



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIOS
PARA EL MANEJO DE LOS CINCO PRODUCTOS MÁS DEMANDADOS EN UNA EMPRESA
FARMACÉUTICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, MEDIANTE LA
EVALUACIÓN HISTÓRICA DE VENTAS**

Irina Denise Cardona López

Asesorado por el MSc. Ing. Edson Iván Rodríguez Sánchez

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIOS
PARA EL MANEJO DE LOS CINCO PRODUCTOS MÁS DEMANDADOS EN UNA EMPRESA
FARMACÉUTICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, MEDIANTE LA
EVALUACIÓN HISTÓRICA DE VENTAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

IRINA DENISE CARDONA LÓPEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. EDSON IVÁN RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
EXAMINADOR	Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIOS
PARA EL MANEJO DE LOS CINCO PRODUCTOS MÁS DEMANDADOS EN UNA EMPRESA
FARMACÉUTICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, MEDIANTE LA
EVALUACIÓN HISTÓRICA DE VENTAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de noviembre de 2022.



Irina Denise Cardona López



EEPFI-PP-2020-2022

Guatemala, 12 de noviembre de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ing. Álvarez

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **PROPUESTA DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIOS PARA EL MANEJO DE LOS CINCO PRODUCTOS MÁS DEMANDADOS EN UNA EMPRESA FARMACÉUTICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, MEDIANTE LA EVALUACIÓN HISTÓRICA DE VENTAS**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Logística integral**, presentado por la estudiante **Irina Denise Cardona López** carné número **201504057**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Edson Iván Rodríguez Sánchez
Asesor(a)



Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIQ.1665.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIOS PARA EL MANEJO DE LOS CINCO PRODUCTOS MÁS DEMANDADOS EN UNA EMPRESA FARMACÉUTICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, MEDIANTE LA EVALUACIÓN HISTÓRICA DE VENTAS**, presentado por el estudiante universitario **Irina Denise Cardona López**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Williams G. Álvarez Mejía; Mg.I.Q., M.U.I.E.
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.051.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIOS PARA EL MANEJO DE LOS CINCO PRODUCTOS MÁS DEMANDADOS EN UNA EMPRESA FARMACÉUTICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, MEDIANTE LA EVALUACIÓN HISTÓRICA DE VENTAS**, presentado por: **Irina Denise Cardona López**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, recursos, fuerza y sabiduría necesaria para alcanzar esta meta más en mi vida.
Mis padres	José Cardona y Sandra López, por haberme dado la vida y haberme guiado por el camino de esfuerzo que me permitió llegar a este punto.
Mi hermana	Jacqueline Cardona, por su apoyo a lo largo de mi carrera.
Mi novio	Luis del Cid, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.
Familia y amigos	Por su apoyo incondicional en cada momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la institución que me permitió nutrirme de conocimientos y avanzar en un crecimiento académico y profesional.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Empresa farmacéutica	Por haberme brindado la oportunidad e información necesaria para realizar este trabajo de investigación.
Mis amigos	Por haberme acompañado durante la carrera y haberme brindado su apoyo en todo momento.
Mi asesor	MSc. Ing. Edson Iván Rodríguez Sánchez, por su apoyo y conocimientos brindados para el desarrollo de este trabajo.
Personal y compañeros dentro de la empresa	Por su colaboración en la ejecución de este estudio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Contexto General	9
3.2. Descripción del problema	10
3.3. Formulación del problema	11
3.4. Delimitación del problema	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	17
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1. Inventario.....	21

7.1.1.	Control de inventarios	23
7.1.2.	Propósitos del inventario	24
7.1.3.	Costos del inventario	24
7.1.4.	Sistemas de inventario	25
7.1.4.1.	Modelo de inventario de período único.....	26
7.1.4.2.	Modelos de inventarios de varios períodos	27
7.1.4.2.1.	Modelos de cantidad de pedido fija.....	28
7.1.4.2.2.	Modelos de período fijo	32
7.1.4.3.	Método de planeación de requerimiento de materiales	36
7.1.4.4.	Método justo a tiempo	36
7.1.5.	Inventarios de seguridad	36
7.1.5.1.	Modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad	38
7.1.5.2.	Modelo de período fijo con inventario de seguridad.....	40
7.2.	Demanda.....	42
7.2.1.	Variabilidad en la demanda	43
7.2.2.	Administración de la demanda	43
7.2.3.	Componentes de la demanda	44
7.2.3.1.	Demanda promedio para el período	44
7.2.3.2.	Tendencia.....	45
7.2.3.3.	Elementos estacionales.....	46
7.2.3.4.	Elementos cíclicos.....	47
7.2.3.5.	Variación aleatoria.....	47

	7.2.3.6.	Auto correlación.....	47
7.3.		Segmentación de datos.....	50
	7.3.1.	Clasificación ABC.....	50
		7.3.1.1. Método ABC multicriterio.....	52
	7.3.2.	Clasificación bidimensional.....	54
	7.3.3.	Agrupación por familias.....	55
7.4.		Pronósticos.....	55
	7.4.1.	Tipos de pronósticos.....	56
	7.4.2.	Métodos cualitativos.....	57
	7.4.3.	Análisis de series de tiempo.....	58
		7.4.3.1. Análisis de regresión lineal.....	58
		7.4.3.2. Promedio móvil simple.....	59
		7.4.3.3. Promedio móvil ponderado.....	61
		7.4.3.4. Suavización exponencial.....	61
		7.4.3.4.1. Suavización exponencial simple (Método Holt).....	62
		7.4.3.4.2. Suavización exponencial con tendencia (Método Holt-Winters).....	64
	7.4.4.	Errores de pronósticos.....	66
		7.4.4.1. Fuentes de error.....	66
		7.4.4.2. Medición de errores.....	67
	7.4.5.	Pronósticos de relaciones causales.....	70
		7.4.5.1. Análisis de regresión múltiples.....	71
	7.4.6.	Selección de modelo de pronósticos.....	72
7.5.		Política de gestión de inventarios.....	72
	7.5.1.	Diagnóstico de gestión de inventarios.....	73

7.5.2.	Parámetros para una política de inventarios	74
7.5.3.	Tipos de políticas de inventarios	76
7.6.	Control y seguimiento a las políticas de inventarios.....	77
7.6.1.	Indicadores en gestión de inventarios	78
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	81
9.	METODOLOGÍA	85
9.1	Características del estudio	85
9.2	Unidades de análisis	86
9.3	Variables	87
9.4	Fases	89
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS	95
11.	CRONOGRAMA	101
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	103
12.1.	Recursos necesarios.....	103
13.	REFERENCIAS	105
14.	APÉNDICES	111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Modelo de cantidad de pedido fija.....	30
2.	Costos anuales según el tamaño de pedido	31
3.	Metodología de los sistemas de inventario de cantidad de pedido fija y período fijo.....	34
4.	Modelo de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad.....	38
5.	Modelo de período fijo.....	41
6.	Tipos de tendencias de la demanda.....	46
7.	Demanda histórica de productos que consiste en una tendencia al crecimiento y una demanda temporal	48
8.	Patrón de demanda aleatorio o nivelado sin elementos estacionales o de tendencia.....	48
9.	Patrón de demanda con tendencia creciente sin elementos estacionales	49
10.	Patrón de demanda aleatorio con elementos de tendencia y estacionales	49
11.	Patrón de demanda irregular.....	50
12.	Comportamiento del porcentaje de ventas anuales con respecto al porcentaje de ítem de una organización comercial de medicamentos	52
13.	Efectos de distintas duraciones de un período de promedio móvil	60
14.	Desempeño de un modelo de ajuste exponencial.....	62
15.	Distribución de la media y DAM	69
16.	Comportamiento de la señal de seguimiento	71

17.	Lógica del control de inventarios.....	78
-----	--	----

TABLAS

I.	Esquema de la solución.....	18
II.	Variables a analizar	88
III.	Cronograma de actividades	102
IV.	Presupuesto.....	104

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Cantidad de pedido
Q_{opt}	Cantidad de pedido óptima
α	Constante de suavización de aleatoriedad (alfa)
δ	Constante de suavización de tendencia (delta)
σ	Desviación estándar
S_F	Error estándar de pronóstico
IS	Inventario de seguridad
R	Punto de realización de pedido (número específico de unidades)
L	Tiempo de entrega del pedido

GLOSARIO

AHP	Proceso analítico jerárquico.
ANP	Proceso analítico en red.
DAM	Desviación absoluta media.
Demanda	Cantidad de unidades de producto solicitadas por los clientes.
EPAM	Error porcentual absoluto medio.
Indicador	Herramienta de medición de desempeño para control de procesos.
Inventario o <i>stock</i>	Conjunto de productos de una empresa disponibles para su comercialización.
<i>Lead time</i>	Tiempo transcurrido entre el momento en que se recibe una orden de pedido y el momento en que esta se despacha.
Logística	Componente dentro de la cadena de suministros que gestiona el almacenamiento y flujo de mercancías, servicios e información a través de una organización.

Método ABC	<i>Activity based costing</i> o costeo basado en actividades. Método de clasificación de productos.
Método JAT	Método justo a tiempo.
Patrón	Modelo que sirve de muestra para sacar información similar o relacionada.
Política	Orientaciones o directrices que rigen la actuación de una persona o entidad en un asunto determinado.
Producto terminado	Producto que ha pasado por todas las etapas de producción y está listo para su distribución y consumo.
Pronóstico	Predicción que brinda un aproximado de la conducta de una o más variables.
PRM	Planeación de requerimiento de materiales.
QFD	Despliegue de la función de calidad.
Reabastecimiento	Es una operación que consiste en volver a llenar el inventario para evitar el desabastecimiento.
SKU	<i>Stock keeping unit</i> (unidad en inventario). Ítem individual que se puede diferenciar claramente de otro
SS	Señal de seguimiento.

TOPSIS	Técnica de ordenamiento de preferencia por similitud con la solución ideal.
Variabilidad	Dispersión de los valores de una variable en una distribución teórica o en una muestra.
VED	Criterio vital, esencial y deseable.

RESUMEN

El siguiente diseño de investigación se realizó con el fin de lograr una mejora en el lead time de una empresa perteneciente a la industria farmacéutica en Guatemala. Para ello, se propuso la realización de una política de administración de inventario con la cual se busca establecer un control y manejo óptimo del punto de reabastecimiento de los cinco productos más vendidos por la empresa y con ello impactar positivamente a la satisfacción del cliente y a la calidad del producto.

Se planteó una metodología de cinco fases para alcanzar el objetivo principal de este estudio. Inicialmente, se indicó que se conocerá el estado actual de la empresa mediante un diagnóstico. Posteriormente, se estableció que se realizará una clasificación de los productos por medio de datos históricos con lo cual se podrán realizar los pronósticos respectivos del comportamiento de demanda de cada producto analizado. Habiendo obtenido la información y calculado los datos necesarios, se evaluará una política de inventarios que se adapte mejor a la situación de la empresa. Una vez establecida la política de inventarios se planteó como objetivo final, la selección de indicadores para el control y seguimiento de la política establecida.

Luego de aplicada la metodología se espera que la empresa pueda generar cambios significativos en el manejo del inventario de producto terminado con el propósito de disminuir o eliminar los casos de incumplimiento o demoras en el despacho de producto debido a la falta de *stock*.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se origina a partir de la necesidad de gestionar el inventario de producto terminado de una empresa perteneciente a la industria farmacéutica, ubicada en la ciudad de Guatemala. El propósito principal del estudio es proponer una política para la adecuada administración del inventario con la que se reduzca el lead time y, con ello, aumentar la satisfacción del cliente. Este trabajo se enfoca en brindar un aporte a la logística de la empresa desde la adecuada programación de la producción hasta el despacho del producto final, contribuyendo a que la empresa tenga un abastecimiento óptimo de productos que logren satisfacer la demanda de sus actuales y potenciales clientes.

El sistema con el que se rige una empresa debe lograr gestionar adecuadamente el inventario que maneja para evitar demoras o incumplimientos en los pedidos. Este es el principal problema al que se está enfrentando la empresa farmacéutica objeto de este estudio, y la adaptación de una adecuada política de control y gestión de inventario es vital para enfrentar el crecimiento que ha venido adoptando y que se prevé que seguirá teniendo al abarcar más nichos de mercado. Aledaño a ello, el correcto reabastecimiento de producto terminado y del material necesario para su producción, programados a partir de las proyecciones de la demanda, no solo logrará reducir el tiempo de espera para el despacho de pedidos, sino que también contribuirá a la evaluación y garantía de calidad del producto terminado.

La política de inventarios que se busca proponer como resultado de este trabajo de investigación, surgirá inicialmente a partir de una fase de diagnóstico

que permitirá evaluar la situación actual de la empresa a partir de entrevistas, análisis documental, análisis de datos históricos e investigación bibliográfica. Una vez establecido el punto de partida, se utilizarán datos históricos de los años 2021 y 2022 para establecer una clasificación de los productos según su movimiento en el mercado. Luego de la fase de segmentación de datos, se realizará un pronóstico del comportamiento de la demanda esperada en el futuro, seleccionando para ello el método más adecuado mediante un análisis de errores de modelos de pronósticos. Una vez proyectado el comportamiento futuro que se espera de la demanda, se evaluará y seleccionará el método más adecuado para la determinación del punto de reabastecimiento de los productos. La información obtenida, permitirá estructurar y proponer una política de manejo de inventarios para que se pueda implementar en la empresa con el fin de disminuir los tiempos de espera que los clientes enfrentan como consecuencia de la falta de *stock*. Además, en esta última fase se especificarán los indicadores necesarios para el control y seguimiento de la política de inventarios.

