajo.

Agradezco a los profesores del programa de la maestría, quienes me han brindado de sus experiencias y enseñanzas para ser un mejor profesionista.

Por ultimo, agradezco a la Universidad Autónoma de Nuevo León, en especial a la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y al programa de Maestría en Logística en Cadena de suministro por llenarme de conocimiento el cual utilizare para continuar desarrollando este mundo.

RESUMEN

Jorge Alberto Hernández Félix.

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: SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE INVENTARIO Y SU EFECTO EN EL DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO.

Número de páginas: 72.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: El presente trabajo de investigación tiene como objeto el evaluar y seleccionar las técnicas y métodos para el control de inventarios que mejor se adapten a las características de la empresa objeto de estudio. El análisis de esta investigación se desarrolla en una empresa de manufactura con el fin de sustentar los métodos y técnicas seleccionados mediante un enfoque teórico-práctico en el cual se busca mejorar el desempeño de la cadena de suministro interna de esta empresa de manufactura. Para esto se sigue una metodología compuesta por cuatro fases. La primera fase consiste en hacer un diagnóstico inicial y recopilar información del caso de estudio. La segunda etapa consiste en hacer una clasificación de inventarios con la finalidad de diferenciar mediante una serie de características los productos que maneja la empresa. La tercera etapa consiste en asignar una política diferenciada para cada grupo de clasificación. Por último, la cuarta etapa consiste en hacer una evaluación de estas políticas implementadas y hacer una comparación con el estado actual de la compañía. El objetivo es que la implementación de estas políticas tenga un impacto positivo en el nivel de servicio de la empresa.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: Y aquí tus contribuciones y conclusiones. (También es parte del formato).

Firma del asesor: _____
Dr. Tomás Eloy Salais Fierro

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias y las organizaciones se encuentran ante un enorme reto para mantenerse competitivas. La pandemia por COVID-19 ha precipitado la crisis económica lo cual ha obligado a las empresas a repensar sus métodos de administración y estrategias de operación en las cadenas de suministro (Komorowski et al., 2021). La escasez global de semiconductores y algunos otros componentes, así como el incremento en los costos de transportación, la saturación en los principales puertos marítimos, el incremento en los tiempos de entrega han sido algunos de los efectos que han causado interrupciones en las cadenas de suministro (Moosavi et al., 2022).

Por lo anterior, se tiene una inestabilidad constante en los mercados y esto ocasiona incertidumbre en el comportamiento de la demanda (Montoya-Torres et al., 2021), por lo que la tarea de satisfacer las expectativas de los clientes se vuelve cada vez más complicada. Ante estos escenarios, las empresas tienen que mantenerse competitivas, por lo que tienen que buscar la manera de cumplir con los requerimientos de los clientes de una forma más rápida y eficiente.

Es aquí donde la gestión de inventarios se vuelve un factor determinante para el eficiente desempeño de una cadena de suministro (Ivanov et al., 2021). Por tal motivo es importante que las compañías cuenten con una política adecuada para el

control de sus inventarios.

De acuerdo a Chapman et al. (2008) el valor del inventario puede representar entre 20 % y 60 % del total de los activos de una empresa. También es importante considerar que siempre existen costos asociados por manipular o mantener inventarios los cuales afectan directamente a los costos operativos y tienen un impacto directo sobre los márgenes de ganancia de la empresa.

Sin embargo, el hecho de implementar una política de inventarios no significa que sea la manera más efectiva y eficiente para administrar y controlar los inventarios. El establecer una política de inventarios que no vaya de acuerdo con las necesidades actuales y específicas de la empresa puede tener un impacto significativo en el flujo de efectivo de la misma.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Debido al entorno competitivo actual de los mercados las empresas necesitan adaptar y mejorar sus procesos productivos para poder mantener un buen desempeño financiero. Para esto es necesario integrar y alinear las cadenas de suministro con el objetivo de reducir costos y cumplir con las expectativas de los clientes.

En particular, la gestión de inventarios es uno de los elementos más importantes al momento de gestionar una cadena de suministro, por lo que se vuelve fundamental contar con políticas de inventario que se adapten a las necesidades de cada organización permitiendo que estas puedan contar con los inventarios adecuados para cumplir con los requerimientos de los clientes y sin poner en riesgo la rentabilidad del negocio (Masudin et al., 2018).

Cada empresa, proveedor y producto debe tratarse de forma particular, no es lo mismo el establecer políticas de inventario para productos terminados que para materias primas como el acero, el cobre y el aluminio a establecer políticas para

componentes electrónicos o productos perecederos los cuales tienen un ciclo de vida más corto (Durán, 2012).

Por ejemplo, para el caso del acero es posible que se requiera hacer contratos de suministro a mediano y largo plazo con entregas frecuentes para no saturar los almacenes debido a sus restricciones dimensionales y por sus elevados costos de almacenamiento. Por el contrario, para comprar componentes electrónicos es probable que sea mejor comprar un mayor volumen que sirva como palanca para mejorar el precio unitario de compra y se quiera tener mayor almacenamiento de producto para evitar el riesgo de suministro debido a la volatilidad de los mercados de esta categoría. En principio cada parte puede ser controlada de forma única, pero generalmente existen miles de partes en una empresa por lo que no se vuelve una solución práctica (Axsäter, 2015).

En el mismo sentido, no es lo mismo tener un proveedor confiable a un proveedor que tiene serios problemas de servicio, en este caso lo más lógico y conveniente sería cambiar por proveedores confiables. Sin embargo, la realidad a la que se enfrentan las empresas es que el cambiar un proveedor por otro resulta en algunos casos extremadamente complejo o tardado debido a que se tiene que hacer toda una gestión de proyectos para realizar este tipo de cambios. Por lo tanto, cuando se dan este tipo de escenarios es necesario que las empresas modifiquen sus políticas de inventario para que vayan en función del servicio del proveedor a la par en lo que se busca hacer un cambio de proveedor o en lo que se establecen acciones para mejorar el nivel de servicio del proveedor.

Para un mejor entendimiento de lo que se pretende lograr con este trabajo planteamos las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los mejores métodos para establecer la política de inventarios de la empresa?
- ¿Cuáles son los criterios que se deben considerar para seleccionar una política

apropiada para gestionar los inventarios de la empresa?

En cualquiera de los escenarios anteriormente descritos el administrador de la cadena de suministros debe ser capaz de responder ante estas interrogantes para seleccionar e implementar la mejor política de inventarios de acuerdo con cada tipo de caso.

1.1.1 CASO DE ESTUDIO EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA

El presente trabajo está orientado para ayudar a seleccionar las mejores políticas de inventario para las materias primas y componentes de una empresa del giro de manufactura. Este trabajo se desarrollará en una empresa multinacional con operaciones en distintas regiones del mundo.

Al ser una empresa con alcance global y dada su magnitud, el caso de estudio se limitará a una de sus plantas de manufactura ubicadas en la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Sin embargo, es importante mencionar que el trabajo aquí generado podría replicarse en otra unidad de negocio o en otras empresas del mismo sector.

1.2 OBJETIVO

Mejorar el nivel de servicio y el desempeño de los inventarios de la cadena de suministro interna mediante la evaluación del nivel de servicio y la tasa de rotación de inventarios a través de la selección e implementación de políticas de inventarios mediante la utilización de métodos cuantitativos y herramientas de análisis multicriterio.

1.3 HIPÓTESIS

El establecimiento de políticas de inventario mediante la utilización de herramientas de análisis multicriterio en conjunto con la selección de métodos de control de inventarios y la determinación de inventarios de seguridad permitirá mejorar el nivel de servicio y el desempeño de los inventarios en la cadena de suministro interna.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El éxito de una compañía esta derivado por la eficiencia y eficacia en la gestión de sus procesos. Desde un punto de vista financiero, está demostrado que la gestión de inventarios representa un elemento clave para la rentabilidad de cualquier empresa (Chapman et al., 2008), ya sea grande o pequeña. Un caso de éxito es el presentado por Gómez (2015) en el cual se logró la reducción de costos y la mejora del nivel de servicio en una empresa del sector alimenticio a través de la implementación de políticas de optimización de inventarios.

Dependiendo del tipo de industria y la complejidad de sus procesos se determinara la forma en la que se deba administrar y controlar el inventario. Por esto es importante el establecer una política de inventarios que se adecue a la estrategia competitiva de la empresa ya que esto permitirá alinear los inventarios con los objetivos de la compañía (González, 2020).

Para la empresa es importante el desarrollo de este trabajo ya que le permitirá determinar las políticas de inventario que mejor se adapten para controlar sus materias primas y componentes de una forma mas eficiente.

1.5 METODOLOGÍA

El presente trabajo se lleva a cabo a partir de la siguiente estructura:

Primero, se realiza una revisión exhaustiva de la literatura en la cual se constatan los fundamentos teóricos que sirven como referencia para el desarrollo inicial de la metodología. Posteriormente, con base en la revisión bibliográfica se hace una recopilación de las políticas de inventarios más utilizadas en la industria y se aplica la técnica que se considera más apropiada para evaluar los distintos métodos.

Después se hará un análisis en el caso de estudio en donde se seleccionen las políticas de inventario más apropiadas de acuerdo con el posicionamiento estratégico de la compañía y finalmente se hará una propuesta sobre las políticas que deben ser utilizadas para cada tipo de caso.

Por último, se proponen una serie de conclusiones y una propuesta de trabajo futuro en base a los resultados obtenidos en la investigación.

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

La estructura de la tesis es la siguiente:

- Capítulo I. Introducción: En este capítulo se abordan las generalidades de la investigación en el cual se busca concretizar de forma particular el tema que abordara este trabajo.
- Capítulo II. Antecedentes: En este capítulo se proporcionan los aspectos teóricos que sirven para fundamentar las bases de esta investigación.
- Capítulo III. Metodología: En esta sección se definen los pasos a seguir para el desarrollo de la investigación.

- Capítulo IV. Análisis y Resultados: En este capítulo, se hace un diagnóstico y análisis de los resultados obtenidos durante la fase de implementación.
- Capítulo VI. Conclusiones y trabajo futuro: Por último, se hacen algunas conclusiones generales obtenidas durante el desarrollo de la investigación y se establecen recomendaciones para una posible continuidad de este trabajo.

1.7 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

El desarrollo e implementación de métodos de control de inventarios es fundamental para que las empresas puedan tener un desempeño eficiente dentro de su cadena de suministro interna y externa. El presente trabajo engloba los aspectos más importantes al momento de seleccionar, clasificar, implementar y evaluar políticas de inventario. Como observamos dentro de este capítulo, esta investigación tiene un enfoque teórico-práctico con un caso de estudio de una empresa multinacional.

En este sentido, se parte de la premisa de que aun las empresas grandes o globales tienen oportunidades en la implementación de políticas de inventario por lo que se busca que el trabajo que aquí se desarrolla pueda implementarse en cualquier empresa del sector o con ciertas similitudes en su configuración y forma de operar. En los siguientes capítulos se presenta una extensa revisión de literatura que cubre los fundamentos teóricos en los cuales se basa esta investigación, así como la metodología para su posterior implementación y evaluación.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

Este capítulo contiene los fundamentos teóricos utilizados como base para desarrollar este trabajo. Se hace un análisis profundo del estado del arte y se recopilan los conceptos básicos, métodos y casos de estudio más importantes que están directamente relacionados con la investigación.

2.1 INVENTARIOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Ballou (2004) describe a los inventarios como acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa.

Existen diversas razones por las cuales es necesario contar con inventarios a lo largo de una cadena de suministro. Ballou (2004) nos plantea algunas estas razones:

1. Las organizaciones buscan continuamente mejorar el servicio a los clientes y es extremadamente complicado hacer que un sistema productivo responda de forma instantánea a los requerimientos de los clientes.
2. Se busca generar economías de escala comprando grandes volúmenes de pro-

ducto o para aprovechar maximizar la utilización de los transportes para tener menores costos logístico.

3. La demanda puede ser en algunos casos incierta o puede tener una alta variabilidad por lo que el no contar con producto disponible se pudiera traducir en una pérdida de clientes y en el deterioro de la marca en el largo plazo.

Por el contrario, existen algunas críticas para mantener inventarios y esto es debido a que son considerados como capital de la empresa y el cual al tenerlos sentados en un almacén o en alguna parte del proceso no agregan valor de forma directa y son considerados como un desperdicio o pérdida (Villalobos et al., 2016). Sin embargo, los argumentos señalados anteriormente como razones para tener inventarios pueden llegar a ser justificación suficiente, siempre y cuando se mantengan inventarios razonables dado que el no contar con inventario pudiera tener un impacto negativo mayor para la organización.

2.1.1 TIPOS DE INVENTARIOS

En la literatura, existen distintas formas de categorizar a los inventarios. Una de las maneras más comunes es la que nos describe Ivanov et al. (2021) quien los segrega de la siguiente manera:

- Materias primas: Partes compradas sin procesar
- Inventarios de producto en proceso (WIP): Partes que han tenido algunos cambios, pero no han sido terminadas.
- Mantenimiento, Reparación y Operación (MRO): Partes que son necesarias para mantener las máquinas y los procesos productivos operando.
- Producto terminado: Partes que fueron fabricadas y han sido completadas esperando un embarque.