Este estudio cuenta con la aprobación y apoyo de la empresa farmacéutica en donde se llevará a cabo para desarrollarlo con los recursos que permitan brindarle a la empresa la oportunidad de realizar cambios sistemáticos no sólo en el área de logística y producción, sino que también a nivel general. La aplicación de la propuesta incluso le permitirá involucrarse cada vez más en otros mercados con la seguridad de la capacidad productiva y logística con la que cuenta para cumplir con la demanda, a partir de la buena gestión de sus inventarios.

2. ANTECEDENTES

La industria ha evolucionado con los años para dar origen a diversidad de empresas, las cuales persiguen el objetivo común de un aumento continuo de la satisfacción de sus clientes a través del manejo óptimo de la cadena de suministros de los bienes o servicios que ofrecen. Para lograr dicho propósito es necesaria una correcta y adecuada gestión de los inventarios que se manejan, con el fin de evitar reprocesos, demoras o incumplimientos que afecten la confianza de los clientes. Debido a que existen diferencias entre cada industria y dado las particularidades de cada empresa, se han realizado distintos estudios e investigaciones acerca de los métodos que podrían aplicarse para la gestión y control de los inventarios que se enfocan en elementos como la segmentación de datos, realización de pronósticos, selección del método más adecuado para reabastecimiento según el entorno y panorama del comportamiento de los productos en la empresa y para el diseño de una política de manejo de inventarios que cumpla con los requerimientos de cada empresa que busque mejorar la gestión de la logística.

Tomando como base empresas reconocidas como pequeñas o medianas para el análisis del manejo de inventarios Vasconez, Mayorga, Moreno, Arellano y Pazmiño (2020) diseñaron, validaron e implementaron herramientas como guías de diagnóstico que permiten identificar, evaluar y monitorear la gestión comercial, así como modelos y herramientas para el manejo de todo lo que gira en torno a los inventarios con el fin de obtener un beneficio en el incremento de la eficiencia. Estas herramientas fueron aplicadas a la empresa Pymes, perteneciente al sector ferrero en Ecuador, logrando diseñar con éxito un modelo con el que se logra aumentar la eficiencia empresarial mediante la gestión del

sistema de inventarios. Dicho modelo fue validado mediante el análisis del diagnóstico que se realizó al inicio, concluyendo que el uso de estas herramientas impacta positivamente a la empresa a través de un mejor desempeño.

Toda empresa requiere de un manejo de inventario de los productos que produce y comercializa según el giro comercial propio de la empresa, lo cual es esencial para una respuesta satisfactoria ante los clientes. Según Carboneras, de la Fuente y McDonnell (2021) la asignación de una política en la gestión de inventario para cada producto busca esa mejora de servicio mientras que se mantienen bajos costos de mantenimiento y operación de inventarios. Se han realizado estudios que presentan las políticas de determinación de *stock*, los criterios de clasificación de productos con el método ABC, la clasificación bidimensional y las técnicas y criterio para la selección del método adecuado. Se ha demostrado en este estudio que un análisis basado en la demanda, y no en el volumen de producción, reduce los costos de inventario.

Ahora bien, un buen control de los inventarios en una empresa es esencial no solo para gestionar los inventarios en sí, sino que también contribuye en gran manera en la obtención eficiente de información útil que puede dar un aporte importante en el desarrollo de las finanzas de la empresa; además, ayuda a garantizar un trabajo de mejora continua, gestionar inventarios óptimos generando mayor rotación de inventarios y aplicando adecuadamente las políticas y procedimientos para dicho control (Arroba, Angulo y Naula, 2018).

Estas características del manejo de inventarios fueron analizadas en la empresa FRASCO S.A. por Arroba *et. al.*, (2018) en busca de una demostración de su relación con el tema. Para los años 2016 y 2017, se emplearon distintos métodos y se implementaron manuales de políticas y procedimientos en dicha empresa.

Sumado a ello, implementar un sistema para la gestión de inventarios enfocado en buscar los niveles óptimos a lo largo de la cadena de suministros, es importante la clasificación del inventario considerando el nivel de ventas, la selección de productos de mayor rotación con el fin de identificar el tipo de demanda y la selección de métodos y modelos que permitan establecer un nivel óptimo de pedidos, inventario de seguridad, puntos de reorden y costos de inventarios. Además, se hace necesario establecer indicadores que midan el desempeño del sistema de gestión y control de inventarios aplicado en una empresa. Este modelo es válido para empresas distribuidoras de productos de aseo y farmacéuticos, según lo expresa Juca, Narváez, Erazo y Luna (2019).

Al enfocarse en la clasificación de productos, el objetivo principal de estudios como el descrito por Lin y Ma (2021) fue proponer un nuevo método, basado en la clasificación ABC, que logre mejorar las deficiencias de los métodos de clasificación tradicionales. Se clasificó el caso utilizando el método de clasificación ABC, y luego se aplicó el método Delphi modificado, el análisis factorial y el modelo de decisión del proceso analítico de red (ANP) construido por grupo focal. Con ello, se propuso un esquema específico de mejora y contramedidas para el plan de clasificación de gestión de almacenamiento del caso. Para la verificación y la aplicabilidad del modelo, se utilizó un caso real para probar el modelo. Este estudio permite conocer que existen diversas alternativas para la clasificación o segmentación de productos, más allá de lo tradicional. Con ello, se abre paso a la adaptabilidad de métodos que se apeguen más a la situación de cada empresa.

La clasificación de productos no es el único factor importante al momento de analizar los inventarios en torno a la demanda. La distorsión que sufre la información acerca de la demanda en su paso por cada etapa de la cadena de suministros, provoca también distorsión en la propia cadena, y es a lo que se le

llama efecto látigo. Costantino, Di Gravio, Shaban y Tronci (2013) consideraron un enfoque de simulación para estudiar la estacionalidad en la demanda y sus consecuencias reflejadas en el efecto látigo y la estabilidad del inventario en la logística regida bajo una política de pedido de existencias base con un método de promedio móvil. Se halló que los altos niveles de estacionalidad reducen en gran medida la relación del efecto látigo. Los resultados expuestos en el estudio muestran que el desempeño de la cadena de suministro es muy sensible a los parámetros de previsión y existencias o inventario de seguridad, independientemente del grado de estacionalidad.

Ahora bien, Paredes, Jaramillo y Jaramillo (2022) introducen un método para gestionar los inventarios el cual abarca elementos de sistema Lean y la teoría de restricciones que involucra buffers dinámicos para controlar los niveles de inventario a la vez que se responde a las demandas del cliente, esto sin necesidad de realizar pronósticos para así reducir la incertidumbre existente en la demanda y disminuir el riesgo de generar efecto látigo. El método Demand Driver MRP expuesto en el estudio, permite evitar la acumulación de inventarios innecesarios y mejorar la atención al cliente.

González y González (2020) presentó una metodología para la gestión de los inventarios, con una orientación a la estrategia competitiva que generalmente rige a una empresa. Específicamente, se contemplan ambientes con diversidad de productos y con variabilidad en el comportamiento de la demanda. Se estructura una metodología que inicia con la identificación de la estrategia de la empresa en un ambiente competitivo con relación a los niveles de servicio. Luego, se establece una segmentación de los productos con base en criterios según la estrategia, clasificando los productos en más y menos relevantes, tomando como referencia la demanda de cada uno de ellos. Se continúa con un pronóstico realizado para conocer la demanda futura, empleando el coeficiente

de variación como medida de variabilidad y utilizando la regresión exponencial como técnica de pronóstico. Por último, se orienta a la selección de una política de inventario acorde con las necesidades de la estrategia competitiva de la empresa como es la política de revisión periódica. Esta metodología de cuatro pasos se implementó en una empresa líder en Chile del rubro de pernería y tornillería.

Enfocándose en los cambios que pueden presentar las ventas de los productos, se debe contemplar que cuando existe más variabilidad en la demanda, el *stock* de seguridad debería aumentar, y el costo de inventario aumentaría conjuntamente. En el trabajo de Izar, Ynzunza y Guarneros (2016), se analiza el efecto de la variabilidad de la demanda en el período de tiempo en que se entrega un pedido, sobre el inventario de seguridad y el costo de inventario que se maneja por artículo. La metodología se basó en un análisis estadístico de la desviación como medida de cuánto se estima que varíe la demanda.

“El propósito fundamental de una cadena de abastecimiento consiste en maximizar el valor de la organización, al tiempo que se satisfacen los requerimientos del cliente” (Osorio, 2013, p. 4). Los inventarios necesitan la implementación de una política de control eficiente y adecuada para el escenario donde se aplicará, el número de productos a gestionar, el número de almacenes físicos para el inventario y la disponibilidad de información en tiempo real. Por lo tanto, es importante la consideración de dichos factores al momento de evaluar y seleccionar una política de gestión de inventarios a implementar.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

El manejo de inventarios es una parte esencial en el desarrollo de cualquier empresa, y se relaciona directamente con la logística de la empresa al cumplir la función de aprovisionamiento y distribución. El correcto control de inventarios permite realizar los reaprovisionamientos adecuados de producto, materia prima y material de empaque, en el momento preciso para que se logre cumplir con la demanda de los clientes.

Considerando lo anterior, una mala gestión de inventarios puede provocar roturas de *stock*, lo cual, a su vez generarían pérdidas económicas para la empresa y también pérdida de reputación al no cumplir con la demanda requerida (Fernández, 2018).

La empresa en la que se realizará el estudio pertenece al área farmacéutica y lleva en funciones más de veinte años en la ciudad de Guatemala, teniendo presencia a nivel nacional e internacional en Centroamérica y algunos países de Sudamérica. Hasta el momento, se ha manejado un sistema de producción por lotes para satisfacer la demanda actual, así como el incremento de demanda esperado. Debido al crecimiento que la empresa está experimentando, se requiere de la identificación de puntos de mejora para una gestión más eficiente de los recursos de la empresa.

El funcionamiento actual de la empresa reduce la posibilidad de inventario obsoleto o sobreproducción ya que se produce en función de la demanda. Sin

embargo, la empresa constantemente experimenta incumplimientos y/o demoras en los pedidos. Debido a que, generalmente, los productos producidos ya están pedidos por clientes, este se despacha inmediatamente una vez terminada la producción, y no se cuenta con el tiempo de análisis de producto terminado que permita evaluar su calidad antes de la venta.

El manejo de inventario descrito impide una adecuada programación de la producción en la empresa en cuestión, ya que esta únicamente se ha manejado con base en un cálculo empírico de existencia de los productos que más se venden. De igual manera, la programación de la cantidad de material de envase y empaque y de materia prima a mantener en bodega también se ve afectada por dicha gestión.

3.2. Descripción del problema

La empresa farmacéutica objeto de este estudio, se está enfrentando actualmente a un crecimiento de demanda de producto y, derivado de ello, muchas veces presenta demoras o incumplimiento en la entrega de los pedidos. La gestión de inventarios que se maneja no define los tiempos y cantidades óptimas de reabastecimiento de cada producto para un manejo adecuado de existencias e inventario de seguridad. Por lo tanto, el historial y el incremento de demanda no se contemplan en el análisis de la programación de producción de la empresa.

El manejo de información empírica es una de las causas del problema identificado, ya que no se cuenta con datos precisos acerca del comportamiento de los productos más demandados por los clientes. Además, una inadecuada organización manejada, ha impedido el avance integral de todas las áreas involucradas en la logística de la empresa. Otras causas importantes son la falta

de uso de tecnología que facilite el manejo de información y el acomodamiento del personal al uso de los sistemas que se han manejado por años.

La falta de existencias al momento de recibir un pedido limita el tiempo dedicado al análisis de las características y de la calidad de los productos terminados, ya que estos deben ser despachados inmediatamente al finalizar su producción. Además, se experimenta acumulación de trabajo al momento de recibir pedidos extraordinarios voluminosos, lo cual requiere de horas extras de trabajo para poder cumplir con los clientes. El incumplimiento de pedidos genera insatisfacción de los clientes y la posibilidad que busquen productos sustitutos o de la competencia para satisfacer la necesidad que presentan.

3.3. Formulación del problema

- Pregunta central

¿Cómo evitar las demoras e incumplimientos en los pedidos de los clientes?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cómo se realiza la gestión de inventarios actualmente en la empresa?
 - ¿Cuáles son los productos más y menos demandados?
 - ¿Cuál es la demanda de pedidos que se espera basado en el historial de ventas?

- ¿De qué manera se puede establecer la cantidad de pedido y período óptimo de reabastecimiento?
- ¿Qué política de inventarios funciona para la empresa y cómo se medirá su desempeño?