Esta clasificación nos ayuda a dar un enfoque desde la perspectiva financiera. Por otro lado, también podemos ver a los inventarios por sus características funcionales. Ballou (2004) agrupa a los inventario en cinco formas:

- Inventario en tránsito: Es aquel inventario que se encuentra en medio de transporte. Este tipo de inventario puede representar una cantidad importante cuando las distancias de tránsito son largas o lentas.
- Inventarios de especulación: Este tipo de inventario se utiliza, por ejemplo, cuando se tiene incertidumbre en los precios del mercado y se requiere efectuar un apalancamiento en las compras.
- Inventario regular o cíclico: Este es el inventario requerido para satisfacer una demanda determinada durante el tiempo de reaprovisionamiento.
- Inventarios de seguridad: Este tipo de inventario se utiliza para hacer frente a la variabilidad de la demanda. Por lo que se define un determinado nivel de existencias.
- Inventario obsoleto o muerto: Es aquel inventario que ya no puede ser utilizado ya sea porque sufrió algún deterioro o porque ya no se requiere debido a una obsolescencia.

El enfoque de esta investigación estará centrado alrededor de las materias primas y componentes. Sin embargo, es importante mencionar que los otros tipos de inventarios también contemplan una parte importante del costo ya que los inventarios los podemos ver a través de todo el proceso de la cadena de suministro.

2.1.2 CASOS DE ÉXITO

En la literatura podemos encontrar algunos casos de éxito a través de la implementación de políticas de inventario. Parlar et al. (1995) nos presenta un caso de

éxito con la implementación de una política (s, S), por otro lado Lau et al. (2008) presenta un análisis en donde se revisan cuatro políticas diferentes con el objetivo de encontrar el menor costo total, Hoberg et al. (2007) presenta una evaluación de distintas políticas de inventario utilizando teoría de control linear en una cadena de suministro de dos escalones. Handfield et al. (2009) incorpora aspectos de la administración de riesgos incorporando fuentes de incertidumbre en la implementación de una política de inventarios. Warren Liao & Chang (2010) establece un modelo donde evalúa distintas políticas de inventario en conjunto con sistema de pronósticos.

En resumen, existe un numero extenso de investigaciones que demuestran que la implementación de políticas de inventarios puede tener un impacto positivo para las organizaciones.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS INVENTARIOS

En la literatura, se pueden encontrar una diversa cantidad de formas de segmentar los inventarios. Estas técnicas nos ayudan a mejorar el tiempo de toma de decisión y a diseñar sistemas de inventario para un conjunto de partes. Esto es importante ya que el día de hoy las empresas manejan miles de partes por lo que la administración de inventarios para cada parte se vuelve poco práctica y costosa ya que se requiere de la implementación de sistemas computacionales y personal para administrar estas grandes cantidades de partes (Teunter et al., 2009). En la práctica, la técnica más utilizada es la del método ABC. Sin embargo, cabe resaltar que existen otras técnicas que pueden ayudar a clasificar los inventarios de forma estratégica (Ketskara & Vaidya, 2014).

Una de las primeras propuestas realizadas fue el trabajo realizado por Ernst & Cohen (1990) en el cual se presenta una metodología alternativa al método tradicional la cual denominaron ORG (por sus siglas en ingles) para definir grupos que apoyaran la planeación estratégica en las funciones operacionales. Estos grupos

deben tomar en consideración todas las características del producto que tengan un impacto significativo en la administración de operaciones.

Por otra parte, Rossetti & Achlerkar (2011) evaluaron distintas metodologías para el agrupamiento de partes y establecieron políticas de inventario en un sistema de inventario a larga escala de un escalón y múltiples partes. Este enfoque se realizó con el objetivo de demostrar que se puede mejorar la administración de inventarios en comparación con las técnicas convencionales de agrupamiento como el método ABC. En la tabla 2.1 se presenta un resumen de las técnicas utilizadas para la segmentación de inventarios, así como sus principales usos prácticos.

TABLA 2.1: Segmentación de inventarios

Técnica	Base	Uso principal
ABC	Valor del inventario	Para controlar los inventarios de materias primas, componentes y productos en proceso en el curso normal del negocio
HML	Precio unitario del material	Principalmente para controlar las compras
XYZ	Variabilidad de demanda del artículo	Revisar los inventarios y sus usos a intervalos programados
VED	Criticidad del componente	Determinar los niveles de existencias de repuestos
FSN	Patrón de consumo de los componentes	Para controlar la obsolescencia
SDE	Problemas que se enfrentan en la compra	Análisis de tiempo de entrega y estrategias de compra
GOLF	Fuente de material	Estrategias de compras
SOS	Naturaleza de los suministros	Estrategias de adquisición/retención para artículos de temporada como productos agrícolas

Fuente: (Bose, 2006)

En general, un extenso número de autores han considerado el uso de múltiples criterios para clasificar a los inventarios tales como la seguridad de suministro, la tasa de obsolescencia, el tiempo de entrega, los costos de revisión y abastecimiento, diseño, tecnología del proceso de manufactura, sustentabilidad, entre otros para realizar clasificaciones de inventario. En la tabla 2.2 podemos ver un resumen de los autores que han realizado investigaciones relacionadas a este tema.

TABLA 2.2: Revisión de literatura de métodos de clasificación de inventarios.

Autor	Método
Trubchenko et al. (2020)	ABC-XYZ
Hadi-Vencheh (2010)	ABC
Mohammaditabar et al. (2012)	ABC*
Torabi et al. (2012)	ABC*
Ghorabae et al. (2015)	EDAS
Xiao et al. (2011)	PROFSET MODEL
Pandya & Thakkar (2016)	ABC-XYZ
Agarwal (2017)	Association rule learning (Data mining)
Lajili et al. (2013)	Constructive Order Classification Algorithm (COCA)
Karthick et al. (2014)	ABC

Fuente: Elaboración propia

2.3 ANÁLISIS DE DECISIÓN MULTICRITERIO

El análisis de decisión multicriterio (MCDM, por sus siglas en inglés multiple criteria decision making) contempla un conjunto de métodos que ayudan a evaluar y tomar decisiones de forma sistemática y ordenada. Este tipo de análisis es especialmente importante cuando se presentan alternativas con múltiples criterios y problemas donde se necesita dar un determinado peso a los criterios, orden de pre-

ferencia o cuando existen conflictos entre los distintos criterios (Tzeng & Huang, 2011).

El libro escrito por Koksalan et al. (2011) nos muestra el desarrollo histórico de los métodos MCDM. Básicamente nos describe el desarrollo de estos métodos desde tiempos ancestrales hasta la era moderna. Por otro lado, Tzeng & Huang (2011) sugirieron clasificar a los problemas MCDM en dos categorías principales:

1. Toma de decisiones de múltiples atributos (MADM, por su significado en ingles Multiple Attribute Decision Making).
2. Toma de decisiones con múltiples objetivos (MODM, por su significado en ingles Multiple Objective Decision Making).

El primer tipo de análisis se refiere a aquel donde se presentan un número limitado de alternativas predeterminadas y se hace una clasificación de preferencia discreta. El segundo busca obtener un resultado óptimo considerando las distintas interacciones entre las diferentes restricciones dadas. Cabe mencionar que este tipo de análisis carece de un paradigma general para resolver problemas del mundo real. Naturalmente, los problemas MCDM se deben contemplar como difusos (Tzeng & Huang, 2011).

En esta investigación nos centraremos en la toma de decisiones de múltiples atributos dado que el tipo de problema que se presenta está relacionado con la evaluación y selección de múltiples criterios.

2.3.1 MÉTODOS DE TOMA DE DECISIÓN DE MÚLTIPLES ATRIBUTOS (MADM)

En el libro de Tzeng & Huang (2011) se presentan algunos de los métodos y procesos para resolver problemas de toma de decisión de múltiples atributos más

utilizados en las áreas de economía e investigación de operaciones. Entre estos se encuentra el propuesto por Saaty (1972) quien nos presenta el método AHP (Analytic Hierarchy Process) el cual utiliza una jerarquía de criterios y subcriterios para evaluar y comparar alternativas. Saaty (1996) también presentó el método ANP (Analytic Network Process) como extensión al método AHP para liberar las restricciones de la estructura jerárquica que indica que los criterios son independientes uno de otro. Por su parte, Fishburn (1967) presentó el método SAW (Simple Additive Weighting) el cual es un método que utiliza una combinación de pesos y valores para evaluar y comparar alternativas. Hwang & Yoon (1981) propuso el método TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) en el cual se identifica la mejor alternativa de acuerdo con la similitud a la alternativa ideal. Opricovic (1998) propuso el método VIKOR que también se utiliza para evaluar y comparar alternativas.

Por otro lado, Shekhovtsov & Salabun (2020) hacen una comparación del método TOPSIS y VIKOR propuesto por en la cual se encuentra una amplia similitud de resultados con la utilización de ambos métodos. Widiarta et al. (2018), también hace una comparación de los métodos de toma de decisión de múltiples atributos resultando el método TOPSIS como la herramienta de mayor precisión.

De acuerdo con la literatura revisada podemos concluir que no hay un método de toma de decisión de múltiples atributos que sea mejor en todas las situaciones. La elección del método más apropiado depende de muchos factores incluyendo el número de alternativas, disponibilidad de datos y la incertidumbre asociada a los datos, así como la complejidad de las relaciones entre los criterios. Por lo tanto, es importante evaluar las necesidades y circunstancias específicas para la selección del método más apropiado. La mayoría de los métodos de toma de decisión de múltiples atributos poseen un alto nivel de precisión y pudiera ser utilizado para el desarrollo de esta investigación. Sin embargo, podemos destacar al método TOPSIS como un método apropiado para los efectos de este trabajo.

Para mayor información sobre estos métodos nos podemos referir al libro de Tzeng & Huang (2011) en el cual se encontrara una explicación más amplia de los métodos de toma de decisión de múltiples atributos. En la figura 2.1 se hace un resumen de todos estos métodos.

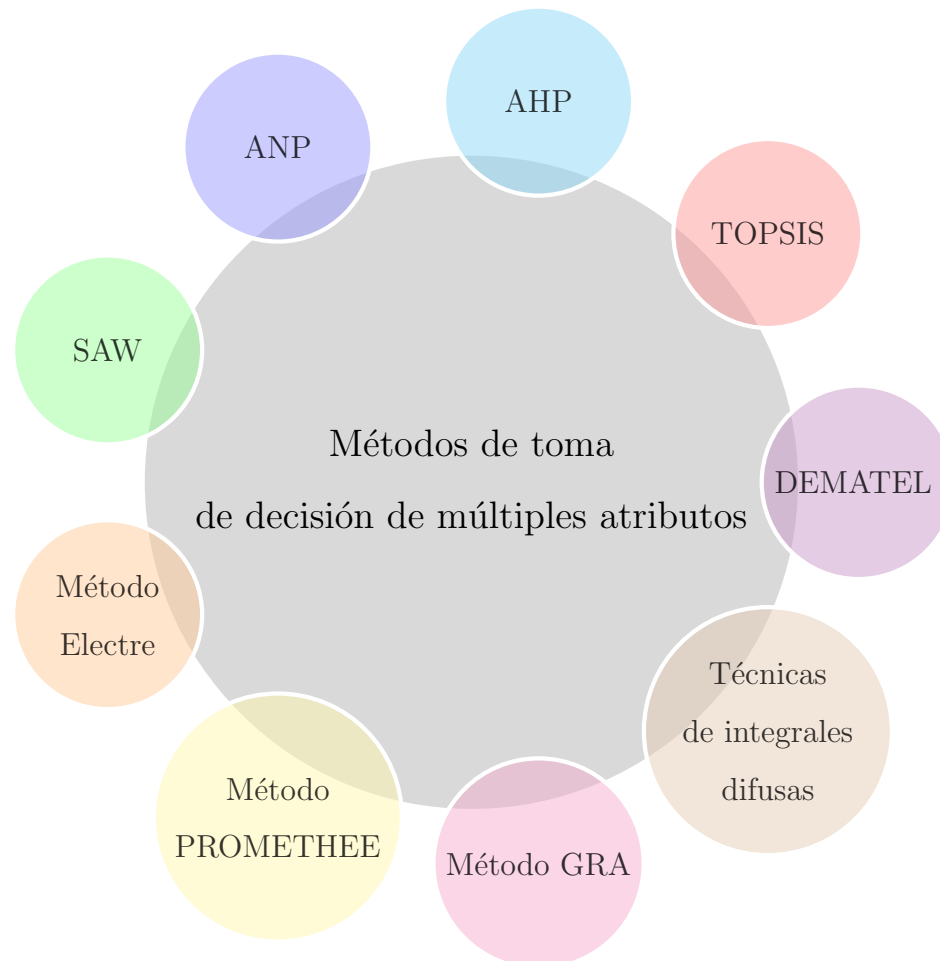


FIGURA 2.1: Métodos de toma de decisión de múltiples atributos. Fuente: Elaboración propia.

La utilización de métodos de decisión de múltiples atributos nos ayudaran a encontrar las similitudes entre los distintos criterios para la clasificación de inventarios. Para ello sera importante determinar un peso apropiado para estos criterios.

2.4 POLÍTICAS PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS

Las políticas de inventario ayudan a establecer una serie de criterios con la finalidad de dar una dirección clara para el cumplimiento de los objetivos de una organización. Ivanov et al. (2021) define que una política de control de inventarios es un procedimiento administrativo que ayuda a definir cuanto y cuando ordenar. De forma general, estas políticas se pueden dividir en dos ya sea que su demanda sea de tipo determinístico o estocástico. En este orden, estas políticas también se pueden basar de acuerdo con su tipo de revisión, ya sea continua o periódica.

Generalmente el uso de políticas está ligado a una mejora en la administración de inventarios ya que ayudan a entender la frecuencia y las cantidades en las que necesitamos tener el material. Típicamente, los métodos para generar estas políticas contienen algunos factores para hacer cálculos de inventario. Algunos de estos elementos son:

- Costos por mantener el inventario (Costo variable): Es el costo por almacenar o tener inventario durante un periodo de tiempo.
- Costos de ordenar (Costo fijo): Es el costo asociado por colocar una orden y recibir el producto.
- Costos de preparación (Costo fijo): Es el costo por preparar una maquina o proceso para fabricar una orden.
- Costos por faltante (Costo variable): Son los costos asociados por perder ordenes de clientes generados por cortos de material o costos de oportunidad.

2.4.1 POLÍTICA DE REVISIÓN CONTINUA

Chopra & Meindl (2013) establece que una política de revisión continua es

aquella en donde el inventario es continuamente monitorizado y cuando el nivel de inventario llega por debajo del punto de reorden. En este tipo de políticas se puede dar seguimiento puntual a cada ítem y se actualizan sus niveles de inventario cada vez que la parte es removida del inventario.

2.4.2 POLÍTICA DE REVISIÓN PERIÓDICA

Chopra & Meindl (2013) menciona que las políticas de revisión periódica son las que el estado del inventario es revisado en intervalos periódicos de tiempo (Ejemplo: una vez por mes, por semana, etc.) y se realizan los pedidos para llegar a un cierto nivel previamente estipulado.

2.4.3 MÉTODOS DE CONTROL DE INVENTARIOS

En la literatura, podemos encontrar una amplia variedad de métodos que ayudan a mejorar el control de inventarios. Uno de los métodos más comunes es el conocido lote por lote el cual es uno de los más sencillos para el control de inventarios ya que únicamente se ordena la cantidad exacta necesaria en cada periodo. El costo de mantener el inventario en este tipo de modelo es cero. Este método es utilizado en escenarios donde se utiliza MRP (Planeación de requerimiento de materiales).

Axsäter (2015) hace referencia a las políticas de pedidos más comunes con relación al control de inventarios. Entre las más importantes se encuentra la política (r, Q) que es cuando la posición del inventario desciende hasta o debajo del punto de reorden r y se ordena una cantidad de tamaño Q . Axsäter (2015) también habla de la política (s, S) que es cuando la posición del inventario llega hasta o debajo de una cantidad s , se ordena hasta un nivel máximo denominado S . También encontramos otro método denominado (R, S) el cual es un sistema de revisión periódica. El modelo

consiste en que cada R unidades de tiempo se coloca una orden lo cual permita que la posición del inventario llegue a un punto máximo S .

Es importante mencionar que se han realizado adaptaciones a estos modelos. Por ejemplo, en la literatura podemos encontrar una combinación híbrida como la política (R, s, S) . Este método es una combinación de la política (s, S) y (R, S) . La idea es que cada R unidades de tiempo se revise la posición del inventario. Si se encuentra por debajo o en el punto s , se coloca una orden para llegar al punto S . Si la posición del inventario está por encima de s no se hace nada hasta la siguiente revisión.

Uno de los modelos más conocidos para el control de inventarios es el de cantidad económica de pedido o mejor conocido como EOQ. Este modelo fue derivado por Harris (1913) pero fue mejor conocido por Wilson (1934).

Este modelo, hace los siguientes supuestos:

- La demanda es constante y continua.
- Los costos de ordenar y mantener son constantes a través del tiempo.
- La cantidad a ordenar no necesita ser entera.
- La cantidad completa del lote se entrega al mismo tiempo.
- No se permiten los faltantes.

Es importante señalar que con el tiempo han ido surgiendo diversas extensiones al modelo EOQ clásico que han sido propuestas por diferentes autores. Por ejemplo, Taleizadeh (2018) hace referencia a varios modelos EOQ con descuentos, pagos atrasados y pagos por adelantado. Silver et al. (1998) y Axsäter (2015) también hacen referencia a estas extensiones con mayor profundidad.

Por otra parte Silver & Meal (1973) introduce el heurístico Silver-Meal o heurístico del costo mínimo del periodo. El objetivo de este método es hacer una

aproximación del costo mínimo considerando las variaciones de la demanda en cada periodo. Silver et al. (1998) denota otro método similar conocido como el costo mínimo de unidad pero con la diferencia que acumula los requerimientos hasta que el costo unitario por unidad incrementa. Otro método conocido es el algoritmo de balance parcial del periodo el cual fue propuesto por DeMatteis (1968). Es el procedimiento para calcular el tamaño de lote dinámico más utilizado en la práctica (Wemmerlöv, 1983). Este modelo heurístico es adecuado cuando la demanda es discreta y es variable en el tiempo. Existe una amplia variedad de extensiones para este modelo y ha sido utilizado para simular en distintos escenarios.

Por último, Wagner & Whitin (1958) introduce un algoritmo exacto de programación dinámica. Este algoritmo fue propuesto como una versión dinámica del modelo de lote económico clásico (EOQ). En este modelo permite que la demanda y los costos por mantener y ordenar puedan variar a través de diferentes periodos. El objetivo de este modelo es que todas las demandas se satisfagan en cada periodo con el menor costo total.

En la figura 2.2 podemos encontrar un diagrama con el resumen de algunos de los métodos que fueron encontrados durante la literatura. Se hizo una extensa recopilación de métodos y estos fueron los que tomaron mayor relevancia.

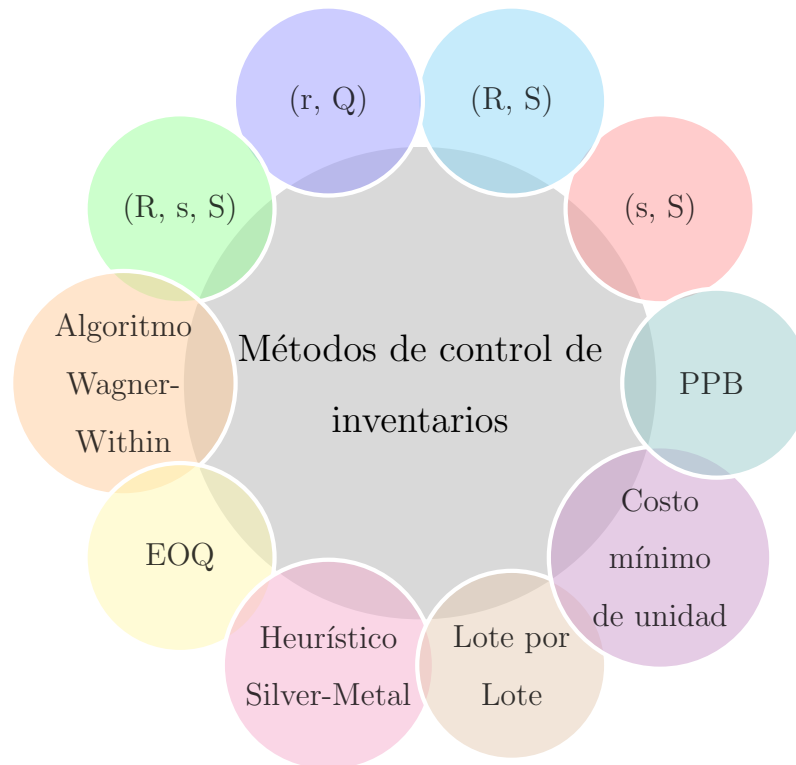


FIGURA 2.2: Métodos de control de inventarios. Fuente: Elaboración propia.

2.4.4 SELECCIÓN DEL MEJOR MÉTODO DE CONTROL DE INVENTARIOS

DeMatteis (1968) nos explica que los artículos de bajo costo pueden ser controlados por una técnica y los de mayor costo por otra. Es por esto por lo que la selección de una técnica dependerá de diferentes factores como el costo y el tiempo de aplicación que necesite cada método. También influyen algunos otros aspectos como la variabilidad de la demanda, la exactitud de los pronósticos, entre otras variables.

En la siguiente sección hacemos un análisis de la aplicación de distintos métodos y se hace una extensa recopilación de la utilización de estas técnicas en la práctica.

2.5 REVISIÓN DE LOS DISTINTOS MÉTODOS DE CONTROL DE INVENTARIOS

La tabla 2.3 muestra una recopilación de los autores que han evaluado y realizado investigaciones de los distintos métodos de control y políticas de inventario.

TABLA 2.3: Resumen revisión de literatura de métodos de control de inventarios.

Elaboración propia.

Autor	Industria	Método
Montes (2018)	Automotriz	Algoritmo Wagner-Whitin
López (2007)	Automotriz	(s,S)
García & Gonzalo (2015)	Acuicultura	(s,S)
Chamorro et al. (2018)	Farmacéutica	(s,S)
García et al. (2003)	Química	(r, Q)
Uzunoglu & Tamer (2011)	Artesanal	EOQ
Adeyemi & Salami (2010)	Alimentaria	EOQ
Kuncoro et al. (2018)	Metalúrgica	(R,s,Q), (R,S)
Gelders & Van Looy (1978)	Petroquímica	EOQ
Nenes et al. (2010)	Minorista	(R,S)
Musalem & Dekker (2005)	Minorista	(R,s,Q), (R,S)

2.6 INVENTARIOS DE SEGURIDAD

Una realidad de las cadenas de suministro es que son sistemas altamente complejos por naturaleza y se encuentran expuestos a una amplia cantidad de riesgos y cambios que son difíciles de predecir y administrar. Una de las mayores fuentes de incertidumbre en la cadena de suministro es la variabilidad de demanda que se

refiere a las fluctuaciones en la cantidad de un producto o material que se requiere en un momento dado (Christopher, 2011). Esta variabilidad puede ser causada por una serie de factores, incluyendo la incertidumbre en la demanda del mercado, los cambios en los patrones de compra de los clientes y los cambios en las condiciones económicas.

De acuerdo a Hau Lee et al. (1997) la variabilidad de la demanda puede tener un impacto significativo en la eficiencia y la efectividad de la cadena de suministro, ya que dificulta la planificación y la gestión de los inventarios. Por lo tanto, es importante que las empresas implementen estrategias para gestionar y reducir la variabilidad de la demanda, como la gestión de la demanda, la colaboración con los clientes y la mejora de la visibilidad en la cadena de suministro (Chopra & Meindl, 2013).

En la figura 2.3 podemos observar el inventario de seguridad y su relación con el punto de reorden en un escenario con demanda estocástica.

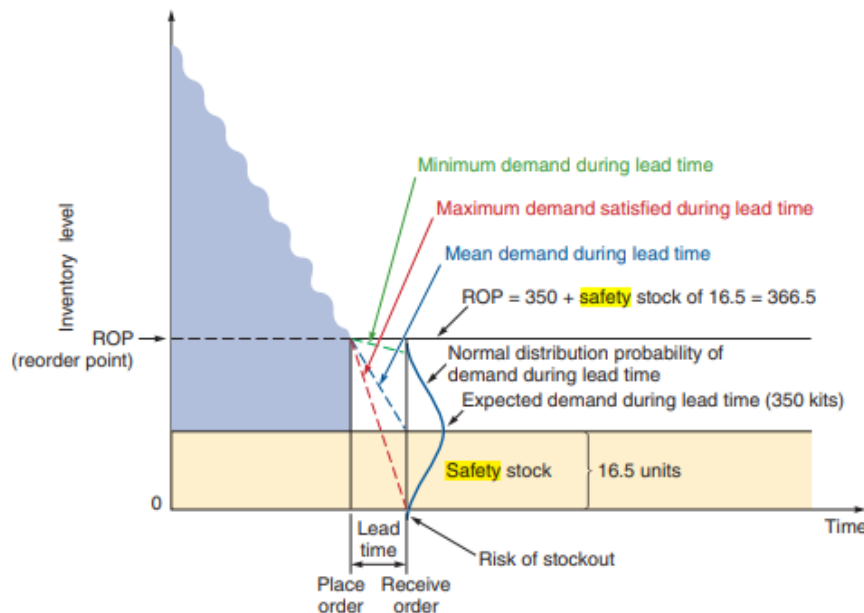


FIGURA 2.3: Relación del inventario de seguridad y el punto de reorden

Fuente: (Heizer et al., 2013)

En este sentido, los inventarios de seguridad son una medida de la cantidad de un producto o material que se mantiene en stock para garantizar la disponibilidad continuada de un determinado producto o material. De acuerdo a Christopher (1999) los inventarios de seguridad son una forma de protegerse contra la incertidumbre en la demanda y los retrasos en la entrega en la cadena de suministro.

Sin embargo, mantener demasiados inventarios de seguridad puede ser costoso y aumentar el capital inmovilizado, por lo que es importante encontrar un equilibrio entre la cantidad adecuada de inventario de seguridad y los costos por mantener dicho inventario para garantizar un determinado nivel de servicio a los clientes (Mentzer et al., 2001).

2.6.1 INVENTARIOS DE SEGURIDAD Y SU RELACIÓN CON EL NIVEL DE SERVICIO

La administración eficiente del inventario dentro de las cadenas de suministro juega un papel crítico para mejorar su desempeño interno y externo, como describimos anteriormente las cadenas de suministro son propensas a cambios impredecibles en muchas ocasiones por factores externos a la actividad del negocio, por que la administración de inventarios depende en gran medida del comportamiento de la variabilidad de demanda por lo que para garantizar un adecuado nivel de servicio para los clientes es importante utilizar inventarios de seguridad.

Un estudio reciente ha demostrado que una gestión óptima del inventario de seguridad ayuda a mejorar el desempeño de la cadena de suministro al incrementar la probabilidad de no tener faltante de inventario y de esta manera evitar ventas perdidas, lo cual se traduce en un incremento de la rotación de inventario y permite tener ahorros significativos (Radasanu, 2016). Otros estudios realizados por Brunaud et al. (2019) y Korponai et al. (2017) constatan que el inventario de seguridad mejora el nivel de servicio en las empresas.

En conclusión, el inventario de seguridad y el nivel de servicio son variables clave en las cadenas de suministro y deben ser considerados de manera integral para garantizar dentro de la aplicación de políticas de inventario para asegurar la continuidad de las operaciones y mejorar la satisfacción del cliente.