3.4. Delimitación del problema

El problema se analizará en el área de producción y bodegas de producto terminado, materia prima y material de envase y empaque de una empresa farmacéutica ubicada en la ciudad de Guatemala, en donde actualmente se trabaja con un sistema empírico para la determinación de *stock* necesario de cada producto. Se considerará el período entre los años 2021 y 2022 para el análisis de información del manejo de la gestión de inventarios manejada hasta el momento en la empresa, así como para la información histórica del comportamiento de la demanda, realizando un enfoque a los cinco productos más vendidos.

4. JUSTIFICACIÓN

Toda empresa, sea grande o pequeña, necesita de una logística y administración de su cadena de suministros para la planificación, gestión, fabricación y distribución de sus productos o servicios. Los inventarios representan uno de los principales componentes de los costos totales de logística para la mayoría de las empresas, por lo que tanto el pronóstico de la demanda como la gestión y control de inventarios es vital para un correcto funcionamiento organizacional. Se debe considerar la variabilidad de la demanda y los tiempos de reposición para lograr manejar un sistema de control eficiente y un manejo integral de los inventarios (Vidal, 2010).

Por lo tanto, el análisis y selección de la política de inventarios que más se adapte y funcione para la empresa propuesta para esta investigación, forma parte de una línea de investigación dentro del campo de la logística integral que estudia las estrategias de administración de inventarios.

El estudio propuesto contribuirá a una mejor programación de la producción para la empresa ya que se conocerá la demanda esperada y la cantidad de existencias de cada producto necesarias para satisfacer dicha demanda contemplando su posible variabilidad. Esto permitirá disminuir o incluso eliminar las demoras y/o el incumplimiento en los pedidos, aumentando la satisfacción del cliente en cuanto a la recepción del producto solicitado, a tiempo y en la cantidad correcta.

Se espera que la investigación logre establecer una política de inventarios que facilite la programación de producción, la gestión del departamento de ventas y satisfacción al cliente, e incluso, la garantía de calidad de los productos.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Proponer una política de inventarios adecuada que permita el abastecimiento óptimo, en cantidad y tiempo, de insumos y producto terminado para cumplir con la demanda de los clientes reduciendo el lead time de los pedidos, para los cinco productos con mayor demanda.

5.2. Específicos

- Detallar la gestión actual de inventarios con la que se maneja la empresa.
- Establecer una segmentación de los productos para su clasificación según la conducta de compra de los consumidores.
- Calcular un pronóstico de ventas a partir de los datos históricos de demanda de la empresa en los últimos dos años.
- Evaluar y seleccionar el método de determinación de punto de reabastecimiento de pedidos adecuado para la empresa.
- Describir la política de inventarios a proponer y los indicadores que permitan dar seguimiento a la gestión de *stock*.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El análisis propuesto permitirá que la empresa en la que se enfoca este estudio considere la aplicación de una política de inventarios adecuada para la gestión de la logística, por medio de la cual se logre reducir el lead time de los pedidos que se reciben y despachan. Esto no solo aumentará la satisfacción de los clientes al disminuir el incumplimiento y/o demora de pedidos, sino que también contribuirá a una mejor organización dentro de la empresa.

Inicialmente, se realizará un análisis histórico de las ventas de los cinco productos con más demanda, durante los años 2021 y 2022. A partir de ello, se clasificarán los productos de manera que esto permita una propuesta de política de inventarios con base en el historial de ventas y la proyección futura de la demanda de los productos seleccionados y clasificados. Mediante el análisis propuesto, la empresa podrá optimizar el período en el que se realizan pedidos para reabastecer su bodega de producto terminado, lo cual también contribuirá a una mejora en la programación de la producción y en la garantía de calidad de los productos.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, la solución propuesta se llevará a cabo según las siguientes fases:

Tabla I. **Esquema de la solución**

Fase	Actividad	Descripción	Recursos	Tiempo
Diagnóstico	Obtención de la información de manejo de inventarios que se realiza en la actualidad dentro de la empresa.	Obtener, mediante la observación y cuestionarios y entrevistas al personal, información de cómo se ha manejado la logística en relación con los inventarios en los últimos años, dentro de la empresa. Realizar una revisión de documentación o registros que se pudieran tener al respecto del manejo de inventarios dentro de la empresa. Calcular el lead time promedio que se maneja en la entrega de pedidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa • Base de datos • Computador a • Documentación y registros 	3 semanas
Análisis y cálculo	Establecer una segmentación de los productos y calcular un pronóstico de ventas a partir de los datos históricos de demanda de la empresa en los últimos dos años.	Seleccionar el método más adecuado para realizar una clasificación de los cinco productos más vendidos según el historial de ventas mensual durante los años 2021 y 2022. A partir de ello, realizar pronósticos de la demanda que se espera de los productos clasificados, para los próximos años.	<ul style="list-style-type: none"> • Historial de ventas de la empresa en los años 2021 y 2022. • Base de datos • Computador a 	6 semanas

Continuación tabla I.

Selección de método	<p>Evaluar y Utilizar los pronósticos seleccionados para evaluar y seleccionar un método de reabastecimiento y punto de pedido que permita cumplir óptimamente con el inventario necesario dentro de la empresa. adecuado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de los costos de mantenimiento y manejo de inventario. • Pronósticos de demanda esperada. • Base de datos • Computadora 	5 semanas
Validación de la propuesta	<p>Describir la política de inventarios a implementar para lograr la reducción del lead time en los pedidos y los indicadores que permitan dar seguimiento y evaluar la gestión de inventarios propuesta.</p> <p>Detallar la política de propuesta, a partir del método de punto de reorden seleccionado y establecer los indicadores que permitan dar seguimiento a la gestión de la misma, realizando un tablero de control para detallar las acciones necesarias para el desarrollo de la política,</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Información de cumplimiento de pedidos • Programas de producción • Base de datos de inventario • Tablero de control de indicadores • Computadora 	18 semanas

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Inventario

El inventario es un conjunto de bienes propios de una empresa, que esta tiene disponibles para su comercialización (Velásquez, Pereda, y Serrano, 2018).

Estos surgen del desfase existente entre la demanda de los clientes o consumidores y la capacidad productiva de la empresa (Vidal, 2010).

Es por ello que la administración de los inventarios se enfoca en lograr contener el objetivo financiero de maximizar el beneficio de la empresa, con el objetivo de mantener suficiente inventario para satisfacer a los clientes (Velásquez *et. al.*, 2018).

Los inventarios cumplen un papel importante en el funcionamiento de todo el proceso de producción que una empresa maneja para poder enfrentarse a la demanda que se le presenta. Por ello, es importante poder mantener un nivel adecuado de inventario. Mantener inventarios elevados aumentaría también los costos de mantenimiento de los mismos ya que inmovilizan recursos financieros que pudieran ser más efectivos en otra área de la empresa. En contraparte, si se mantienen niveles muy bajos de inventario, se hacen necesarios pedidos recurrentes que aumentan los costos productivos, a la vez que podría afectar en la confianza de los clientes, disminuyendo las ventas y con ello los ingresos (Durán, 2012).

Los inventarios pueden clasificarse según su naturaleza en:

- Inventarios de materia prima y materiales
- Inventario de producto en proceso
- Inventario de producto terminado

Según su velocidad de rotación pueden ser:

- Inventario corriente
- Inventario de lento movimiento
- Inventario ocioso
- Inventario obsoleto

Según su nivel de acceso pueden ser:

- Inventario estratégico
- Inventario de reserva estatal
- Inventarios intocables

Según su posición en el proceso de logística pueden ser:

- Inventario en existencia
- Inventario en tránsito

Según su funcionalidad pueden ser:

- Inventario normal
- Inventario de seguridad
- Inventario disponible

Estas son algunas clasificaciones según Velásquez *et. al.* (2018).

Adicionalmente, Durán (2012) sugiere la clasificación de los inventarios dentro de una empresa según criterios como la función o propósito del tipo de inventario, según las razones para mantenerlo, según su durabilidad, según su origen, según su valor utilizando el criterio de Pareto para su clasificación, o según el tipo de producto que se comercialice.

7.1.1. Control de inventarios

Los problemas más comunes en las empresas respecto a los inventarios son los excesos o faltantes de productos. Estas situaciones pueden darse en el inventario de materias primas, componentes, recursos, insumos, producto en proceso, producto terminado o cualquier otro tipo de inventario que la empresa maneje.

El control de inventarios se refiere a un conjunto de estrategias capaces de establecer un equilibrio en el manejo del inventario para aprovechar los recursos eficientemente de manera que el sistema se alinee a las metas y objetivos de la empresa y, con ello, se reduzcan o eliminen los inconvenientes que causa la falta de gestión adecuada. Este control se hace necesario a causa de las fluctuaciones que presentan las demandas de manera aleatoria y de tiempos de reposición o reabastecimiento (Vidal, 2010).

Para establecer un control adecuado de los inventarios, Vidal (2010) incentiva a implementar estrategias que involucran sistemas para pronosticar la demanda, para una adecuada medición de la variabilidad y de los períodos de reposición necesarios, para la segmentación de productos, para el análisis de características propias de procesos productivos y del ciclo de vida del producto,

factores financieros y administrativos relacionados y, por último, el control y seguimiento de la mejora continua mediante de indicadores relevantes.

7.1.2. Propósitos del inventario

Los inventarios son cruciales para el óptimo desarrollo de cualquier empresa ya que estos proveen lo necesario para su funcionamiento. Chase y Jacobs (2014) describen los siguientes propósitos por los que las empresas mantienen inventarios:

- Lograr la independencia entre las operaciones para generar estabilidad en la producción promedio.
- Cubrir la variación de la demanda mediante tamaños de inventario mínimo e inventarios de seguridad.
- Permitir una programación flexible de la producción generando tiempos de entrega más extensos y lotes de producción más grandes.
- Generar un mecanismo que proteja contra las variantes en el período en que se realizan las entregas de materias primas.
- Aprovechar precios especiales y descuentos relacionados con el tamaño de los pedidos.

7.1.3. Costos del inventario

Según Ortiz (2014) los costos en los que incurre una empresa con relación a los inventarios se pueden clasificar como sigue:

- Costos por adquirir los productos: costo de los productos almacenados con relación al precio de los mismos.
- Costos de lanzamiento del pedido, de preparación o producción: costos de preparar y enviar la solicitud del producto. Se determina sobre la base de cálculo del costo total al año del departamento que genera los pedidos, dividido entre la cantidad de pedidos que se hacen al año.
- Costos asociados a la conservación de los productos en el almacén: costos por manipulación, mantenimiento y conservación de los productos. Se expresa por unidad de producto y de tiempo conjuntamente. Este costo incluye los costos generados por el espacio ocupado (alquileres, seguros, impuestos, reparaciones y mantenimiento), costos de instalaciones (costo total de la instalación y capacidad máxima de almacenamiento), costos de manipulación (salarios y gastos de personal, alquiler, reparaciones y mantenimiento) y costos financieros de tenencias de *stock* (costos generados por el riesgo que implica tener inventario y los relacionados con primas de seguros).
- Costos de rupturas de *stock*: costos ocasionados por la falta de algún producto en el inventario.

7.1.4. Sistemas de inventario

Un sistema de inventarios es el conjunto de políticas operativas que contribuyen al proceso en el que se estructura una organización, haciendo énfasis al mantenimiento y control de los bienes que una empresa tiene en existencia. Este debe ser capaz de establecer el momento adecuado en el que se debe realizar un pedido y llevar su respectivo registro, control y seguimiento.

Generalmente los sistemas de inventarios se identifican dependiendo si se realizan en un solo período o en períodos múltiples (Chase y Jacobs, 2014).

El principal objetivo del manejo de inventarios es asegurar que el producto esté disponible en el momento y en las cantidades deseadas, basándose generalmente en la probabilidad de la capacidad de cumplimiento a partir del *stock* actual. Esto implica equilibrar la disponibilidad del producto con los costos de suministrar un determinado nivel de dicha disponibilidad. Se busca minimizar los costos relacionados con el inventario para cada nivel del servicio al cliente (Chase y Jacobs, 2014).

Los modelos de inventarios pueden ir en pos de diversos objetivos como la minimización de los costos generados por manejo de inventarios, la maximización de los beneficios económicos como la generación de una tasa interna de retorno óptima en la inversión de inventarios, brindar una solución factible para administrar inventarios siendo flexibles en el manejo del futuro. La mayoría de modelos buscan minimizar los costos (Izar, Ynzunza y Zermeño, 2015).

7.1.4.1. Modelo de inventario de período único

Este modelo de manejo de inventarios resulta útil en situaciones en las que se tiene una única oportunidad para la venta de determinado producto. En estos casos prevalece la incertidumbre de no conocer la demanda exacta que se espera y, por ello, se tiene el riesgo de no tener suficientes existencias o de tener existencias de más que terminarán quedando obsoletas. Por lo tanto, este modelo se rige por la probabilidad de ocurrencia de los dos escenarios posibles. Con base en ello, se pueden utilizar software o métodos estadísticos con los que

se determine la cantidad de inventario extra necesaria para no quedar sin existencias.

La consideración de las ganancias y pérdidas potenciales en las que se puede incurrir por almacenar producto de más, o bien, por no almacenar lo suficiente ayuda a que el método sea más preciso en sus cálculos. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis marginal para mantener un nivel óptimo de inventario, el cual se encuentra en un punto en que los beneficios esperados por manejar la siguiente unidad son menores a los costos esperados para esa misma unidad (Chase y Jacobs, 2014).

Para una probabilidad P que representaría la situación en la que una unidad no se venda, se establece:

$$P \leq \frac{C_u}{C_o + C_u} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde C_u representa el costo de la demanda subestimada por cada unidad y C_o representa el costo por unidad de la demanda sobrestimada. La expresión, por lo tanto, expresa que se debe mantener el aumento del tamaño del pedido una vez que P cumpla con la desigualdad. Basado en ello, se encuentra un punto en la distribución estadística de la demanda que corresponda a la probabilidad obtenida. Con métodos estadísticos como el de la probabilidad Z se obtiene el número de desviaciones estándar que brinda el valor de unidades adicionales necesarias en el inventario (Chase y Jacobs, 2014).

7.1.4.2. Modelos de inventarios de varios períodos

Los modelos de inventarios multiperiodo, se enfocan en optimizar el costo de capital y lograr que la producción o las actividades comerciales de la empresa

se desarrollen sin interrupciones o contratiempos. En general se requiere que la producción se realice a un ritmo continuo para que los clientes no tengan que esperar más del tiempo objetivo. También busca lograr comprar insumos o mercancías a precios más bajos, reducir el costo de capital y la cantidad de recursos inmovilizados (Chase y Jacobs, 2014).

Estos modelos manejan el concepto de punto de reorden, refiriéndose a la cantidad a la cual se permite dejar caer el inventario antes de colocar un pedido de reaprovisionamiento. Existe un lapso entre el punto en que se realiza un pedido y el momento en que los artículos están disponibles en el inventario físico y por lo tanto, la demanda prevista para ese tiempo debe anticiparse. Estos modelos operan de manera continua con muchos ciclos (Chase y Jacobs, 2014).

De manera general, los sistemas de inventario de varios períodos o de punto de reorden pueden clasificarse en: modelos de cantidad de pedido fija, también conocidos también como cantidad de pedido económico, EOQ o modelo Q; y los modelos de período fijo conocidos, o bien, sistemas periódicos, sistema de revisión periódica, sistema de intervalo fijo o modelo P. El diseño de estos modelos busca garantizar la disponibilidad de una pieza o artículo siempre que se requiera en un período base de un año, ya que comúnmente una pieza se pide varias veces al año. Con este modelo se logra obtener el dato de la cantidad real que se debe pedir y el momento para realizar el pedido (Chase y Jacobs, 2014).

7.1.4.2.1. Modelos de cantidad de pedido fija

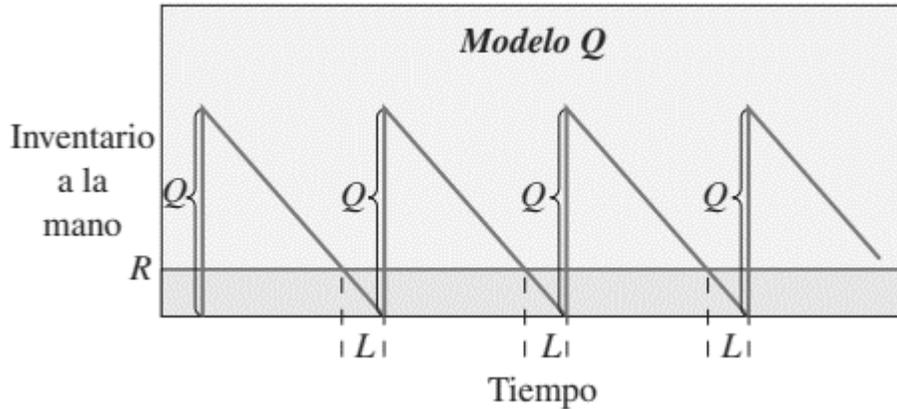
Estos modelos buscan hallar el punto específico (R) en el cual se realizará un pedido y el tamaño (Q) de este pedido. El punto de pedido R es expresado como un número específico de unidades del producto en cuestión. Por lo tanto,

como resultado de este modelo, se hace un pedido de tamaño Q en el momento en que el inventario disponible, físicamente y en pedido, llega a un nivel R (Chase y Jacobs, 2014).

Las características de este modelo, Chase y Jacobs (2014) las describen como las siguientes suposiciones a las que la situación de la empresa se debe apegar o asemejar:

- Demanda del producto con comportamiento constante y con uniformidad durante el período a analizar.
- Tiempo de entrega del producto constante.
- Precio constante por unidad de producto.
- Costo de mantenimiento de inventario según el inventario promedio.
- Costos de pedido constantes.
- Se van a cubrir todas las demandas del producto sin tener pedidos acumulados.

Figura 1. **Modelo de cantidad de pedido fija**



Fuente: Chase y Jacobs (2014). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*.

El modelo muestra que para llegar a un punto R en el inventario, se debe volver a realizar un pedido. Dicho pedido se recibe al finalizar un periodo L , el cual es constante para este modelo. Para la aplicación del modelo, se debe analizar las variables involucradas y la medida de eficacia. Para este caso, Chase y Jacobs (2014) sugieren el empleo de la siguiente relación de costos:

$$\text{Costo anual total} = \text{costo de compra anual} + \text{costo de pedidos anuales} + \text{costo de mantenimiento anual} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Esta ecuación se desglosa de la siguiente manera:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

TC = Costo anual total

D = Demanda (anual)

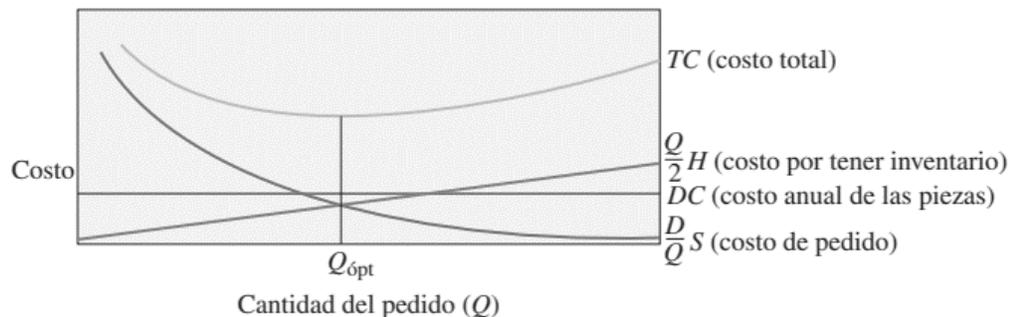
C = Costo por unidad

Q = Cantidad a pedir

S = Costo de preparación o costo de hacer un pedido

H = Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio, generalmente se toma como porcentaje del costo de la pieza $H = iC$ donde i es el porcentaje del costo de manejo.

Figura 2. **Costos anuales según el tamaño de pedido**



Fuente: Chase y Jacobs (2014). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*.

Para hallar la cantidad de pedidos Q_{opt} en la que el costo total sea el mínimo se parte de la base que el costo va a llegar a su punto mínimo en el momento en que, gráficamente, la pendiente de la curva se hace cero. Por lo tanto, se plantea la derivada del costo total respecto de Q igualada a cero para

su respectiva resolución y cálculo mediante las siguientes ecuaciones que Chase y Jacobs (2014) brindan:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\frac{dTC}{dQ} = 0 + \left(\frac{-DS}{Q^2}\right) + \frac{H}{2} = 0 \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Considerando una demanda constante y un tiempo para la entrega del pedido constante, no es necesario contar con *stock* o existencias de seguridad, y por lo tanto el punto de reorden, R, sería:

$$R = \underline{dL} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

d = Demanda diaria promedio (constante)

L = Tiempo de entrega en días (constante)

7.1.4.2.2. Modelos de período fijo

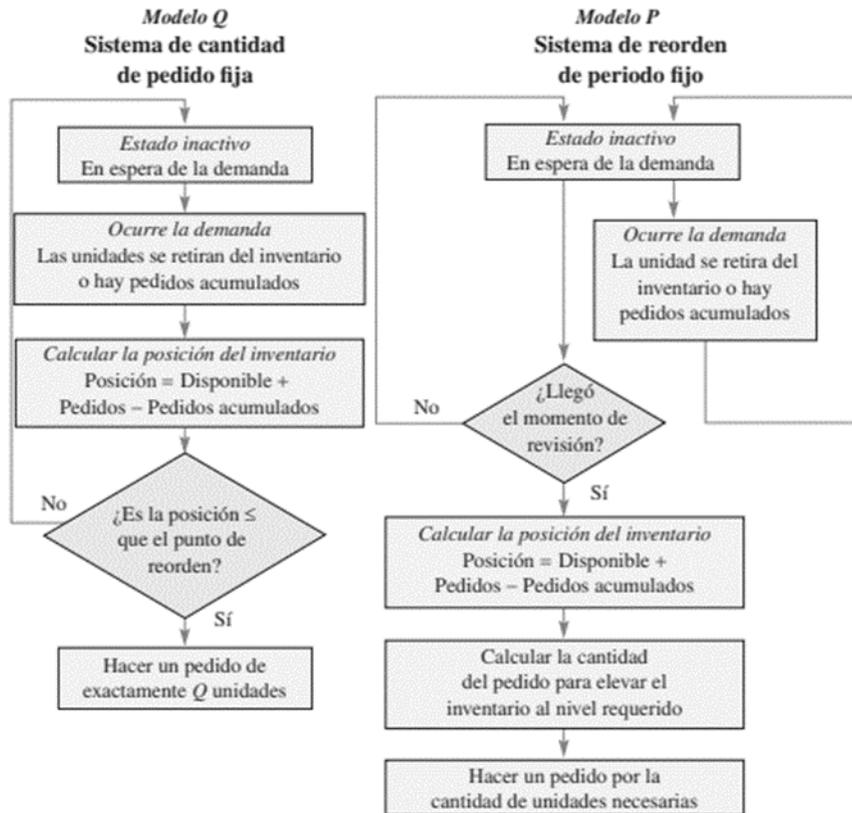
Los modelos de período fijo se basan en una revisión de los niveles de inventario en determinados momentos y se realizan los pedidos que cubren lo suficiente para recuperar los niveles de inventario hasta la próxima revisión. Estos modelos generan pedidos que difieren en cantidad según los índices de uso entre períodos. Para ello, es necesario contar con un nivel más alto de *stock*

de seguridad que en el modelo de cantidad de pedido fija. Este modelo es aplicable cuando se desea contar los productos en inventario en una base periódica regular (Chase y Jacobs, 2014).

El modelo de cantidad de pedido fija (modelo Q) se mueve bajo una cantidad de pedido Q constante, mientras que en el modelo de período fijo (modelo P) varía la cantidad en cada período. En el primer modelo mencionado hace el pedido de producto cuando se alcanza el nivel de inventario Q, mientras que en el segundo modelo se hace un pedido cuando llega un período de revisión. El modelo Q insta a llevar registros cada vez que hay un movimiento en el inventario y el modelo P solo los lleva en el período de revisión manejando un inventario más grande que el modelo de cantidad de pedido fija (Chase y Jacobs, 2014).

La figura 3 muestra una comparativa de las metodologías que siguen ambos modelos para su aplicación.

Figura 3. Metodología de los sistemas de inventario de cantidad de pedido fija y período fijo



Fuente: Chase y Jacobs (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*.

Este modelo denominado CEP, tiene como propósito determinar el monto de pedido que minimice el costo total de inventario. Este método generalmente se utiliza para controlar los productos clasificados como A (en una clasificación ABC) y se aplica igualando el costo total de un pedido, al costo total de mantenimiento para obtener un costo mínimo total (Durán, 2012).

Este modelo funciona como base para aplicar los modelos de punto de reorden y se realizan los cálculos pertinentes mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * P}{c}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$CTP = \left(\frac{D}{Q^*} * P\right) \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$CTM = \left(\frac{Q^*}{2} * C\right) \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$CT = CTP + CTM \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$IP = \frac{Q^*}{2} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$\text{Días. duración. Inv.} = \frac{360}{N^{\circ} \text{ Pedidos}} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

Q^* = Cantidad económica de pedido

P = Costo de hacer un pedido

C = Costo de mantenimiento de una unidad de inventario

D = Unidades que se requieren o se necesitan

CT = Costo total

CTP = Costo total de pedido

CTM = Costo total de mantenimiento

IP = Inventario promedio

$PRIS$ = Punto de reorden con inventario de seguridad

7.1.4.3. Método de planeación de requerimiento de materiales

Este método (PRM) es empleado cuando se maneja una demanda derivada. Para ello, el departamento de producción y aquel departamento encargado de los inventarios, crean sistemas para la gestión de inventarios y programas de producción que permitan generar planes de compras de materia prima e insumos que se utilizan para producir (Durán, 2012).

7.1.4.4. Método justo a tiempo

El método JAT o justo a tiempo se concentra en tener únicamente el inventario necesario para satisfacer necesidades inmediatas de producción al reordenar y reabastecer con frecuencia los inventarios. Para la aplicación de este método es crucial contar con la colaboración de los proveedores ya que un retraso en materia prima o material de insumo podría generar grandes pérdidas para la empresa (Durán, 2012).