2.6.2 DISTRIBUCIÓN NORMAL

En la sección anterior describimos que la variabilidad de la demanda es un factor que afecta el desempeño de las cadenas de suministro y para esto es importante determinar un cierto nivel de inventario de seguridad para garantizar un buen desempeño. Por este motivo, es necesario determinar la variabilidad de los datos.

Una distribución de probabilidad ayuda a entender el comportamiento o distribución de valores dentro de una variable y se utilizan para hacer afirmaciones probabilísticas sobre la ocurrencia de eventos futuros. De acuerdo con Kendall & Stuart (1977) la distribución normal o también conocida como Gaussiana es una distribución de probabilidad que describe muchos procesos naturales y sociales.

Según Kendall & Stuart (1977), la distribución normal es utilizada en una amplia variedad de aplicaciones para la modelización de la variabilidad de datos y mediante la utilización de la campana simétrica, las propiedades de la media y la desviación estándar permite a los investigadores hacer afirmaciones precisas sobre la probabilidad de eventos específicos.

En este sentido, podemos determinar que el uso de la distribución normal permitirá determinar con mayor precisión el nivel de inventario de seguridad para la implementación políticas de inventario.

2.6.3 PRUEBAS DE NORMALIDAD

Existen diversos métodos para determinar si un conjunto de valores sigue una distribución determinada. Las pruebas de bondad de ajuste permiten verificar que tipo de distribución siguen los datos. Es decir, una validación de que los datos que estamos analizando tienen un comportamiento determinado. Entre estas pruebas podemos encontrar métodos y técnicas para contrastar la normalidad de los datos o si siguen una distribución normal.

En la literatura, podemos encontrar una amplia variedad de métodos para realizar pruebas de normalidad. De acuerdo con Mohd Razali & Yap (2011) las pruebas de normalidad más comunes son la Kolmogorov-Smirnov (KS), Shapiro-Wilks (SW), Anderson-Darling (AD) y Lilliefors (LF) y de la misma forma que Porras (2016), Gandica de Roa (2020) y Keskin (2005) hacen una comparación de las distintas pruebas de normalidad. Entre estas pruebas destaca como una de las más poderosas la de SW para muestras pequeñas y la KS para pruebas donde el tamaño de muestras es mayor a 30.

2.7 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS INVENTARIOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Gunasekaran et al. (2004) menciona que la gestión de la cadena de suministro ha sido un componente importante en el desarrollo de la estrategia competitiva para mejorar la organización en términos de productividad y rentabilidad. Las cadenas de suministro actuales típicamente comprenden un sistema amplio y complejo por lo que las empresas deben buscar evaluar el desempeño de la cadena de suministro en su distintas etapas o eslabones.

En los últimos años, se ha desarrollado una extensa cantidad de estudios e

investigaciones relacionadas con la evaluación del desempeño de las cadenas de suministro. Balfaiah et al. (2016) nos muestra que la evaluación del desempeño de la cadena de suministro sigue representando un elemento clave para las organizaciones. Por otro lado, Beamon (1999) hace un estudio donde se analizan distintas medidas de desempeño para cadenas de suministro en ambientes de manufactura.

Gunasekaran et al. (2004) menciona que hoy en día las empresas utilizan una gran cantidad de indicadores para evaluar el desempeño de la cadena de suministro. La mayoría de estos indicadores los van integrando basado en sugerencias de empleados o consultores. Sin embargo, las organizaciones deben evaluar el desempeño y establecer acciones de mejora en las áreas que representan un impacto significativo en el desempeño de la organización. La selección de los indicadores es una parte crítica porque los tomadores de decisiones necesitan evaluar la cadena de suministro considerando diversos aspectos como un todo en lugar de aspectos individuales. También es importante que las empresas identifiquen e implementen métricos que generen un balance entre medidas financieras y no financieras y que estén directamente relacionadas con la toma de decisiones a nivel operativo, táctico y estratégico.

De acuerdo a Cuthbertson & Piotrowicz (2008) la mayoría de los indicadores en la cadena de suministro son económicos y cuantitativos (costo, cliente, sensibilidad y productividad) en lugar de cualitativos. Por lo tanto, en esta investigación buscaremos abordar las medidas de desempeño desde un enfoque cuantitativo.

2.7.1 INDICADORES PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS

En particular para la gestión de inventarios existe una amplia cantidad de indicadores para medir el rendimiento y la eficiencia de la gestión de inventarios. Entre estos se encuentran los propuestos por Danese & Bortolotti (2014). Estos indicadores proporcionan información clave para la toma de decisiones. En la figura 2.4 podemos encontrar algunos de los indicadores encontrados en la literatura.



FIGURA 2.4: Indicadores de inventarios. Fuente: Elaboración propia.

Por lo general, no existe un indicador que sea mejor sobre otros para medir el desempeño de los inventarios ya que cada uno de estos proporciona información específica para la toma de decisiones, por lo que es importante conocer las necesidades y objetivos específicos de la empresa. Cada indicador tiene sus propias fortalezas y debilidades por lo que podría ser utilizado de manera efectiva para medir ciertos aspectos de la gestión de inventarios.

Sakakibara et al. (1997), Kwak (2019), y Kilonzo et al. (2016) coinciden en que la rotación de inventarios es un indicador eficaz para medir el desempeño de los inventarios de una compañía. En este sentido, la rotación de inventarios es un indicador clave para evaluar el rendimiento del desempeño en una cadena de suministro. De igual modo, esta medición ya integra el nivel de inventario por lo que esta medición será utilizada para evaluar el desempeño de los inventarios en este trabajo.

Hausman (2004) coincide en que los inventarios son el mayor activo de una

cadena de suministro y explica que algunos de los indicadores usados en inventarios son: valor del inventario y la rotación de inventario.

2.8 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Los inventarios juegan un papel importante en el desempeño de la cadena de suministro. Como se ha visto en este capítulo, los inventarios influyen de manera considerable en el flujo de efectivo de cualquier compañía. Es por esto que el contar con políticas de inventario se vuelve necesario para ayudar a mejorar la rentabilidad de cualquier organización. Por lo tanto, podemos concluir que es necesario que las organizaciones utilicen sistemas apropiados para el control de inventarios.

Tal como se describe en este capítulo, existen distintas herramientas que nos ayudan a administrar de forma efectiva los inventarios en los cuales consideran diversos criterios para una mejor categorización de los inventarios. También, observamos que existen métodos de decisión multicriterio dentro de los cuales se encuentran los métodos de toma de decisión para múltiples atributos. Estos métodos nos ayudan a ponderar y categorizar de forma sistemática cuando contamos con múltiples criterios o atributos.

Por otra parte, también determinamos que existen distintos métodos de control de inventarios los cuales nos ayudan en la toma de decisiones y por lo tanto para lograr una mayor efectividad en la administración de inventarios.

Por último, se consideraron las herramientas o indicadores utilizados para evaluar el desempeño de los inventarios en una organización.

En el siguiente capítulo se hace un análisis en mayor profundidad sobre la aplicación de este método para nuestro caso de estudio particular.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

La administración correcta de los inventarios ofrece una forma eficaz para mejorar el desempeño de la cadena de suministro. Para lograr esto, es necesario establecer políticas de inventario adecuadas las cuales estén alineadas con las características particulares de cada producto. Sin embargo, como menciona Karthick et al. (2014) las cadenas de suministro actuales manejan cientos de miles de productos, por lo cual no es económicamente factible el diseñar un sistema de administración de inventarios para cada producto. Por lo tanto, en las cadenas de suministro actuales se busca agrupar a los productos con características similares y aplicar una política de inventarios en común que minimice los costos y al mismo tiempo mantenga el nivel de servicio adecuado que requieren las compañías para mantenerse competitivas y atractivas para sus clientes.

En este capítulo se explica la forma en cómo se aborda la problemática presentada en esta investigación. En el capítulo anterior se hizo una recopilación de métodos y herramientas propuestas por diversos autores en la cual se abordan problemáticas similares.

El objetivo de este capítulo es el de presentar un sistema de selección de políticas de inventarios basado en múltiples criterios de clasificación de inventarios con la cual se solucione la problemática planteada en el capítulo 1 y que ayude en la mejora

del desempeño de la cadena de suministro. En la figura 3.1 se presentan las cuatro fases para el desarrollo de la metodología.

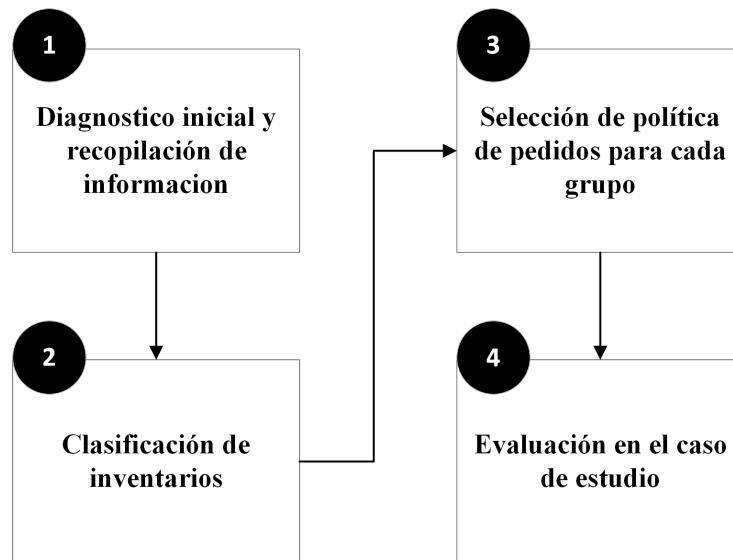


FIGURA 3.1: Desarrollo de metodología

Fuente: Elaboración propia

1. Diagnóstico inicial y recopilación de información: En esta etapa se define la situación actual dentro del caso de estudio, en concreto se hace una revisión de la información relevante con respecto a la administración de inventarios y de acuerdo con la configuración específica de la empresa.
2. Clasificación de inventarios: Se hace una categorización de los inventarios por medio de una herramienta de clasificación multicriterio.
3. Selección de política de pedidos para cada grupo: Se hace una selección de la política que resulte más adecuada de acuerdo a la configuración específica de la empresa.
4. Evaluación en el caso de estudio: Se hace una evaluación de la efectividad de la implementación de las políticas de inventario en comparación con el sistema actual.

3.1 PRIMERA FASE: DIAGNÓSTICO INICIAL Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En la etapa inicial se hace un análisis de la situación actual de la empresa. Para esto se hace una consulta con expertos mediante una encuesta. Se utiliza la metodología Delphi propuesta por Harold et al. (1975). El panel de expertos se compone de 30 expertos los cuales tienen experiencia en el área de cadena de suministro. Esta revisión con expertos ayuda a entender cuáles son las características relevantes de los inventarios y también ayuda a entender que tipo de datos son necesarios recopilar.

3.1.1 PASO 1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Esta etapa consiste en la aplicación de una encuesta con los expertos correspondientes en relación al manejo de políticas de control de inventarios. Se les hace saber a los usuarios que por cuestiones de confidencialidad la información obtenida no será compartida y únicamente será utilizada para el análisis de esta investigación.

Una vez concluida la aplicación de las encuestas, se analizarán los datos con la utilización de herramientas estadísticas con lo cual se espera obtener las características e información del tipo de datos que será necesario obtener de la empresa. Una vez realizado este análisis y obtenida la información correspondiente se hará una limpieza y ordenamiento de los datos. Estos datos servirán como punto de partida para el análisis posterior.

3.1.2 PASO 2. CASO DE ESTUDIO

En esta etapa se explica la configuración actual de la empresa para relacionar el caso de estudio. Para esto se explicará de forma general el proceso de la compañía

para dar contexto y poder entender su estructura para adaptar de la mejor manera posible la política de inventarios.

3.1.3 PASO 3. DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Una vez obtenidos los datos correspondientes proporcionados por la empresa, se procederá a delimitar los valores y criterios para obtener el estado actual de la empresa. Dichos valores serán de utilidad para hacer la evaluación comparativa con los métodos y herramientas propuestos en esta investigación.

3.1.3.1 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE ROTACIÓN DE INVENTARIOS

En este paso se determina la tasa de rotación de inventarios actual la cual será utilizada para realizar la comparativa una vez se haya implementado los métodos y criterios que componen este trabajo.

De acuerdo con (Heizer et al., 2013) la rotación de inventarios se calcula siguiendo la ecuación 3.1.

$$ITR = \frac{COGS}{\bar{I}} \quad (3.1)$$

Donde ITR es la tasa de rotación de inventarios, $COGS$ es el costo de producir los bienes o servicios vendidos para un periodo dado. La \bar{I} es el valor promedio del inventario calculado para ese periodo. Este valor puede ser el promedio de varios periodos de inventario o la suma de los inventarios inicial y final dividida entre dos.

En el caso de estudio presentado, únicamente se estarán analizando los inventarios de materias primas por lo que la ecuación 3.1 estaría contemplando el costo e inventario promedio únicamente de las materias primas y componentes para producción directa.

De igual modo se calculara el nivel de servicio actual utilizando la ecuación 4.2.

$$\text{Nivel de Servicio} = \frac{AS}{ANS + AS} \quad (3.2)$$

Donde AS son los pedidos suministrados y ANS son los artículos no suministrados durante el periodo correspondiente.

3.2 SEGUNDA FASE: CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS

En la segunda fase se llevará cabo una clasificación multicriterio por medio de la utilización de la herramienta TOPSIS. Se hace una propuesta de los criterios a establecer de acuerdo con los resultados obtenidos en la primera fase.

3.2.1 PASO 1. TÉCNICA DE PREFERENCIAS ORDENADAS POR SIMILITUD A UNA SOLUCIÓN IDEAL (TOPSIS)

El método TOPSIS se aplica siguiendo los siguientes pasos utilizando como base la metodología propuesta por Tzeng & Huang (2011).

- Paso 1.1 Se identifican los criterios a evaluar. El primer paso de la segunda fase contempla la asignación y establecimiento de criterios para su posterior asignación de pesos para realizar la clasificación. Para fines de este trabajo, la propuesta de los criterios a considerar para la clasificación se contemplan los revisados en la etapa de literatura de acuerdo a la tabla 2.1.

En la tabla 3.1 podemos encontrar los 8 criterios que se utilizaran de acuerdo a cada método de clasificación de inventarios.

TABLA 3.1: Criterios para clasificación multicriterio

No.	Método de Clasificación	Descripción del criterio
1	ABC	Valor del inventario
2	HML	Precio unitario del material
3	XYZ	Variabilidad de demanda del material
4	VED	Criticidad del componente
5	FSN	Frecuencia de demanda
6	SDE	Tiempo de entrega
7	GOLF	Fuente de suministro del componente
8	SOS	Disponibilidad de su suministro

Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, el modelo propuesto asume que las categorizaciones de la tabla 3.1 ya están realizadas. Sin embargo, es importante que se asigne un valor numérico para cada categoría del criterio de clasificación. A continuación se muestra en la tabla 3.2 el valor numérico asignado para cada uno de los elementos de cada uno de los criterios.

TABLA 3.2: Valores de criterios para clasificación multicriterio

No.	Método de Clasificación	Descripción del criterio	Valores
1	ABC	Valor del inventario	A = 3 B = 2 C = 1
2	HML	Precio unitario del material	H = 3 M = 2 L = 1
3	XYZ	Variabilidad de demanda del material	X = 3 Y = 2 Z = 1
4	VED	Criticidad del componente	V = 3 E = 2 D = 1
5	FSN	Frecuencia de demanda	F = 3 S = 2 N = 1
6	SDE	Tiempo de entrega	S = 3 D = 2 E = 1
7	GOLF	Fuente de suministro del componente	G = 4 O = 1 L = 2 F = 3
8	SOS	Disponibilidad de su suministro	S = 3 O = 1 S* = 2 N = 0

- Paso 1.2. Se construye una matriz de datos en donde el eje vertical contemple

un conjunto de alternativas, $A = \{A_k \mid k = 1, \dots, n\}$, y el horizontal un conjunto de criterios, $C = \{C_j \mid j = 1, \dots, m\}$, donde $X = \{x_{kj} \mid k = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m\}$ denota el conjunto de calificaciones y $w = \{w_j \mid j = 1, \dots, m\}$ es el conjunto de pesos para los criterios.

- Paso 1.3. Se normalizan los datos mediante la ecuación 3.3 para que los valores queden entre 0 y 1.

$$r_{kj}(x) = \frac{x_{kj}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{kj}^2}}, \quad k = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m. \quad (3.3)$$

donde x_{kj} es el valor del producto k en el criterio j y r_{kj} es la normalización del producto k en el criterio j .

- Paso 1.4. Se determinan los pesos (w_j) para los criterios de la tabla 3.1 de acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta.
- Paso 1.5. Se multiplican las columnas de la matriz de decisión normalizada por los pesos (w_j). Para esto es necesario entender si los criterios son de beneficio o costo.

- Para criterios de beneficio (Si es mayor es mejor), $r_{kj}(x) = (x_{kj} - x_j^-) / (x_j^* - x_j^-)$ donde $x_j^* = \max_k x_{kj}$ y $x_j^- = \min_k x_{kj}$ o colocando a x_j^* como el nivel deseado y a x_j^- como el peor nivel.
- Para criterios de costo (Si es menor es mejor), $r_{kj}(x) = (x_j^- - x_{kj}) / (x_j^- - x_j^*)$.

Entonces se obtiene la matriz de decisión ponderada y normalizada utilizando la ecuación 3.4, donde V_{kj} es el valor de decisión ponderado y normalizado del producto k en el criterio j .

$$v_{kj}(x) = w_j r_{kj}(x), \quad k = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m. \quad (3.4)$$

- Paso 1.6. El siguiente paso consiste en determinar el punto ideal (PIS) y anti-ideal (NIS). Los cuales se calculan por medio de las ecuaciones 3.5 y 3.6 respectivamente.

$$\begin{aligned}
 PIS = A^+ &= \{v_1^+(x), v_2^+(x), \dots, v_j^+(x), \dots, v_m^+(x)\} \\
 &= \left\{ \left(\max_k v_{kj}(x) \mid j \in J_1 \right) \right\}, \left\{ \left(\min_k v_{kj} \mid j \in J_2 \right) \mid k = 1, \dots, n. \right\}
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

$$\begin{aligned}
 NIS = A^- &= \{v_1^-(x), v_2^-(x), \dots, v_j^-(x), \dots, v_m^-(x)\} \\
 &= \left\{ \left(\min_k v_{kj}(x) \mid j \in J_1 \right) \right\}, \left\{ \left(\max_k v_{kj} \mid j \in J_2 \right) \mid k = 1, \dots, n. \right\}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

Donde J_1 y J_2 son los atributos de beneficio y costo respectivamente.

- Paso 1.7. El siguiente paso consiste en calcular la separación de PIS y NIS entre las alternativas. Para el cálculo de la separación de valores se utiliza la distancia Euclidiana, la cual se calcula con las ecuaciones 3.7 y 3.8 respectivamente.

$$D_k^* = \sqrt{\sum_{j=1}^m [v_{kj}(x) - v_j^+(x)]^2}, \quad k = 1, \dots, n. \tag{3.7}$$

$$D_k^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m [v_{kj}(x) - v_j^-(x)]^2}, \quad k = 1, \dots, n. \tag{3.8}$$

Las similitudes con la solución ideal se pueden calcular siguiendo la ecuación 3.9, donde $C_k^* \in [0, 1] \quad \forall k = 1, \dots, n.$

$$C_k^* = D_k^- / (D_k^* + D_k^-), \quad k = 1, \dots, n. \tag{3.9}$$

- Paso 1.8. Por último, se obtiene el orden preferido de acuerdo a las similitudes con el PIS (C_k^*) en orden descendiente para elegir las mejores alternativas.

3.2.2 PASO 2. DETERMINACIÓN DEL GRUPO DE CLASIFICACIÓN

En esta parte se hace el agrupamiento de acuerdo con los resultados obtenidos por el método TOPSIS que va en función del valor acumulado de C_k^* . Se realizará la categorización en tres grupos y se utilizara el principio de Pareto para este propósito. Se establecen los grupos de acuerdo con su nivel jerárquico obtenido por TOPSIS. El primer grupo consiste en el 20% de los artículos, el segundo grupo consiste en el siguiente 30% de artículos y por último el 50% restante conforma el grupo 3.

3.3 TERCERA FASE: SELECCIÓN DE POLÍTICAS DE INVENTARIOS

La tercera fase consiste en adoptar la política de inventarios a aplicar de acuerdo con los grupos determinados en la fase anterior, así como la determinación de la tasa de rotación de inventarios actual de la empresa. También se hace el cálculo de inventario de seguridad de acuerdo con el nivel de servicio esperado para cada grupo.

3.3.1 PASO 1. SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE INVENTARIOS

Se propone la utilización del modelo EOQ clásico para realizar los cálculos correspondientes al tamaño de lote Q . Sin embargo, es importante señalar que este modelo hace una serie de suposiciones las cuales son revisadas mas adelante para el caso de estudio propuesto. Se consideran como parte del análisis los métodos propuestos en la figura 2.2.

3.3.1.1 MODELO EOQ CLÁSICO

El modelo de lote económico o mejor conocido como EOQ, es un modelo determinístico. El objetivo de este modelo consiste en determinar con qué frecuencia y en qué cantidad se debe abastecer el inventario de manera que se minimice la suma de los costos de mantener y ordenar (Hillier & Lieberman, 2010). Donde:

- K = Costo de preparación
- c = Costo unitario de producir o comprar cada unidad
- h = Costo de mantener el inventario por unidad, por unidad de tiempo

Para el cálculo del tamaño del lote a ordenar Q , se aplicará el modelo EOQ clásico, el cual contempla los siguientes supuestos:

1. La cantidad ordenada Q para reabastecer el inventario llega de una sola vez cuando se desea, es decir, cuando el nivel del inventario baja hasta cero.
2. Se conoce la tasa de demanda de d unidades por unidad de tiempo
3. No se permiten faltantes.

La ecuación (3.10) muestra el cálculo del modelo EOQ clásico.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2dK}{h}} \quad (3.10)$$

Como se describió anteriormente, es necesario hacer una revisión de las suposiciones que hace este modelo ya que para fines del caso de estudio existe variabilidad en la demanda, no se tienen entregas inmediatas y existen faltantes por lo que en este trabajo se contemplan algunas adecuaciones para poder contrarrestar dichos supuestos del modelo EOQ clásico.

Para el supuesto 1 se propone la utilización de puntos de reorden ya que tal como se observa en la figura 3.2 el modelo EOQ clásico considera el tiempo de colocar un pedido y recibirlo como constante e igual a cero. Sin embargo, en la realidad es normal que haya un periodo de tiempo desde el momento en que se coloca una orden hasta el momento de recibir el inventario. Por lo que el nivel de inventario en lo que se recibe una orden se le conocerá como punto de reorden.

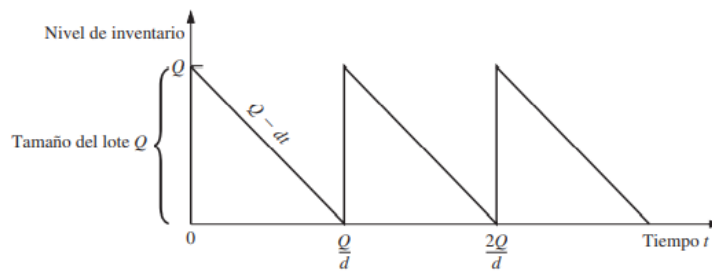


FIGURA 3.2: Diagrama del nivel de inventario como función del tiempo del modelo EOQ básico. Fuente: (Hillier & Lieberman, 2010).

La ecuación (3.11) muestra el cálculo del punto de reorden.

$$s = \bar{d} \cdot L \quad (3.11)$$

Donde s = punto de reorden, \bar{d} = demanda promedio diaria y L = Tiempo de entrega.

En cuanto al supuesto 2, es complicado determinar con exactitud la demanda exacta que tendrá una parte o componente, por lo que se propone la utilización de un inventario de seguridad en conjunto con el punto de reorden. La ecuación (3.11) quedaría modificada de la siguiente manera:

$$s = \bar{d} \cdot L + SS \quad (3.12)$$

Donde SS representa el inventario de seguridad de acuerdo con el nivel de servicio esperado para esa parte o componente. El cálculo de SS se define en la siguiente sección.

3.3.1.2 INVENTARIOS DE SEGURIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

En este paso, se establecen los parámetros de nivel de servicio esperado que servirán para calcular los niveles del inventario de seguridad. En este sentido, se establece un factor de servicio que van en función de cada grupo y de acuerdo a su importancia estratégica. Estos los podemos encontrar en la tabla 3.3.

TABLA 3.3: Parámetros de nivel de servicio

Grupo	Prioridad	Porcentaje
1	Alta	95 %
2	Media	90 %
3	Baja	70 %

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar, se establecen altos niveles de servicio dado que la industria en la cual se encuentra basado el caso de estudio espera este tipo de servicio. Sin embargo, estos parámetros pueden ser ajustados en base a lo esperado por la industria o la compañía en particular.

La fórmula para determinar el nivel de inventario de seguridad en función del nivel de servicio esperado queda expresada en la ecuación (3.13):

$$SS = (z \cdot \sigma_d) \cdot \sqrt{L} \quad (3.13)$$

Donde z representa el valor de la función de distribución normal estándar correspondiente al nivel de servicio objetivo, σ_d es la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera del suministro y L es el tiempo de entrega.

3.3.1.3 POLÍTICA (s, S)

La política (s, S) se denota cuando el punto de reorden llega hasta o por debajo de un punto s , por lo que se ordena hasta un punto máximo S . En este tipo de política es necesario que no se tenga una cantidad mínima de pedido y se ordene la cantidad exacta para llegar al punto S .

Esta política se compone de los siguientes elementos

- S = Nivel máximo de inventario
- s = Punto de reorden
- Q = Tamaño del pedido

El nivel mínimo del inventario se determina mediante la ecuación (3.12). En cuanto al cálculo del nivel máximo de inventario se utilizara la fórmula propuesta en la ecuación (3.14).

$$S = s + Q \tag{3.14}$$

3.3.2 PASO 2. AGRUPAMIENTO ENTRE MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN Y POLÍTICAS DE PEDIDOS

En la tabla 3.4 podemos observar cómo se relacionan las políticas de pedidos con la clasificación correspondiente de acuerdo con los parámetros de nivel de servicio esperado. Estos parámetros pueden ser ajustados de acuerdo a la experiencia del analista y de acuerdo con la expectativa de la empresa.

En esta sección se propone la utilización de políticas de revisión continua dado que en la actualidad los sistemas computacionales tienen la capacidad para dar un

seguimiento exacto y tiempo real de la información de inventarios.

TABLA 3.4: Agrupamiento de métodos de clasificación y control de inventarios

Grupo	Políticas	Revisión	Periodicidad	Nivel de servicio
1	Política s, S	Periódica	Diario	95 %
2	Política s, S	Periódica	Diario	90 %
3	Política Lote por Lote	Periódica	Diario	70 %

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe y explica la relación de cada grupo de acuerdo a su relevancia estratégica para la organización.