7.1.5. Inventarios de seguridad

La variabilidad y otras características de la demanda, y también de la oferta, generan un margen en el cual se pueden agotar los productos en el inventario, lo cual trae consecuencias negativas para la empresa en cuestión. Es por ello, que se hace necesario contar con cierta cantidad adicional de *stock*, lo cual se denomina inventario de seguridad. El reto que presenta este tipo de inventario es tener la cantidad necesaria para lograr un buen servicio al cliente a la vez que no se incurre en costos elevados de inventario.

El *stock* o inventario de seguridad puede estar orientado a cubrir la aleatoriedad de la demanda o a cubrir la aleatoriedad que se da en el tiempo de entrega del producto. Estos enfoques lo hacen susceptible a las variaciones de la demanda y a plazos de entrega, generando una segmentación de los productos en *stock* en cuanto al tipo de inventario de seguridad que necesitan.

La probabilidad de que un producto esté disponible cuando se demande es el factor clave que genera el inventario de seguridad. Para ello, se puede realizar a partir de los costos de inventario o, a partir de los niveles de servicio que maneja la empresa (Ortiz, 2014).

Un inventario de seguridad tiene la capacidad de absorber fluctuaciones en las entradas o salidas de materiales o mercancías. Por lo tanto, este mecanismo analiza el nivel de adicionales que se deben llevar a cabo para minimizar el riesgo de desabastecimiento. Los niveles de seguridad adecuados permitirán a la empresa enfocarse en sus objetivos con el más mínimo riesgo, ya que podrán satisfacer la demanda aunque surjan situaciones inesperadas (Chase y Jacobs, 2014).

Para calcular adecuadamente el inventario de seguridad Chase y Jacobs (2014) brindan la siguiente fórmula:

$$IS = (PME - PE) * DM \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Donde:

IS = Inventario de seguridad

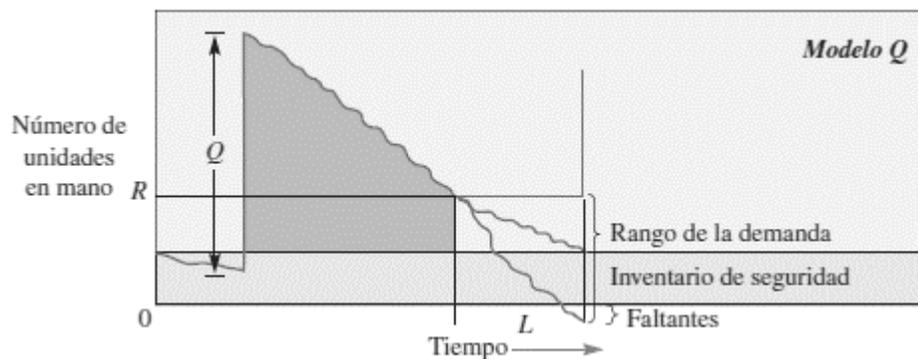
PME = Plazo máximo de entrega en el cual el proveedor entrega el producto suponiendo la posibilidad de retraso

- PE = Plazo de entrega en circunstancias normales, en el cual el proveedor entrega la mercancía
- DM = Demanda media calculada para el producto determinado y en una situación de normalidad.

7.1.5.1. Modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad

Un modelo basado en el sistema de cantidad de pedido fija consta de una observación del nivel que se mantiene en el inventario e indica la realización de un nuevo pedido en el momento en que el *stock* llega a un nivel R . La probabilidad de tener faltantes en *stock* puede ocurrir entre el momento en que se realiza un pedido y el momento en que este se recibe (Chase y Jacobs, 2014).

Figura 4. Modelo de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad



Fuente: Chase y Jacobs (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*.

Chase y Jacobs (2014) detallan que el pedido se realiza en el momento en que la posición del inventario llega al punto de reorden R . Durante el tiempo de

entrega L, puede haber una variedad significativa de demandas, la cual puede determinarse mediante un análisis de datos referentes a la demanda pasada o a un estimado de ellos.

Al hablar del inventario de seguridad, se trata de un elemento dentro de la logística que depende del nivel de servicio que se desea brindar al cliente. La cantidad Q se calcula como normalmente se haría en el modelo simple. Con ello, es determinado el punto en el que se volverá a realizar un pedido que permita cubrir la demanda esperada en el período necesario para que se lleve a cabo la entrega y, a ello, se le suma el inventario de seguridad ya establecido según los índices de servicio al cliente (Chase y Jacobs, 2014).

Para el cálculo del este modelo, se aplica:

$$R = \underline{d}L + z\sigma_L \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

R = Punto de reorden en unidades

\underline{d} = Demanda diaria promedio

L = Tiempo de entrega en días (tiempo de entrega entre hacer y recibir el pedido)

z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

σ_L = Desviación estándar del uso durante el tiempo de entrega

$z\sigma_L$ = Inventario de seguridad

La aplicación de inventarios de seguridad incluye la incertidumbre, por lo que, mientras más extenso sea el inventario de seguridad, más pronto se deberá realizar el pedido.

7.1.5.2. Modelo de período fijo con inventario de seguridad

Para aplicar este modelo se realizan pronósticos para la demanda y revisiones de la misma en cada periodo establecido para revisión, o bien, en conjunto en un dato anual. Para ello, se supone que la demanda sigue una distribución estadística normal. Para determinar el *stock* de seguridad adecuado se debe establecer un nivel de servicio específico, o bien, un ciclo del nivel de servicio. Los ciclos para este modelo comienzan cuando el pedido llega o ingresa y finaliza al despachar, llegando los artículos solicitados al inventario (Chase y Jacobs, 2014).

Para conocer el nivel específico de existencias de seguridad, se debe conocer la distribución estadística de la demanda durante el conocido como tiempo de entrega del pedido.

Al hacer uso de este modelo, los pedidos de producto en cuestión se vuelven a realizar en el momento de la revisión (T), donde el tiempo de entrega (L) es conocido y el inventario de seguridad (IS) necesario es:

$$IS = z * \sigma T + L \quad (\text{Ecuación 16})$$

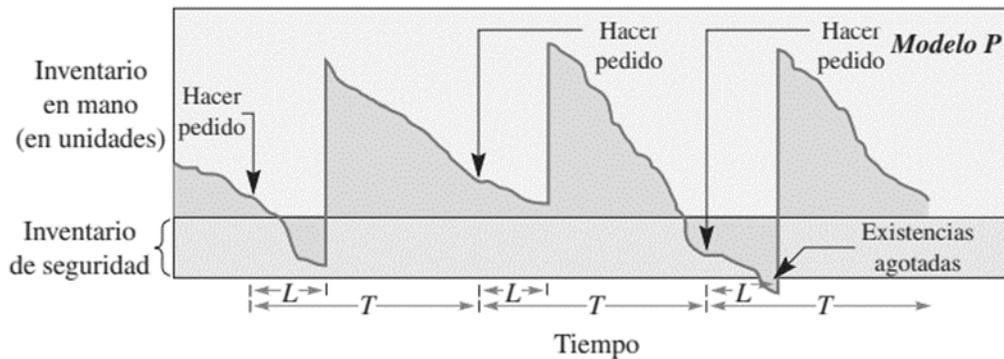
Donde:

IS = Inventario de seguridad

z = Número de desviaciones estándar

σ_{T+L} = Desviación estándar de la demanda

Figura 5. **Modelo de período fijo**



Fuente: Chase y Jacobs (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*.

La cantidad a pedir q , por lo tanto, se determina mediante:

$$q = \bar{d} * (T + L) + z * \sigma_{T+L} - I \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde:

q = cantidad a pedir

d = demanda promedio pronosticada

T = el número de días entre revisiones

L = tiempo de entrega en días (tiempo entre el momento de hacer un pedido y recibirlo)

z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

σ_{T+L} = Desviación estándar de la demanda

I = Nivel de inventario actual incluyendo piezas o artículos pedidos

7.2. Demanda

La demanda representa la cantidad de unidades de producto que los clientes solicitan a una empresa, la cual incluye aquellas unidades que ya fueron despachadas. El consumo y la demanda se relacionan según la cantidad de inventario disponible (García y Maldonado, 2015).

La demanda puede clasificarse, según Ortiz (2014), de la siguiente manera:

- Según el nivel de dependencia:
 - Demanda dependiente: aquella relacionada directamente con la demanda de otro artículo, parte, pieza o producto en proceso.
 - Demanda independiente: aquella que no depende de otro producto y su demanda, influenciada de manera directa únicamente por las condiciones del mercado.

- Según su comportamiento:
 - Demanda determinista: aquella en la que se conoce exactamente la cantidad y el momento en el que será necesaria.
 - Demanda aleatoria: aquella en la que no se conoce la cantidad y momento en que se necesitará, sin embargo, se conoce la distribución de probabilidades que sigue el comportamiento de esta demanda.

- Según la frecuencia de la demanda:
 - Movimiento frecuente: aquella en la que el producto es demandado regularmente, sin considerar la cantidad que se demande.
 - De lento movimiento: aquella en la que el producto no es demandado con regularidad, sin considerar la cantidad que se demanda en cada ocasión.

7.2.1. Variabilidad en la demanda

Las fluctuaciones que se presentan en la demanda de algún producto representan la variabilidad de la misma. Según Izar *et. al.* (2015) el efecto de esta característica en la demanda se ve afectado por los costos del inventario, especialmente los costos de faltantes y los costos de mantenimiento del inventario. La variabilidad en la demanda también origina variabilidad en los tiempos de entrega, lo cual en ocasiones requiere de un aumento de inventario de seguridad, aunque esto no represente el costo óptimo. “Si el tiempo de entrega tiene más variabilidad (mayor desviación estándar), lleva a una mayor demanda del tiempo de entrega y un mayor costo óptimo” (Izar *et. al.*, 2015 p. 867).

7.2.2. Administración de la demanda

El fin de la administración de la demanda es buscar la eficiencia en la producción para lograr una entrega a tiempo de los productos, y con ello, la satisfacción del cliente. Para ello, la empresa puede ejercer presión sobre sus estrategias administrativas específicamente de venta, sobre los incentivos a clientes y colaboradores y sobre el manejo de precios para elegir aquellos que incrementen la demanda. Por otro lado, la empresa podría centrarse únicamente

en cumplir con la demanda sin tratar de cambiarla ya sea por motivos de capacidad, de costos, de competitividad u otros (Chase y Jacobs, 2014).

7.2.3. Componentes de la demanda

La demanda es estable cuando la variación de la misma se da alrededor de una cifra constante en cierto período de tiempo (Ortiz, 2014).

Sin embargo, no siempre se cuenta con una demanda estable, sino que hay otros componentes involucrados que pueden caracterizar de otra manera la demanda. Generalmente la demanda se divide en un elemento representativo de la demanda promedio para el período en cuestión, una tendencia, elementos estacionales, elementos cíclicos, variación aleatoria y autocorrelación (Chase y Jacobs, 2014).

7.2.3.1. Demanda promedio para el período

El componente principal de la demanda es la demanda misma en un promedio para el período que se va a analizar. Cuando se maneja una demanda independiente se suelen utilizar los procedimientos de pronósticos estadísticos. Los pronósticos de corto plazo tienen su base sobre condiciones de independencia y de aleatoriedad en la demanda, mientras que los pronósticos de patrones de demanda derivada presentan un sesgo y carecen de aleatoriedad. Si se llegan a entender los sesgos en la demanda, se hacen innecesarios los pronósticos al saber con certeza la demanda esperada (Ballou, 2019).

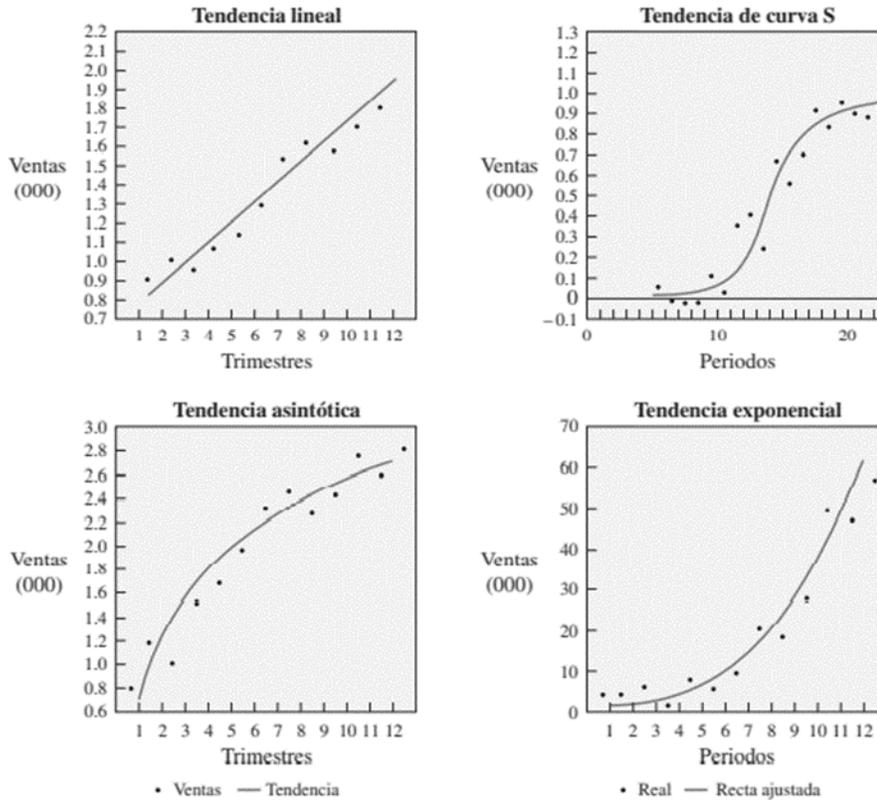
7.2.3.2. Tendencia

La tendencia de la demanda es el comportamiento que se observa de la misma a través del tiempo. Esta representa, en la mayoría de casos, el punto de partida para la realización de pronósticos. Las líneas de tendencia se van ajustando conforme se incluye el análisis de los demás componentes de la demanda (Chase y Jacobs, 2014).