1. Grupo 1: Este grupo representa un nivel de prioridad alto, con artículos de alto valor y demanda estable. Por tanto, se considera importante tener un control estricto de los costos y se contempla un nivel de servicio del 95 %.
2. Grupo 2: Este grupo representa un nivel de prioridad media, con artículos de valor medio y una demanda irregular. Por tanto, se considera importante tener un control estricto de los costos y se contempla un nivel de servicio del 90 % dado que su estabilidad de demanda es intermitente.
3. Grupo 3: Este grupo representa un nivel de prioridad bajo, con artículos de bajo valor y una demanda esporádica o nula. Por tanto, se consideran partes que pueden generar inventario obsoleto o lento movimiento por lo que no se desea tener la menor cantidad de partes almacenadas solo se ordena lo que es necesario y se mantiene un nivel de seguridad mínimo solo para cubrir eventualidades.

3.3.3 PASO 3. PRUEBA DE NORMALIDAD

En este paso, se analizan a los datos de demanda con la finalidad de validar que se sigue una distribución normal y para poder constatar la utilización de las

políticas descritas anteriormente. Se hará la prueba de normalidad con Kolmogorov-Smirnov ya que de acuerdo con la literatura revisada es apropiada donde el tamaño de muestra es mayor a 30. El nivel de significancia a utilizar será del 5 %.

3.4 CUARTA FASE: EVALUACIÓN EN EL CASO DE ESTUDIO

La fase de evaluación consiste en hacer una comparativa de la situación actual de la empresa y la metodología propuesta en esta investigación con la finalidad de confirmar lo establecido en la hipótesis. Una vez que se cuenta con la clasificación y las políticas de pedido apropiada para cada componente, se efectúan los cálculos pertinentes para determinar las cantidades de la política.

3.4.1 ROTACIÓN DE INVENTARIOS

La utilización de indicadores para medir el desempeño de una organización es esencial. Existe una amplia diversidad de indicadores que ayudan a evaluar el desempeño de una organización o una cadena de suministro. En el caso de los inventarios la rotación de inventarios ha demostrado ser una de las mediciones más apropiadas para evaluar a las organizaciones. En la industria de manufactura la rotación de inventarios ha resultado crítica ya que permite conocer la velocidad en que los productos o el inventario se está moviendo en la fábrica.

Entre mayor sea la rotación de inventarios, significa que menor cantidad de dinero está siendo retenido para partes que no tienen movimiento o que no se están vendiendo. El determinar la rapidez con la que se realizan las ventas puede ser utilizado para hacer una evaluación comparativa de la competitividad de la compañía.

En esta etapa, se recalcula la rotación de inventarios con los resultados obteni-

dos de las nuevas políticas implementadas. Se espera ver una mejoría en el nivel de inventario, el nivel de servicio y en la tasa de rotación de inventarios de la empresa.

3.5 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Como se ha descrito con anterioridad, las políticas de inventario juegan un papel crucial en la gestión de recursos de una empresa y tienen un impacto significativo en su éxito a largo plazo. La implementación de una buena política de inventario puede ayudar a mejorar la eficiencia de la cadena de suministro, reducir los costos y aumentar la satisfacción del cliente, mientras que una política inadecuada puede tener consecuencias negativas.

Es importante que las empresas evalúen regularmente sus políticas de inventario y las ajusten según sea necesario para asegurarse de que cumplen con sus objetivos y respondan a las demandas cambiantes del mercado. Para ello, es necesario que se considere la configuración específica de la empresa y que se contemplen los parámetros de acuerdo a las necesidades de la empresa, así como la utilización de métodos que sean afines a la estrategia del negocio.

En este capítulo se establecieron los parámetros y métodos que serán aplicados en la etapa de análisis y resultados. En la fase de diagnóstico se identifican los datos y las necesidades específicas de acuerdo con la configuración actual del negocio, posteriormente se hace una clasificación y categorización con el fin de aplicar la política de inventario mas apropiada para cada grupo. Finalmente, se hace una evaluación del desempeño de las políticas implementadas para constatar lo descrito en la hipótesis.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se presenta el análisis y los resultados más relevantes derivados del estudio realizado. Se sigue paso a paso las cuatro fases propuestas en el capítulo de metodología y también se explica de manera detallada la interpretación de cada uno de los resultados obtenidos mediante la presentación de tablas y gráficos de manera que se entienda de manera clara y concisa dichas interpretaciones.

4.1 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA FASE 1: DIAGNOSTICO INICIAL Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

4.1.1 PASO 1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En la figura 4.1 se muestran los resultados obtenidos de la encuesta. Se presenta que el 90% de los encuestados tiene más de 2 años de experiencia profesional relevante mientras que el 55.33% tiene 5 años o más. El 70% de los encuestados posee por lo menos un título universitario y el 30% posee un título de maestría.



FIGURA 4.1: Experiencia profesional relevante de la población encuestada

Fuente: Elaboración propia

Un dato particularmente interesante el cual podemos observar en la figura 4.2 es el de los años en la posición actual. El 67 % de la población encuestada tiene menos de 2 años en el puesto actual, lo que podría entenderse que existe un alto nivel de rotación en estas áreas lo cual pudiera ocasionar una falta de sostenibilidad en el mantenimiento de políticas de inventario en el largo plazo dado que esta sujeto a la interpretación y experiencia de la persona encargada de implementar estas políticas por lo que existe un riesgo de que no pudiera darse una adecuada estandarización de procesos.

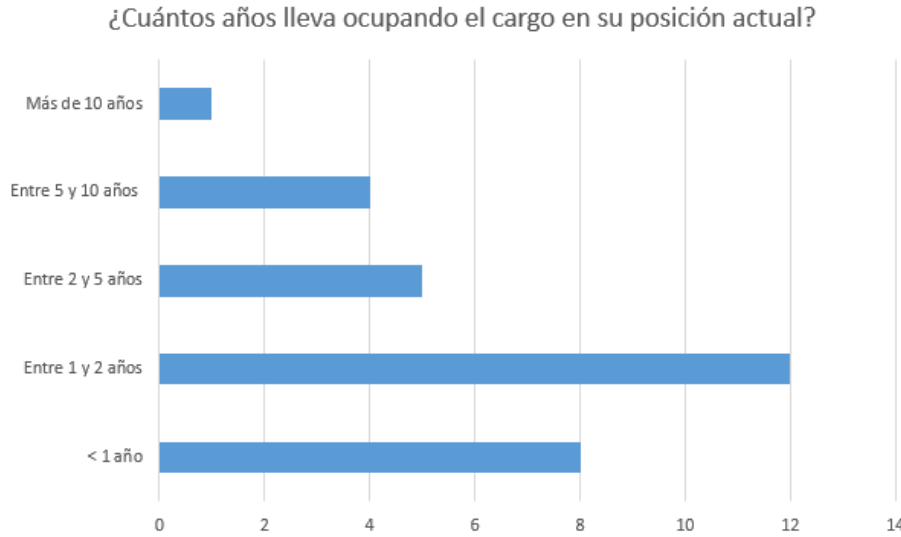


FIGURA 4.2: Experiencia en posición actual de la población encuestada

Fuente: Elaboración propia

Se evaluaron 8 indicadores para medir el desempeño de los inventarios. En la tabla 4.1 podemos observar que el indicador mejor evaluado fue la tasa de rotación de inventarios con 136 puntos. Por lo tanto, se valida la utilización de este indicador para evaluar el caso de estudio.

TABLA 4.1: Puntaje de indicadores de inventarios

Indicador	Puntaje
Rotación de inventarios	136
Días de inventario	119
Valor del Inventario	118
Precisión del inventario	112
Porcentaje de cobertura	109
Tasa de cumplimiento (Fill Rate)	103
Porcentaje de entregas en tiempo (OTD)	102
Nivel de obsolescencia	91

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 PASO 2. CASO DE ESTUDIO

Se presenta una empresa de manufactura ubicada en la ciudad de Monterrey, Nuevo León dedicada a la elaboración de productos para la industria automotriz.

La empresa posee un portafolio de 939 números de parte para materias primas y componentes que utiliza en su producción directa dentro de los cuales se encuentran principalmente productos de acero y plásticos. Se cuenta con una base de 139 proveedores, de los cuales 69 son nacionales, 21 regionales y 49 extranjeros por lo que cuenta con operaciones de comercio exterior tanto para importación y exportación. Por fines de confidencialidad de la compañía no se detalla el nombre ni el tipo de productos que fabrica en su planta.

La empresa cuenta con un sistema ERP que le permite conocer el nivel del inventario en tiempo real. El sistema de planeación de requerimientos de materiales se actualiza una vez por día y se consolidan las ordenes de acuerdo al nivel de inventario, por lo que su sistema de revisión es periódico de forma diaria. El sistema tiene la capacidad de adaptarse para consolidar los pedidos de forma semanal o mensual. Se lleva un control de inventarios de forma empírica por parte del personal por lo que no cuenta con un sistema estandarizado y se ajustan los parámetros como los inventarios de seguridad de acuerdo con la experiencia y juicio del planeador.

La empresa normalmente coloca ordenes con entregas semanales a sus proveedores y se colocan por periodos de un año. Se pueden realizar ajustes al programa de entregas con un mínimo de dos semanas hacia adelante.

4.1.3 PASO 3. SITUACIÓN ACTUAL - CASO DE ESTUDIO

Se obtuvo por medio de la empresa el costo por materias primas de los últimos 12 meses. Los valores durante este periodo de tiempo se presentan en la figura 4.3.

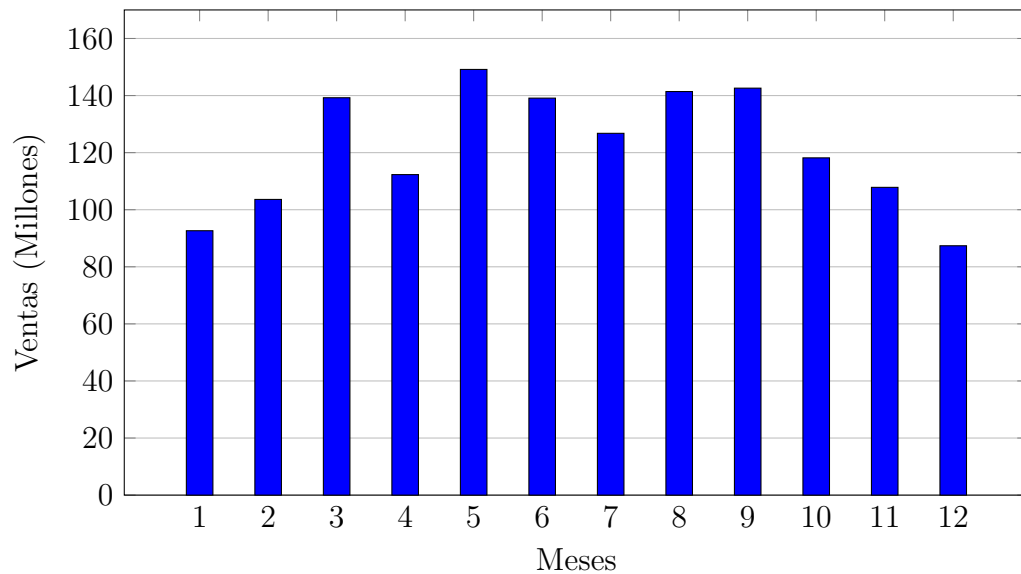


FIGURA 4.3: Ventas mensuales

el cual es de \$1,460,217,000 USD anuales, mientras que el inventario inicial para ese periodo fue de \$129,712,000 USD y el inventario final de \$95,834,000 USD. Por lo tanto, se efectúa la ecuación 4.3 para obtener la tasa de rotación de inventarios actual. El inventario de materias primas representa en promedio aproximadamente el 50% de los inventarios totales, por lo que contribuyen en parte importante a la rotación de inventarios de la empresa.

$$ITR = \frac{1,460,217,000}{112,773,000} = 12.94 \quad (4.1)$$

El nivel de servicio correspondiente para este periodo fue de 84.36%. Se muestra en la ecuación 4.2:

$$\text{Nivel de Servicio} = \frac{1,085,024}{201,216 + 1,085,024} = 84.36\% \quad (4.2)$$

4.2 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA FASE 2: CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS

4.2.1 IMPLEMENTACIÓN DE TOPSIS

4.2.1.1 PASO 1.1. SE IDENTIFICAN LOS CRITERIOS A EVALUAR

Se utilizan los criterios de la tabla 3.1. En este caso se seleccionan como criterios los siguientes: El valor de inventario, precio unitario del material, variabilidad de demanda, criticidad del componente, frecuencia de demanda, tiempo de entrega, fuente de suministro del componente y la disponibilidad del suministro.

4.2.1.2 PASO 1.2. SE CONSTRUYE UNA MATRIZ DE DATOS

A continuación se construye la matriz de datos de acuerdo con cada criterio, en donde las alternativas serían los números de parte y se colocan en el eje de las x mientras que los criterios se colocan en el eje de las y . Se presenta una muestra de esta matriz en la tabla 4.2.

TABLA 4.2: Matriz de datos

No. Parte	1	2	3	4	5	6	7	8
501338491	C	L	Z	D	S	E	F	S*
501331934	C	L	Y	D	F	E	O	S
501336761	A	L	X	E	F	S	F	S
501226835	A	M	Y	E	F	E	F	S
1094322763	B	M	Y	V	F	E	L	S

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.3 se muestra la matriz de datos con los valores numéricos los cuales serán de utilidad para realizar la normalización.

TABLA 4.3: Matriz de datos con valores numéricos

No. Parte	1	2	3	4	5	6	7	8
501338491	1	1	1	1	2	1	3	2
501331934	1	1	2	1	3	1	1	3
501336761	3	1	3	2	3	3	3	3
501226835	3	2	2	2	3	1	3	3
1094322763	2	2	2	3	3	1	2	3

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.3 PASO 1.3. SE NORMALIZAN LOS DATOS

Se lleva a cabo la normalización de acuerdo con la ecuación 3.3. En la tabla 4.4 podemos observar los valores de los datos presentados en el paso anterior ya normalizados. En todos los criterios se busca maximizar el beneficio.

TABLA 4.4: Matriz de datos normalizada

No. Parte	1	2	3	4	5	6	7	8
501338491	0.0190	0.0225	0.0159	0.0172	0.0239	0.0311	0.0621	0.0239
501331934	0.0190	0.0225	0.0317	0.0172	0.0359	0.0311	0.0207	0.0359
501336761	0.0570	0.0225	0.0476	0.0344	0.0359	0.0933	0.0621	0.0359
501226835	0.0570	0.0449	0.0317	0.0344	0.0359	0.0311	0.0621	0.0359
1094322763	0.0380	0.0449	0.0317	0.0515	0.0359	0.0311	0.0414	0.0359

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.4 PASO 1.4. SE DETERMINAN LOS PESOS DE LOS CRITERIOS

Se hace el análisis correspondiente para obtener los pesos mediante los datos recabados en la encuesta realizada en la fase 1. Por lo tanto, los pesos correspondientes para cada uno de los ocho criterios se presentan en la tabla 4.5

TABLA 4.5: Pesos de los criterios

No.	Descripción del criterio	w_j
1	Valor del inventario	15.05 %
2	Precio unitario del material	12.31 %
3	Variabilidad de demanda del material	14.70 %
4	Criticidad del componente	12.66 %
5	Frecuencia de demanda	13.26 %
6	Disponibilidad de suministro	10.39 %
7	Fuente de suministro del componente	10.16 %
8	Disponibilidad de su suministro	11.47 %

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.5 PASO 1.5. SE MULTIPLICAN LAS COLUMNAS DE LA MATRIZ DE DECISIÓN NORMALIZADA POR LOS PESOS

En este paso se multiplican los pesos de los criterios por cada uno de los valores correspondientes de las alternativas utilizando la ecuación 3.4 con lo cual se obtiene una matriz de pesos ponderada y normalizada. En la tabla 4.6 podemos observar una muestra siguiendo el mismo ejemplo de alternativas de los pasos anteriores.

TABLA 4.6: Matriz de datos ponderada y normalizada

No. Parte	1	2	3	4	5	6	7	8
501338491	0.0029	0.0028	0.0023	0.0022	0.0032	0.0032	0.0063	0.0027
501331934	0.0029	0.0028	0.0047	0.0022	0.0048	0.0032	0.0021	0.0041
501336761	0.0086	0.0028	0.0070	0.0044	0.0048	0.0097	0.0063	0.0041
501226835	0.0086	0.0055	0.0047	0.0044	0.0048	0.0032	0.0063	0.0041
1094322763	0.0057	0.0055	0.0047	0.0065	0.0048	0.0032	0.0042	0.0041

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.6 PASO 1.6. SE DETERMINA EL PUNTO IDEAL (PIS) Y ANTI-IDEAL (NIS)

En este paso se lleva a cabo el cálculo correspondiente para determinar PIS y NIS para cada uno de los criterios. Se utilizan las ecuaciones 3.5 y 3.6. Los valores de PIS y NIS para cada criterio se muestran en la tabla 4.7.

TABLA 4.7: Valores de PIS y NIS para cada criterio

No. Parte	1	2	3	4	5	6	7	8
PIS	0.0086	0.0083	0.0070	0.0065	0.0048	0.0097	0.0063	0.0041
NIS	0.0029	0.0028	0.0023	0.0022	0.0016	0.0032	0.0021	0.0014

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.7 PASO 1.7. SE CALCULA LA SEPARACIÓN DEL PIS Y NIS DE CADA CRITERIO PARA TODAS LAS ALTERNATIVAS

En este paso, se calculan las distancias euclidianas para la solución ideal y anti-ideal mediante las ecuaciones 3.7 y 3.8. También se realiza el cálculo correspondiente para determinar la cercanía relativa para la solución ideal con la ecuación 3.9. En la tabla 4.8 se muestran los resultados obtenidos siguiendo la muestra de datos de los

pasos anteriores.

4.2.1.8 PASO 1.8. SE OBTIENE EL ORDEN PREFERIDO DE ACUERDO CON LA SIMILITUD A LA SOLUCIÓN IDEAL

En este paso se obtienen los ordenes preferidos de acuerdo con el resultado obtenido en C_k^* , en este caso los valores se ordenan de forma descendiente con lo cual se obtiene el orden de alternativas de acuerdo con su cercanía a la solución ideal. En la tabla 4.8 también se muestra el orden de preferencia para los valores que se han mostrado en pasos anteriores.

TABLA 4.8: Resultados obtenidos por TOPSIS

No. Parte	D_k^*	D_k^-	C_k^*	No. Orden
501338491	0.0123	0.0047	0.2772	728
501331934	0.0121	0.0048	0.2835	688
501336761	0.0059	0.0117	0.6627	3
501226835	0.0077	0.0093	0.5456	35
1094322763	0.0082	0.0079	0.4899	78

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 PASO 2. DETERMINACIÓN DE GRUPO DE CLASIFICACIÓN

En ultimo paso de la fase 2 se obtienen los grupos de clasificación por lo que se ordenan los valores y se obtienen los rangos de acuerdo con lo establecido en sección 3.3.2. De acuerdo con los datos obtenidos la cantidad de productos por grupo de clasificación se muestra en la tabla 4.9 donde se obtienen 188 productos para el grupo 1, 282 productos para el grupo 2 y 470 productos para el grupo 3. El inventario actual correspondiente a materias primas es de \$66,127,887.68 USD.

Se observa que en el grupo 1 en solo el 20% de los artículos se encuentra el

TABLA 4.9: Productos por grupo de clasificación

Grupo	Cantidad de Productos	Inventario (\$USD)
1	188	48,396,947.03
2	282	8,654,048.11
3	470	9,076,892.55
Total	939	66,127,887.68

Fuente: Elaboración propia

73.19% del inventario, mientras que en el grupo 2 se concentra 30% de artículos que representan el 13.09% del inventario y en el grupo 3 se concentra el 50% de los artículos restantes y representan el 7.6%. Con estos resultados se finaliza la fase 2 correspondiente a la clasificación de inventarios. Por lo que se procederá a asignar y hacer los cálculos para determinar la política de inventarios mas adecuada.

4.3 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA FASE 3: SELECCIÓN DE POLÍTICAS DE INVENTARIOS

4.3.1 SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE INVENTARIOS

De acuerdo con los datos presentados en el caso de estudio se propone la utilización de un sistema de revisión periódica con demanda estocástica. Esto debido a que la empresa actualmente realiza sus pedidos de forma consolidada una vez al día. Se hace referencia a los métodos seleccionados en la tabla 3.4. Para fines de este caso de estudio, únicamente se establece un inventario de seguridad solo para aquellas partes que presenten una variabilidad estable y un uso frecuente. En la tabla 4.10 podemos observar los resultados producto de la implementación de estas políticas. El punto s corresponde a un valor de \$54,829,142.67 USD mientras que el

inventario máximo S es de \$66,228,262.22 USD.

TABLA 4.10: Resultados de implementación de políticas de inventarios

Grupo	Nivel s (\$USD)	Nivel S (\$USD)
1	50,515,178.11	56,797,775.54
2	3,878,516.09	6,993,142.99
3	435,448.48	2,437,343.69
Total	54,829,142.67	66,228,262.22

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 PRUEBAS DE NORMALIDAD

Se llevo a cabo una prueba de normalidad mediante el método Kolmogorov-Smirnov. De los 939 números de parte, se descarta el 26.1 % de artículos debido a que no se ha tenido demanda durante los últimos 12 meses y por lo tanto el resultados de las pruebas es nulo. Por otra parte, se obtiene que en el 54.4 % de los artículos se acepta la hipótesis nula mientras que tan solo en el 19.5 % se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

TABLA 4.11: Resultados Prueba de Normalidad

Tipo Hipótesis	Cantidad Artículos	Porcentaje
Se acepta H_0	183	19.5 %
Se rechaza H_0	511	54.4 %
Se descarta	245	26.1 %

Fuente: Elaboración propia

La recomendación es no establecer inventarios de seguridad en las partes donde se rechaza o se descarta la hipótesis nula debido a que estos números de parte pudieran tener una demanda errática. Para este tipo de partes se recomienda establecer una política lote por lote o mantener los inventarios mínimos.

4.4 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA FASE 4: EVALUACIÓN EN EL CASO DE ESTUDIO

Se hace una simulación con base en los requerimientos futuros de la compañía de los siguientes 120 días, se observa que la rotación de inventarios disminuye un 1.3% en comparación con la misma tasa de rotación de inventarios de los últimos 12 meses. Sin embargo, el resultado de implementar políticas de inventario resulta en un incremento considerable del nivel de servicio de 9.47%.

$$ITR = \frac{1,460,217,000}{114,307,119.33} = 12.77 \quad (4.3)$$

El nuevo nivel de servicio es de 93.82%, tal como se muestra en la ecuación 4.4.

$$\text{Nivel de Servicio} = \frac{750,713}{49,416 + 750,713} = 93.82\% \quad (4.4)$$

4.5 CONCLUSIÓN DEL CAPITULO

Como pudimos observar dentro de este capítulo se obtuvieron los resultados correspondientes. En la fase 1 se obtuvieron los datos correspondientes para 939 números de parte.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la última fase, se constata que la implementación de métodos cuantitativos para el control de inventarios ayuda a mejorar el desempeño de los inventarios. En este caso, se logró que las vueltas de inventario se mantuvieran constantes incrementando el nivel de servicio en un 9.47%.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones finales con respecto a la implementación de políticas de inventario para la mejora del desempeño de los inventarios dentro de la cadena de suministro interna de una empresa del giro de manufactura. De manera general se presentan las siguientes conclusiones con base en los resultados obtenidos:

- Los resultados obtenidos de la encuesta muestran la relevancia que se le da a cada uno de los criterios para la clasificación de inventarios.
- Los resultados obtenidos de la encuesta muestran que la rotación de inventarios es uno de los indicadores que proporciona mucha mayor relevancia al momento de evaluar el desempeño de los inventarios.
- La clasificación de inventarios mediante la utilización de la herramienta multicriterio TOPSIS permite jerarquizar y clasificar a los inventarios con múltiples características y criterios de los productos además de ofrecer una amplia flexibilidad de adaptación ante distintas características de los productos.
- La utilización de una política de revisión periódica considerando demanda estocástica permite a la empresa consolidar los pedidos de acuerdo con la periodicidad que su sistema de administración o sistema ERP le permita.

5.1 CONTRIBUCIONES

Este trabajo de investigación contribuye con la aportación de una metodología para ayudar a las empresas a mejorar su control de inventarios mediante la utilización de una herramienta de análisis multicriterio. Esta metodología propone la incorporación de una serie de criterios que ayudan en la toma de decisiones cuando se tienen escenarios donde hay múltiples productos o donde la cantidad de productos a administrar es muy amplia y se cuenta con diversas características tales como el valor del inventario, la variabilidad de la demanda, la frecuencia de la demanda, la criticidad y costo del producto, entre otros. Es importante precisar que la utilización de TOPSIS como herramienta para jerarquizar y clasificar inventarios es muy flexible para las empresas dado que es posible configurar de acuerdo a las características específicas del negocio.

Una vez efectuada la jerarquización y clasificación, se elige un método de control de inventarios que se adapte a las características de administración del negocio. Esto con el fin de implementar dichos métodos y permita obtener el mayor beneficio posible sin afectar el servicio al cliente.

5.2 RECOMENDACIONES

Se hace una recomendación a la empresa objeto de estudio para utilizar la metodología propuesta, de manera que se contemplen las características mas relevantes para el control de inventarios ya que se demuestra que el beneficio de aplicar esta metodología tiene resultados sustanciales para mejorar el desempeño de los inventarios dentro de su cadena de suministro interna. De manera de recomendación se establecen los siguientes puntos:

- Contemplar la utilización de TOPSIS al momento de actualizar los parámetros

de sus políticas de inventario al menos una vez cada cuatro meses.

- Se recomienda la utilización de distintos niveles de servicio en los inventarios de seguridad priorizando el grupo 1.
- Se recomienda la utilización de inventarios de seguridad únicamente en productos que presenten demanda estable y un uso frecuente. Para los productos que no tengan una demanda estable se deja a criterio del evaluador.
- Se recomienda utilizar una política de revisión periódica con pedidos consolidados de forma diaria para todos los grupos.
- Se recomienda evaluar la evolución de los inventarios utilizando el indicador de rotación de inventarios y el nivel de servicio.

5.3 TRABAJO FUTURO

La propuesta para trabajo futuro se consolida en los siguientes puntos:

- Utilizar una herramienta de ponderación para asignar los pesos correspondientes dentro de TOPSIS.
- En la fase de clasificación de inventarios utilizar una herramienta de análisis de grupos o agrupamientos para definir los grupos dentro de la clasificación.
- En la fase de selección de los métodos de control de inventarios hacer una investigación mas profunda sobre las técnicas actuales para el control de inventarios.
- Hacer una evaluación comparativa de los métodos de control de inventarios revisadas en esta investigación.

-
- En el caso de la revisión periódica, se recomienda utilizar distintos intervalos de tiempo para realizar las revisiones de manera que se pueda consolidar una mayor cantidad de pedidos. Se recomienda la aplicación de herramientas de optimización.