Los comportamientos de tendencia que puede adoptar la demanda de una empresa según Chase y Jacobs (2014) pueden ser:

- Tendencia lineal: representa una relación continua directa de la demanda a través del tiempo.
- Una curva S: representa el crecimiento y el ciclo de madurez de un producto, en donde resalta el cambio de crecimiento lento a rápido, o rápido a lento.
- Tendencia asintótica: inicia en el crecimiento más alto de la demanda y luego se va reduciendo. Este comportamiento se presenta generalmente, cuando una empresa entra en un mercado existente y captar una mayor participación en él.
- Curva exponencial: esta tendencia representa a los productos con un crecimiento explosivo sugiriendo que las ventas seguirán en aumento.

Figura 6. Tipos de tendencias de la demanda



Fuente: Chase y Jacobs (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*.

7.2.3.3. Elementos estacionales

La estacionalidad de la demanda representa un patrón de demanda de una sola vez o también conocida como patrón pico (Ballou, 2019).

Los elementos estacionales son entonces aquellos que posicionan la demanda de un producto solo en determinadas ocasiones o estaciones en un período de tiempo.

7.2.3.4. Elementos cíclicos

El hecho de que una demanda sea cíclica puede deberse a factores políticos, sociales como guerras y otras presiones sociológicas, condiciones económicas y otros sucesos relevantes. Estos factores son más difíciles de determinar debido a que comúnmente se desconoce el tiempo o la causa del ciclo (Chase y Jacobs, 2014).

7.2.3.5. Variación aleatoria

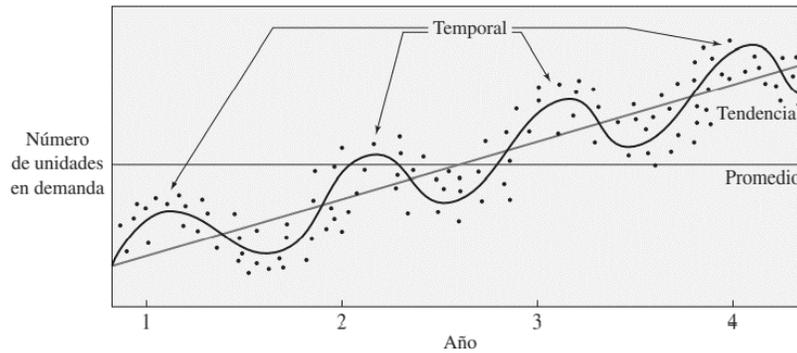
Estas variaciones provocan eventos inesperados y que ocurren por casualidad en ocasiones. Cuando se restan todas las causas conocidas de la demanda total, queda la parte que no se puede explicar identificando una causa específica y, por lo tanto, se clasifica como aleatoria. La aleatoriedad en la demanda provoca que la misma pueda variar grandemente en un período específico (Chase y Jacobs, 2014).

7.2.3.6. Auto correlación

Este componente de la demanda se refiere a que el valor esperado en el futuro tiene una correlación muy alta con los valores pasados. Una correlación alta, evita que la demanda cambie significativamente de una semana a la siguiente (Chase y Jacobs, 2014).

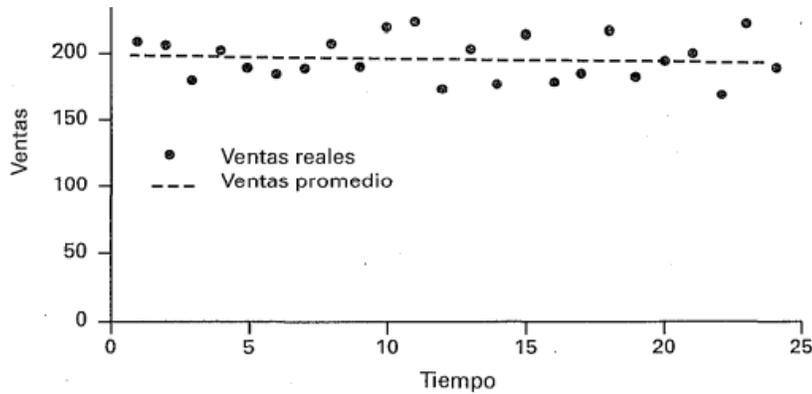
Las figuras 7, 8, 9 y 10 muestran algunos ejemplos de los patrones de demanda que se pueden presentar.

Figura 7. **Demanda histórica de productos que consiste en una tendencia al crecimiento y una demanda temporal**



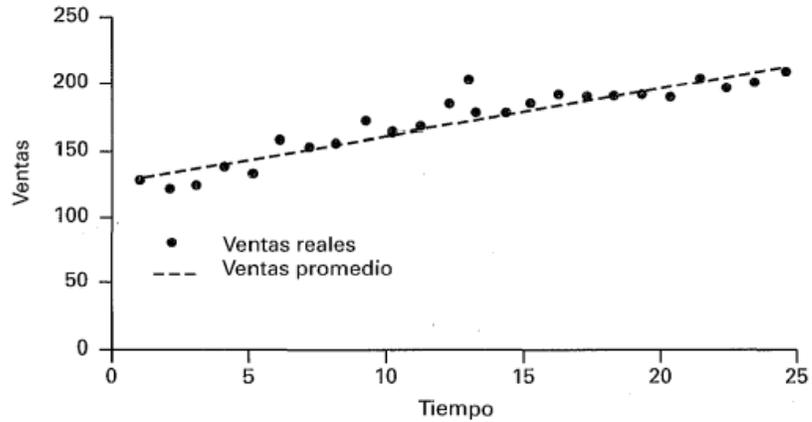
Fuente: Chase y Jacobs (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*.

Figura 8. **Patrón de demanda aleatorio o nivelado sin elementos estacionales o de tendencia**



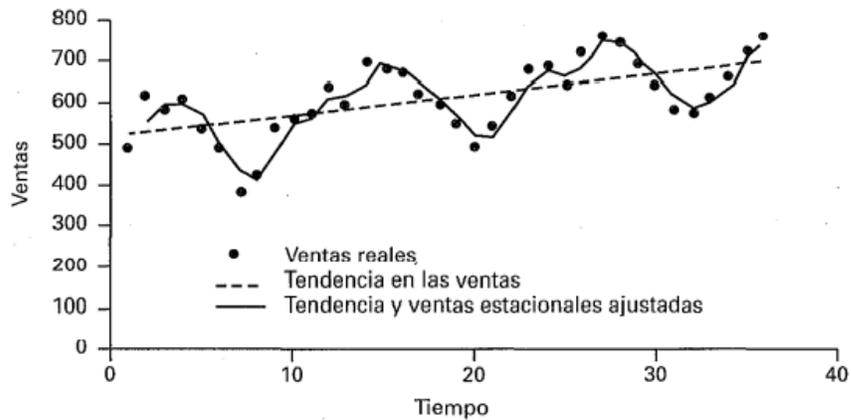
Fuente: Ballou (2019). *Logística. Administración de la cadena de suministro*.

Figura 9. **Patrón de demanda con tendencia creciente sin elementos estacionales**



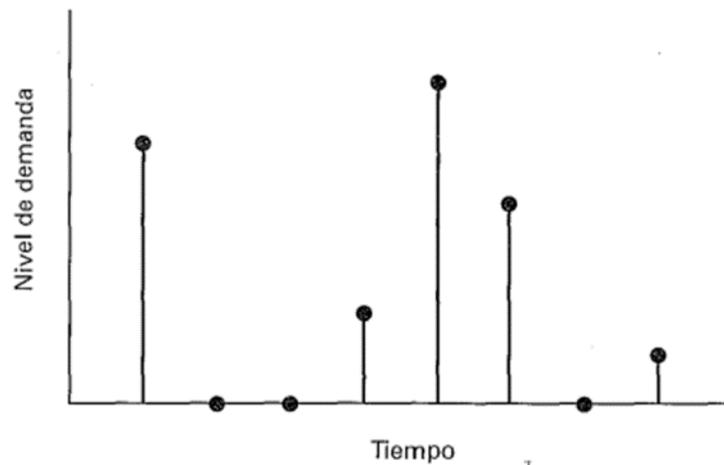
Fuente: Ballou (2019). *Logística. Administración de la cadena de suministro.*

Figura 10. **Patrón de demanda aleatorio con elementos de tendencia y estacionales**



Fuente: Ballou (2019). *Logística. Administración de la cadena de suministro.*

Figura 11. **Patrón de demanda irregular**



Fuente: Ballou (2019). *Logística. Administración de la cadena de suministro.*

7.3. Segmentación de datos

Las empresas, principalmente aquellas con variedad amplia de productos, necesitan diferenciar sus artículos de manera que logren establecer una clasificación que optimice su desempeño como empresa. Dicha clasificación generalmente se realiza según el grado de importancia de los productos dentro del inventario (Ortiz, 2014).

7.3.1. Clasificación ABC

Cada artículo o producto comercializado por una empresa tiene un comportamiento individual y, en muchas ocasiones, independiente de los otros productos que se manejan en la empresa. Es por ello, que los niveles de existencias de cada producto se deben controlar y manejar de diferente manera según su clasificación. A través de los años se ha demostrado que una pequeña fracción en términos de ítems o productos representa una fracción mayoritaria en

términos de efecto (ya sea ventas, utilidad o algún otro parámetro), y es a raíz de esto que surge el método de clasificación ABC (Ortiz, 2014).

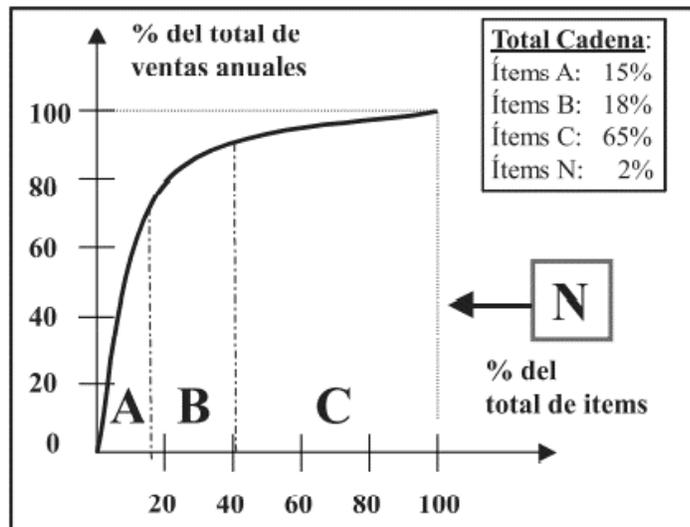
Por lo tanto, el método de clasificación ABC se basa en el principio de Pareto tomando en consideración criterios como el impacto del producto, su valor de venta, su valor de uso o los costos, para categorizar productos que abarcan distintos niveles y métodos para su respectivo control (Causado, 2015).

En la clasificación ABC, los artículos se distribuyen en tres clases distintas según el porcentaje de ventas totales que representen, con el fin de que el esfuerzo y costo de gestión que invierte la empresa sean proporcionales a la relevancia de cada producto. La proporción de productos en cada sección puede variar según las características propias de la empresa y la situación específica de la misma. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones, la categoría A contiene entre el 10 al 20 % de los artículos, la categoría B contiene entre el 20 al 40 % de los artículos y el resto de los ítems se encuentran en la categoría C. Estas categorías representan respectivamente del 60 al 80 % del valor de las ventas anuales, del 20 al 30 % la segunda categoría y usualmente la última categoría no supera el 10 % de las ventas (Vidal, 2010).

Ocasionalmente se utilizan otras variables, distintas al volumen de ventas, para clasificar los productos en las respectivas categorías. Esto depende de los objetivos que la empresa busca alcanzar, o bien, del enfoque que se le quiere dar a la administración de inventarios. Además, resaltan algunos productos que son críticos, determinantes para ciertos clientes o productos complementarios, lo cual los podría clasificar en una categoría en la que no aplicarían por volumen de ventas, o con el criterio base de la clasificación (Vidal, 2010).

Algunas empresas pueden llegar a considerar otras categorías adicionales como para productos que resaltan más, que tienen mayor importancia, que se venden demasiado poco o que son nuevos en el mercado (Vidal, 2010).

Figura 12. **Comportamiento del porcentaje de ventas anuales con respecto al porcentaje de ítem de una organización comercial de medicamentos**



Fuente: Vidal (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*.

7.3.1.1. Método ABC multicriterio

Este método es una variante de la clasificación ABC, en la que se hace uso de criterios o factores que contribuyan a identificar la importancia de cada producto y su clasificación más adecuada. Para aplicarlo, es esencial determinar en un inicio los factores que ayudarán a medir el grado de importancia de los artículos. Posteriormente, se evalúa el impacto que tiene cada factor para el desarrollo de la empresa a través del manejo de inventarios. Una vez, establecidos los anteriores parámetros, se determinan los rangos apropiados

para cada grupo de la clasificación, con el propósito de identificar más fácilmente que productos entran en cada grupo y cuales nunca aplicarían para determinada categoría (Ortiz, 2014).

Dentro de este modelo se analizan diversos criterios y factores, por lo que se hace uso de algunas herramientas que contribuyen al fin primordial de la clasificación que se desea. Algunas de estas herramientas según Paredes-Rodríguez, Chud-Pantoja, y Osorio (2019) son:

- Proceso analítico jerárquico (AHP): se establece una escala de valoración para los criterios de mayor relevancia, según el peso que se le asigne a cada uno de ellos.
- Técnica de ordenamiento de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS): metodología para el ordenamiento de las distintas alternativas que se evaluarán.
- Lógica difusa: ayuda a evaluar criterios cualitativos a través de la definición de escalas subjetivas.
- Proceso analítico en red (ANP): permite trabajar con criterios sin que necesariamente estén organizados de manera jerárquica.
- Despliegue de la función de calidad (QFD): herramienta con la que se toma en cuenta las necesidades del cliente y las características propias de la organización para la toma de decisiones.
- AHP-Difuso: una de las mejores herramientas en la valoración de criterios cuantitativos y cualitativos, y para manejar la incertidumbre, imprecisión y

subjetividad inherente de la decisión humana o el juicio de los expertos por medio de una escala de Saaty que se define con números difusos.

- AHP-TOPSIS: realiza valoración de criterios con el método AHP tradicional y se realiza la evaluación de los productos con TOPSIS para poder ordenarlos según su importancia.
- QFD-Difuso: esta herramienta permite la consideración de escalas subjetivas en la valoración del QFD original.

7.3.2. Clasificación bidimensional

Generalmente, la clasificación de productos por medio del método ABC se aplica juntamente con alguna otra clasificación que se base en la criticidad del artículo o en otros aspectos como la manera de pronosticar adecuadamente la demanda de cada producto. Con ello, una empresa es capaz de asignarle una misma política de inventario y un mismo nivel de servicio a cada categoría. Con este fin de hacer la segmentación de productos más apegada a la realidad variante de cada producto en el inventario de una empresa, se hace uso de los criterios VED referentes a lo vital, esencial y deseable que es cada producto o categoría, y de un esquema de clasificación bidimensional (Carboneras *et. al.*, 2021).

Con este método se obtienen nueve grupos resultado de la relación entre la categoría A, B y C, y los criterios de VED. A estos grupos se les asigna una restricción de nivel de servicio que disminuye en VED y aumenta en ABC (Carboneras et al., 2021).

7.3.3. Agrupación por familias

Este método se enfoca en la agrupación de los productos posicionando juntos aquellos que posean las mismas características. Por medio de ello, se considera que los productos con semejantes características tendrán los mismos procesos de recepción, almacenamiento, recogida o embarque.

Muller (2005) sugiere que la agrupación puede efectuarse según las características semejantes como ya fue mencionado, según la consideración de los artículos que regularmente se venden juntos como productos complementarios y según la consideración de aquellos productos que se usan juntos por preferencia o necesidad.

El uso de este método tiene riesgos como la dificultad para considerar los productos dentro de un mismo grupo que pueden llegar a ser sustitutos entre sí, el tener productos dentro de una familia que son más y menos solicitados por lo que no tienen el mismo comportamiento en ventas o en el criterio a aplicar para su segmentación, además, puede que un producto pertenezca a más de una familia por lo que se necesiten otros criterios para su adecuada clasificación (Muller, 2005).

7.4. Pronósticos

La programación de compras y de producción de una empresa requiere de información previa a su elaboración para una apropiada alineación con los objetivos, misión y visión de la entidad. En este sentido, es necesario realizar proyecciones de la demanda mediante pronósticos (Ortiz, 2014).

Un pronóstico es entonces una predicción que brinda un aproximado de la conducta de una o más variables. Un pronóstico de la demanda, proyecta el comportamiento futuro de la misma (García y Maldonado, 2015).

Uno de los principales factores condicionantes de las proyecciones de demanda es justamente quién la realiza, es decir, el cliente. Es necesario conocer los hábitos de consumo del consumidor, la frecuencia y magnitud de sus pedidos, la uniformidad de su demanda, y la posibilidad de demanda insatisfecha. También es necesario caracterizar el tipo de demanda que se maneja y prever las necesidades de la empresa mediante las estimaciones de las ventas futuras y sus respectivas correcciones que permitan acercar los datos más a la realidad (Ortiz, 2014).

7.4.1. Tipos de pronósticos

El tipo de pronóstico a utilizar en determinada situación va en función del propósito que se espera que este cumpla. Los pronósticos destinados a establecer una estrategia que ayude a satisfacer la demanda de los clientes, se denominan pronósticos estratégicos. Si el fin es realizar una revisión continua de las actividades y procesos diarios, se trataría de pronósticos tácticos en los que se estima la demanda a corto plazo (Chase y Jacobs, 2014).

Básicamente, los pronósticos pueden ser cualitativos, análisis de series de tiempo, relaciones causales o simulaciones. Al no tener datos numéricos, los pronósticos se pueden basar en estimados y opiniones, siendo estos los que se clasifican como cualitativos. Cuando se hace necesario recurrir a diversas suposiciones de la condición del pronóstico, se utilizan los modelos de simulación (Chase y Jacobs, 2014).

7.4.2. Métodos cualitativos

Estos métodos de pronósticos se basan en escenarios alternativos con el propósito de un análisis efectivo de los cambios que pueden afectar la demanda. Generalmente, se toma como base la demanda real y se realiza un análisis de las circunstancias que pudieron haber ocurrido en ciertas etapas y como hubiera sido la demanda si no se hubiera visto afectada por ello. A partir de ello, se realizan los pronósticos necesarios tomando en consideración criterios y factores de mercadeo o estrategias propias de la empresa que puedan influenciar la demanda futura (Ortiz, 2014).

La base de este tipo de pronósticos es el juicio y la experiencia debido a que, en ocasiones, no se conocen datos históricos al respecto. Para su ejecución se requieren consideraciones como la opinión de la fuerza de venta, es decir de las personas que pudieran conocer la demanda probable dado a su acercamiento con los clientes. Además, la opinión de los ejecutivos toma en cuenta la experiencia y los conocimientos técnicos de los gerentes para la realización de pronósticos.

El método Delphi es un proceso que también se puede considerar para llegar a obtener un consenso de un grupo de expertos, manteniendo el anonimato de cada uno. Otra técnica que puede aportar un enfoque sistemático para identificar el grado de interés del consumidor por el producto a evaluar, es la investigación de mercado con la cual se crea y prueban algunas hipótesis con la ayuda de encuestas para recopilación de datos (García y Maldonado, 2015).

7.4.3. Análisis de series de tiempo

Al contar con información de la demanda pasada, que influye en la predicción de la demanda que se espera, se utiliza el análisis de series de tiempo. Generalmente, se maneja el corto plazo como un tiempo menor a tres meses, el mediano plazo como un período entre tres meses y dos años y el largo plazo como un término mayor a dos años. Los modelos de corto plazo buscan compensar la variación aleatoria que puede presentar la demanda por lo que son aptos para facilitar decisiones tácticas. Los modelos a mediano plazo por su lado, ayudan a planificar estrategias ya que con ellos se pueden identificar tendencias generales que muestren los cambios que puede presentar la demanda (Chase y Jacobs, 2014).

Este tipo de modelo de pronósticos debe considerar factores dentro de la empresa como lapso de tiempo considerable para el pronóstico, la disponibilidad de los datos necesarios, la precisión que se requiere, el presupuesto que se tiene y el contar con personal capacitado para la ejecución de los pronósticos (Chase y Jacobs, 2014).

7.4.3.1. Análisis de regresión lineal

La relación entre dos o más variables representan una regresión, con la cual se pronostica una de esas variables en función de otra. Esta relación puede generarse a partir de observación de datos, graficándolos para apreciar de mejor manera su comportamiento. Para aplicar el método, se utilizan de 10 a 20 datos observados para la temporalidad y al menos 5 en cada temporada, siguiendo un patrón de datos estacionarios con tendencia y temporalidad. Generalmente, tiene un horizonte de tiempo que va de corto a mediano plazo (Chase y Jacobs, 2014).

En este tipo de regresiones, la relación entre variables forma una recta de forma $y=ax+b$, para una y que representa la variable dependiente a despejar x la variable independiente, la cual es el tiempo para el tema en cuestión. Al hacer referencia a un factor estacional se contempla la cantidad necesaria a corregir que necesitaría una serie en determinado período de tiempo para que esta lograra ajustarse a la estacionalidad del año (Chase y Jacobs, 2014).

Chase y Jacobs (2014) detalla un proceso que se centra en analizar individualmente los componentes básicos de una serie de tiempo, siendo estos: la tendencia, estacionalidad y cíclico y posteriormente el pronosticar los valores esperados en el futuro para cada uno de estos elementos. Este proceso consiste en determinar el factor de la estacionalidad mediante promedios, el descuento correspondiente a los posibles cambios por temporada, trazar un gráfico de tipo regresión por medio de un método de mínimos cuadrados, proyectar la recta generada de la regresión a través del período de tiempo a pronosticar, y finalmente, crear el pronóstico resultante ajustando la recta obtenida a partir de la regresión con la ayuda del factor de estacionalidad.

7.4.3.2. Promedio móvil simple

Para este método se requieren datos históricos de 6 a 12 meses, usando comúnmente datos semanales que deben ser estacionales y se utiliza este método para pronósticos a corto plazo. Su aplicación requiere de datos históricos de la misma cantidad de meses que se desea pronosticar. Al ser mayor el período del promedio móvil, los datos se vuelven uniformes (Chase y Jacobs, 2014).

Cuando existe tendencia, el promedio móvil retrasa la tendencia. Este método se aplica mediante una serie de promedios aritméticos a partir de la siguiente ecuación:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Donde:

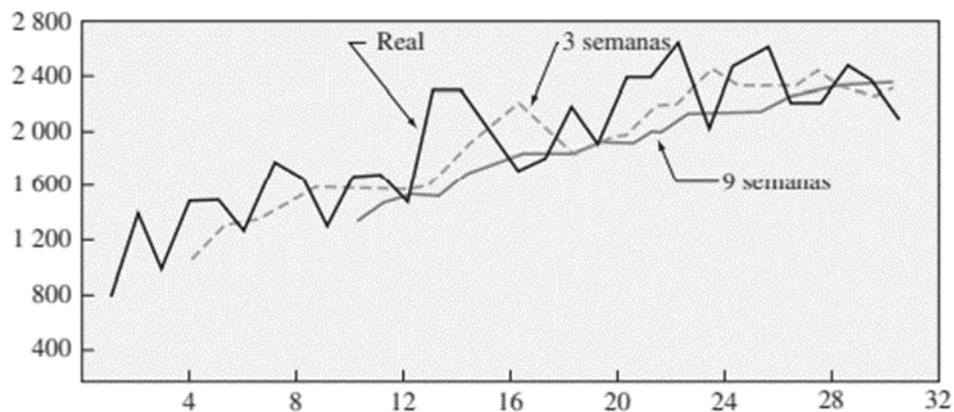
F_t = Pronóstico para el siguiente período

n = Número de periodos por promediar

A_{t-1} = Suceso real en el período pasado

A_{t-2} , A_{t-3} y A_{t-n} = Sucesos reales hace dos períodos, hace tres períodos y así sucesivamente, hasta hace n períodos

Figura 13. **Efectos de distintas duraciones de un período de promedio móvil**



Fuente: Chase y Jacobs (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros.*

7.4.3.3. Promedio móvil ponderado

Este método permite la asignación de un grado de importancia a cualquier elemento, considerando que la suma de todas las ponderaciones es igual a uno. Se utilizan de 5 a 10 datos como observaciones históricas para el pronóstico con datos estacionales a corto plazo (Chase y Jacobs, 2014).