BIBLIOGRAFÍA

- Adeyemi, S. & Salami, A. (2010). Inventory management: A tool of optimizing resources in a manufacturing industry a case study of coca-cola bottling company, ilorin plant. *Journal of Social Sciences*, 23(2):135–142.
- Agarwal, R. (2017). Optimal order quantity and inventory classification using clustering. *International Journal of Applied Management Sciences and Engineering*, 4:41–52.
- Axsäter, S. (2015). *Inventory Control*. Springer, 3^a edición.
- Balfaqih, H., Mohd, Z., Saibani, N., & Al-Nory, M. (2016). Review of supply chain performance measurement systems: 1998–2015. *Computers in Industry*, 82:135–150.
- Ballou, R. (2004). *Business Logistics/supply Chain Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 5^a edición.
- Beamon, B. (1999). Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations Production Management*, 19(3):275–292.
- Bose, C. (2006). *Inventory Management*. Prentice Hall of India Private Limited, 1^a edición.
- Brunaud, B., Laínez-Aguirre, J. M., Pinto, J. M., & Grossmann, I. E. (2019). Inventory policies and safety stock optimization for supply chain planning. *AIChE Journal*, 65(1):99–112.

- Chamorro, J., Díaz, J., Fuentes, O., & Lovo, H. (2018). Política de inventarios máximos y mínimos en cadenas de suministro multinivel. caso de estudio: Una empresa de distribución farmacéutica. *Nexo revista científica*, 31(2):144–156.
- Chapman, S., Arnold, T., Gatewood, A., & Clive, L. (2008). *Introduction to Materials Management*. Pearson Prentice Hall, USA, 6ª edición.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2013). *Supply chain management strategy, planning and operation*. Pearson Education, 5ª edición.
- Christopher, M. (1999). Logistics and supply chain management: Strategies for reducing cost and improving service (second edition). *International Journal of Logistics Research and Applications*, 2(1):103–104.
- Christopher, M. (2011). *Logistics and Supply Chain Management*. Prentice Hall, 4ª edición.
- Cuthbertson, R. & Piotrowicz, W. (2008). Supply chain best practices – identification and categorization of measures and benefits. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(5):389–404.
- Danese, P. & Bortolotti, T. (2014). Supply chain integration patterns and operational performance: a plant-level survey-based analysis. *International Journal of Production Research*, 52(23):7062–7083.
- DeMatteis, J. J. (1968). An economic lot-sizing technique, i: The part-period algorithm. *IBM Systems Journal*, 7(1):30–38.
- Durán, Y. (2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión gerencial*, 1:55–78.
- Ernst, R. & Cohen, M. (1990). Operations related groups (orgs): A clustering procedure for production/ inventory systems. *Journal of Operations Management*, 9(4):574–598.

- Fisburn, P. C. (1967). A problem-based selection of multi-attribute decision making methods. *Journal Informanika*, 7(2).
- Gandica de Roa, E. M. (2020). Potencia y robustez en pruebas de normalidad con simulación montecarlo. *Revista Scientific*, 5(18):108–119.
- García, M. & Gonzalo, M. (2015). Diseño de una política de inventario para una empresa dedicada a la producción y a la venta de productos orgánicos para la acuicultura. *Tesis de Maestría*.
- García, R., Wang, X., & Burgess, T. (2003). Tuning inventory policy parameters in a small chemical company. *The Journal of the Operational Research Society*, 54(4):350–361.
- Gelders, L. & Van Looy, P. (1978). An inventory policy for slow and fast movers in a petrochemical plant: A case study. *Journal of the Operational Research Society*, 29:867–874.
- Ghorabae, M., Zavadskas, E., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (edas). *Informatika*, 26:435–451.
- González, A. (2020). Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva. *Revista chilena de ingeniería*, 28(1):133–142.
- Gunasekaran, A., Patel, C., & McGaughey, R. (2004). A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*, 87(3):333–347. Supply Chain Management for the 21st Century Organizational Competitiveness.
- Gómez, P. (2015). Optimización de inventarios y nivel de servicio. *Hospitalidad ESDAI*, 27:101–115.
- Hadi-Vencheh, A. (2010). An improvement to multiple criteria abc inventory classification. *European Journal of Operational Research*, 201(3):962–965.

- Handfield, R., Warsing, D., & Wu, X. (2009). (q,r) inventory policies in a fuzzy uncertain supply chain environment. *European Journal of Operational Research*, 197(2):609–619.
- Harold, L., Murray, T., & Olaf, H. (1975). *The delphi method*. Addison-Wesley Reading, MA.
- Harris, F. (1913). How many parts to make at once. *Factory, The Magazine of Management*, 10(2):135–136.
- Hau Lee, N., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). The bullwhip effect in supply chains. *loan Management Review*, 38(3):93–102.
- Hausman, W. (2004). Supply chain performance metrics. the practice of supply chain management: Where theory and application converge. *International Series in Operations Research Management Science*, 62:61–73.
- Heizer, J., Render, B., & Al-Zu'bi, Z. (2013). *Operations Management*.
- Hillier, F. & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. McGraw Hill, New Jersey, 9ª edición.
- Hoberg, K., Bradley, J. R., & Thonemann, U. W. (2007). Analyzing the effect of the inventory policy on order and inventory variability with linear control theory. *European Journal of Operational Research*, 176(3):1620–1642.
- Hwang, C.-L. & Yoon, K. (1981). *Methods for Multiple Attribute Decision Making*, pages 58–191. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Ivanov, D., Tsipoulanidis, A., & Schönberger, J. (2021). *Global Supply Chain and Operations Management: A Decision-Oriented Introduction to the Creation of Value*. Springer International Publishing, Cham, 2ª edición.
- Karthick, M., Karthikeyan, S., & Pravin, M. (2014). A model for managing and controlling the inventory of stores items based on abc analysis. *Global Journal of Research in Engineering*, 14:1–6.

- Kendall, M. & Stuart, A. (1977). *The advanced theory of statistics*. Griffin, 2^a edición.
- Keskin, S. (2005). Comparison of several univariate normality tests regarding type I error rate and power of the test in simulation based small samples. *Journal of Applied Science Research*, 2(5):296–300.
- Ketkara, M. & Vaidya, O. (2014). Developing ordering policy based on multiple inventory classification schemes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 133:180–188.
- Kilonzo, J., Memba, S., & Njeru, A. (2016). Effect of inventory management on financial performance of firms funded by government venture capital in Kenya. *European Journal of Business and Management*, 8(5):35–41.
- Köksalan, M., Wallenius, J., & Zionts, S. (2011). *Multiple criteria decision making: From early history to the 21st century*.
- Komorowski, P., Warchalowski, J., & Zawada, P. (2021). The organizational culture of enterprises and changes in supply chain management in the COVID-19 pandemic era. *Journal of Modern Science*, pages 211–226.
- Korponai, J., Ágota Bányainé Tóth, & Illés, B. (2017). Effect of the safety stock on the probability of occurrence of the stock shortage. *Procedia Engineering*, 182:335–341.
- Kuncoro, B., Aurachman, R., & Santosa, B. (2018). Inventory policy for relining roll spare parts to minimize total cost of inventory with periodic review (r,s,q) and periodic review (r,s) (case study: Pt. z). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 453(1).
- Kwak, J. (2019). Analysis of inventory turnover as a performance measure in manufacturing industry. *Processes*, 7:760.

- Lajili, I., Ladhari, T., & Babai, M. (2013). Multi-criteria inventory classification problem: A consensus approach. *5th International Conference on Modeling, Simulation and Applied Optimization (ICMSAO)*, pages 1–6.
- Lau, R., Xie, J., & Zhao, X. (2008). Effects of inventory policy on supply chain performance: A simulation study of critical decision parameters. *Computers Industrial Engineering*, 55(3):620–633.
- López, V. (2007). Un modelo de simulación dinámica de políticas de inventario bajo una estrategia de manufactura mixta en el sector automotriz mexicano. *Tesis de Maestría*.
- Masudin, I., Kamara, M., Zulfikarijah, F., & Dewi, S. (2018). Impact of inventory management and procurement practices on organization's performance. *Singaporean Journal of Business Economics and Management Studies*, 6(3):32–39.
- Mentzer, J., Dewitt, W., Keebler, J., Min, S., Nix, N., Smith, C., & Zacharia, Z. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22.
- Mohammaditabar, D., Hassan Ghodsypour, S., & O'Brien, C. (2012). Inventory control system design by integrating inventory classification and policy selection. *International Journal of Production Economics*, 140(2):655–659.
- Mohd Razali, N. & Yap, B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *J. Stat. Model. Analytics*, 2.
- Montes, E. (2018). Fortalecimiento del suministro de materia prima de una empresa de manufactura de componentes automotrices de la ciudad de toluca. *Tesis de Maestría*.
- Montoya-Torres, J., Muñoz-Villamizar, A., & Mejia, C. (2021). Mapping research in logistics and supply chain management during covid-19 pandemic. *International Journal of Logistics Research and Applications*, pages 1–21.

- Moosavi, J., Fathollahi-Fard, A., & Dulebenets, M. (2022). Supply chain disruption during the covid-19 pandemic: Recognizing potential disruption management strategies. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 75:102983.
- Musalem, E. P. & Dekker, R. (2005). Controlling inventories in a supply chain: A case study. *International Journal of Production Economics*, 93-94:179–188.
- Nenes, G., Panagiotidou, S., & Tagaras, G. (2010). Inventory management of multiple items with irregular demand: A case study. *European Journal of Operational Research*, 205(2):313–324.
- Opricovic, S. (1998). *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*. PhD thesis, Faculty of Civil Engineering.
- Pandya, B. & Thakkar, H. (2016). A review on inventory management control techniques: Abc-xyz analysis. *REST Journal on Emerging trends in Modelling and Manufacturing*, 2(3):82–86.
- Parlar, M., Wang, Y., & Gerchak, Y. (1995). A periodic review inventory model with markovian supply availability. *International Journal of Production Economics*, 42(2):131–136.
- Porras, J. (2016). Comparación de pruebas de normalidad multivariada. *Nales científicos*, 77(2):141–146.
- Radasanu, A. (2016). Inventory management, service level and safety stock. *Journal of Public Administration*, 9(9):145–153.
- Rossetti, M. & Achlerkar, A. (2011). Evaluation of segmentation techniques for inventory management in large scale multi-item inventory systems. *International Journal of Logistics Systems Management*, 8(4):403–424.
- Saaty, T. L. (1972). An eigenvalue allocation model for prioritization and planning.
- Saaty, T. L. (1996). Decision making with dependence and feedback, the analytic network process. page 481.

- Sakakibara, S., Flynn, B., Schroeder, R., & Morris, W. (1997). The impact of just-in-time manufacturing and its infrastructure on manufacturing performance. *Management Science*, 43(9).
- Shekhovtsov, A. & Salabun, W. (2020). A comparative case study of the vikor and topsis rankings similarity. *Procedia Computer Science*, 176:3730–3740.
- Silver, E. & Meal, H. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. *Production and Inventory Management*, 14(2):64–74.
- Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. John Wiley Sons, 3ª edición.
- Taleizadeh, A. (2018). *Inventory Control Models with Motivational Policies*. Springer, 1ª edición.
- Teunter, R., Babai, M., & Syntetos, A. (2009). Abc classification: Service levels and inventory costs. *Production and Operations Management*, 19(3):343–352.
- Torabi, S., Hatefi, S., & Saleck Pay, B. (2012). Abc inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria. *Computers Industrial Engineering*, 63(2):530–537.
- Trubchenko, T., Kiseleva, E., Loshchilova, M., Dreval, A., Ryzhakina, T., & Shaf-telskaya, N. (2020). Application of abc and xyz analysis to inventory optimization at a commercial enterprise. *SHS Web Conf.*, 80:01007.
- Tzeng, G.-H. & Huang, J.-J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Chapman and Hall/CRC, 1ª edición.
- Uzunoglu, U. & Tamer, S. (2011). Determining the inventory policy for slow-moving items: A case study. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 1:139–143.

- Villalobos, I., Valdés, P., & Palavecino, M. (2016). Mejora de procesos productivos mediante lean manufacturing. *Facultad de administración y economía*, 28(39):26–55.
- Wagner, H. & Whitin, T. (1958). Dynamic version of the economic lot size model. *Management Science*, 5(1):89–96.
- Warren Liao, T. & Chang, P. (2010). Impacts of forecast, inventory policy, and lead time on supply chain inventory—a numerical study. *International Journal of Production Economics*, 128(2):527–537. Supply Chain Forecasting Systems.
- Wemmerlöv, U. (1983). The part-period balancing algorithm and its look ahead-look back feature: A theoretical and experimental analysis of a single stage lot-sizing procedure. *Journal of Operations Management*, 4(1):23–39.
- Widianta, M. M. D., Rizaldi, T., Setyohadi, D. P. S., & Riskiawan, H. Y. (2018). Comparison of multi-criteria decision support methods (ahp, topsis, saw amp; promenthee) for employee placement. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1):012116.
- Wilson, R. (1934). A scientific routine for stock control. *Harvard Business Review*, 13:116–128.
- Xiao, Y., R., Z., & Kaku, I. (2011). A new approach of inventory classification based on loss profit. *Expert Systems with Applications*, 38(8):9382–9391.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Jorge Alberto Hernández Félix

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:

SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE INVENTARIO Y SU
EFECTO EN EL DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Jorge Alberto Hernández Félix es Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Cuenta con una amplia experiencia en áreas de gestión de la cadena de suministro donde ha ocupado distintos puestos en los departamentos de compras, producción, planeación y cadena de suministro. Actualmente se desarrolla como analista de cadena de suministro con enfoque en la gestión de inventarios en una importante empresa del sector automotriz.