La aplicación se realiza mediante:

$$F_t = \frac{w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + w_3 A_{t-3} + \dots + w_n A_{t-n}}{n} \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

w_1 = Ponderación dada al hecho real para el periodo t -1

w_2 = Ponderación dada al hecho real para el periodo t -2

w_3 = Ponderación dada al hecho real para el periodo t -3

w_n = Ponderación dada al hecho real para el periodo t -n

n = Número total de pedidos en el pronóstico

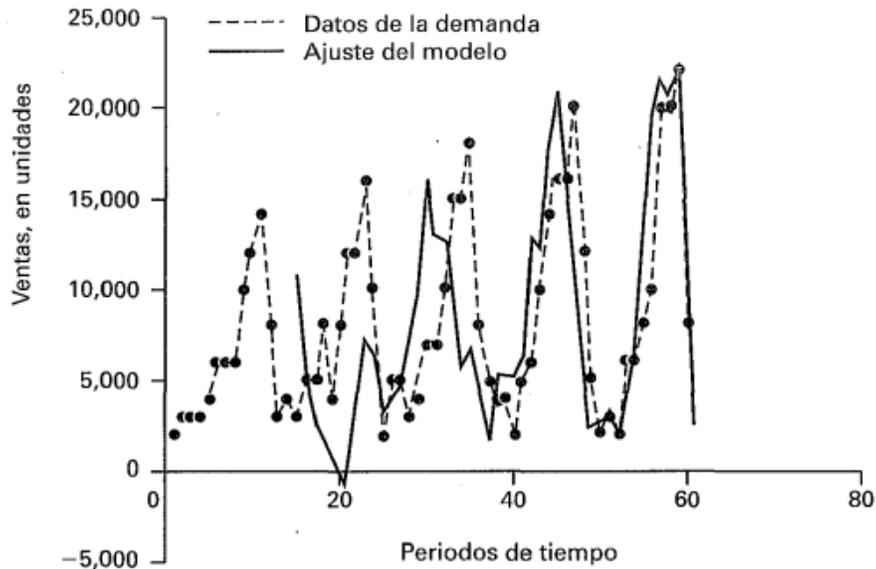
Para la elección de las ponderaciones se toman criterios que posicionan a los datos del pasado más reciente como indicadores del futuro (Chase y Jacobs, 2014).

7.4.3.4. Suavización exponencial

La demanda independiente y aleatoria aplica para el uso de este método de pronósticos ya que este responde a los cambios recientes en la demanda mediante la asignación de una constante de aislamiento que aumenta su fuerza conforme los datos se acercan más a la actualidad. Otras condiciones que

optimizan el uso de este método involucra conocer un gran número de productos en inventario y la disponibilidad de datos históricos para predecir comportamiento futuro, horizonte corto del pronóstico, debe existir poca o nula información acerca de las relaciones de la demanda con factores independientes que la impactan, y debe haber disponibilidad de sistemas y medios de cómputo automatizados (Ortiz, 2014).

Figura 14. **Desempeño de un modelo de ajuste exponencial**



Fuente: Ballou (2019). *Logística. Administración de la Cadena de Suministro*.

7.4.3.4.1. Suavización exponencial simple (Método Holt)

Para la aplicación de este método se utilizan de 5 a 10 observaciones de datos estacionarios para la elaboración de pronósticos a corto plazo (Chase y Jacobs, 2014).

Para utilizar este modelo se debe conocer el pronóstico más reciente, la demanda ocurrida durante el periodo de pronóstico y una constante de suavización alfa (α). Esta constante es la que determina cuál es el nivel de uniformidad y la velocidad con la que la empresa reaccionará ante las diferencias que se dan entre los pronósticos y los hechos reales. Esta constante se determina a partir de la caracterización de la naturaleza del producto (Chase y Jacobs, 2014).

Se hacen los cálculos a partir de:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

F_{t-1} = Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo anterior

A_{t-1} = Demanda real en el periodo anterior

α = índice de respuesta deseado, o constante de suavización

Para elegir el valor de alfa, se puede medir el error entre el pronóstico y la demanda real y según sea el grado de error se utilizan los valores de alfa. Para un error grande, alfa es 0.8 y para uno pequeño, alfa es 0.2. También puede ser calculada a partir de una constante de rastreo alfa, la cual calcula si el pronóstico cambia juntamente con los posibles cambios en la demanda. Esta constante sería el error real dividido entre el error absoluto suavizado exponencialmente. El resultado de alfa oscila entre 0 y 11 (Chase y Jacobs, 2014).

Para la correcta interpretación de las variables, se debe entender que cuanto más elevado sea el valor de alfa, mayor será la ponderación otorgada a los niveles más recientes de demanda. Por lo tanto, este modelo responde más rápido a los cambios en la serie de tiempo. Cuanto más pequeño sea el valor de alfa, mayor será el peso otorgado al historial de la demanda a la vez que se hace mayor el retraso de tiempo para responder a los cambios esenciales en el nivel de la demanda. Valores muy altos de alfa pueden dar paso al rastreo de variaciones aleatorias en la serie de tiempo en vez de la búsqueda de los cambios fundamentales. Por otro lado, valores bajos de alfa brindan pronósticos que no se sujetan a las influencias de la aleatoriedad por series de tiempo. Generalmente, se usan valores de alfa entre 0.01 y 0.3, con las excepciones pertinentes como, por ejemplo, el uso de valores más altos para períodos cortos cuando se dan cambios anticipados. Para la elección de un valor apropiado de alfa, se debe considerar encontrar aquel valor que permita al modelo de pronóstico identificar aquellos cambios principales ocurridos en las series de tiempo y promediar las fluctuaciones aleatorias, y con ello garantizar una minimización del error del pronóstico (Ballou, 2019).

7.4.3.4.2. Suavización exponencial con tendencia (Método Holt-Winters)

Para aplicar este método se requiere de 5 a 10 observaciones para su aplicación a datos estacionarios y con tendencia para pronósticos a corto plazo.

Si los datos poseen un comportamiento con tendencia, en el período en cuestión, provoca que el pronóstico exponencial quede por debajo de los hechos reales, por lo que se necesitaría un ajuste. Los pronósticos realizados a partir de este método pueden ser corregidos al agregar un ajuste a las tendencias. Para

ello, se requieren dos constantes de suavización. Se usa entonces una constante de suavización delta (δ) con la que se disminuye el impacto del error existente entre la realidad y el pronóstico. Si no se incluyen las constantes de suavización, la tendencia se vería exagerada ante los errores (Chase y Jacobs, 2014).

Para ello se aplica:

$$PIT_t = F_t + T_t \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$F_t = PIT_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - PIT_{t-1}) \quad (\text{Ecuación 22})$$

$$T_t = T_{t-1} + \delta(F_t - PIT_{t-1}) \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde:

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período t

T_t = Tendencia suavizada exponencialmente para el período t

PIT_t = Pronóstico con la tendencia para el período t

PIT_{t-1} = Pronóstico con la tendencia hecha para el período anterior

A_{t-1} = Demanda real del período anterior

α = Constante de suavización

δ = Constante de suavización

Además de la tendencia, también hay efectos de las fluctuaciones estacionales en las series de tiempo. Es importante evaluar que exista una razón conocida para los picos y valles periódicos que puedan observarse en el patrón de este tipo de demanda, y para corroborar que se trata de tendencia y estacionalidad, estos picos y valles deben presentarse al mismo tiempo cada

año. Adicional a ello, la variación estacional debe ser mayor que las variaciones aleatorias (Ballou, 2019).

7.4.4. Errores de pronósticos

El error o residuo en los pronósticos se refiere a la diferencia entre los datos obtenidos a partir del pronóstico y los datos reales en ese mismo período. Si el valor del pronóstico está en los límites de confianza, no se considera como tal un error. Dado que en las ventas y demanda de productos, interfieren distintos factores internos y externos, cualquier modelo que se utilice para pronosticar datos futuros, tendrá un error (Chase y Jacobs, 2014).

De manera estadística, los errores se expresan como desviación estándar, varianza o desviación absoluta media. Debido a que la demanda pronosticada es un valor de media aritmética, la suma de los errores de pronóstico sobre varios períodos deberá ser igual a cero. Sin embargo, la magnitud del error de pronósticos puede elevarse al cuadrado con el fin de eliminar las cancelaciones debido a errores positivos y negativos. Esta es la manera común de calcular errores por medio de desviación estándar, y solamente se corrige para el grado de libertad perdido en la generación del pronóstico por la utilización de alfa en el modelo de suavización exponencial.

7.4.4.1. Fuentes de error

La proyección de las tendencias pasadas al futuro, generan una fuente de error constante en los pronósticos. Las desviaciones de los datos presentados gráficamente representan estos errores. Incluso al considerar intervalos de confianza, estos se basan en los datos pasados y existe la posibilidad de que no

tomen en cuenta los puntos de datos proyectados generando otro grado de error (Chase y Jacobs, 2014).

Según Chase y Jacobs (2014) los errores pueden ser sesgados o aleatorios. Los sesgados ocurren son resultado de un error constante dado a que no se incluyen las variables correctas, dado al uso de relaciones equivocadas entre las variables, una aplicación de la recta de tendencia errónea, una aplicación de algún cambio erróneo en la estacionalidad de la demanda y el no detectar algunas tendencias. Los errores aleatorios no explican el modelo de pronóstico que se utilizó.

7.4.4.2. Medición de errores

El método común para la medición de errores es el cálculo de la desviación estándar como se indicó anteriormente. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_t (A_t - F_t)^2}{N-1}} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde:

S_F = Error estándar del pronóstico

A_t = Demanda real en el período t

F_t = Pronóstico para el período t

N = número de períodos de pronóstico t

Algunos otros métodos para medir los errores según Chase y Jacobs (2014) son:

- Desviación absoluta media (DAM): calcula las diferencias entre la demanda real y la demanda derivada del pronóstico sin considerar el signo como significativo.

$$DAM = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde:

t = Número del periodo

A = Demanda real en el periodo

F = Demanda pronosticada para el periodo

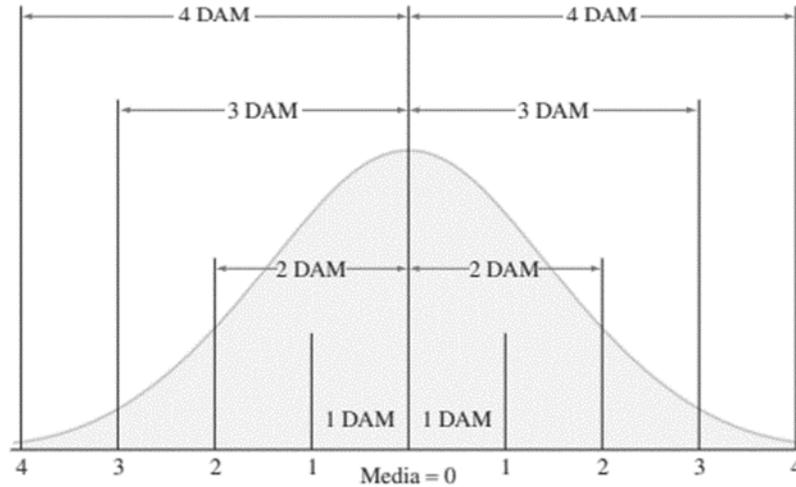
n = Número total de periodos

Al considerar una distribución normal de datos de errores medios en el pronóstico, se relaciona la DAM y la desviación estándar mediante:

$$1 \text{ desviación estándar} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} * DAM ; \text{o aproximadamente } 1.25 \text{ DAM} \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$1 \text{ DAM} = .0.8 \text{ desviaciones estándar}$$

Figura 15. Distribución de la media y DAM



Fuente: Chase y Jacobs (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*.

- Error porcentual absoluto medio (EPAM): representa el error respecto al promedio de demanda para estimar el error que se podría esperar de un pronóstico mediante:

$$EPAM = \frac{DAM}{Promedio\ de\ demanda} \quad (\text{Ecuación 27})$$

- Señal de seguimiento (SS): indica el seguimiento del pronóstico al cambio de la demanda, representando cuántas desviaciones absolutas medias se encuentra por encima o debajo del valor pronosticado respecto a los datos reales. Se calcula mediante:

$$SS = \frac{SCEP}{DAM} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Donde:

SCEP = Suma corriente de los errores pronosticados considerando la naturaleza del error (los errores negativos cancelan los errores positivos y viceversa).

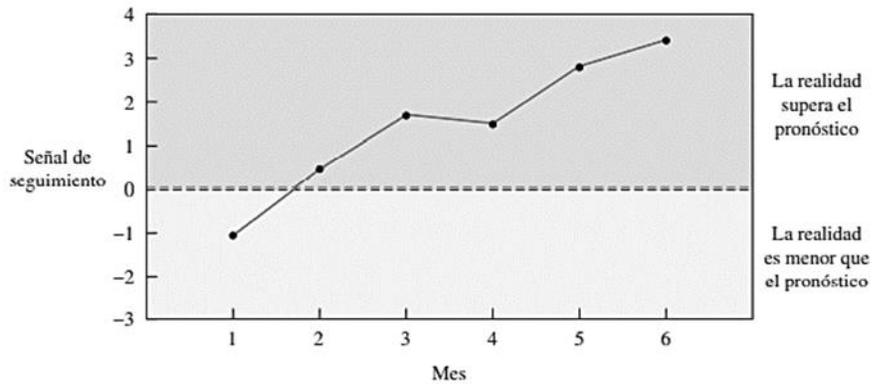
DAM = Promedio de todos los errores pronosticados (sin importar si las desviaciones son positivas o negativas.) Es el promedio de las desviaciones absolutas.

7.4.5. Pronósticos de relaciones causales

En ocasiones, la demanda está relacionada con algún factor implícito en el entorno y para ello se hace necesario utilizar pronósticos causales (Chase y Jacobs, 2014).

Estos pronósticos se construyen sobre la base de que el nivel de la variable a pronosticada se deriva del nivel de otras variables relacionadas. Para establecer el adecuado uso de estos modelos, deben existir adecuadas relaciones de causa y efecto para anticipar posibles cambios relevantes en las series de tiempo y poder pronosticar efectivamente, de mediano a largo plazo. Estos pronósticos pueden ser estadísticos o descriptivos; y son válidos de acuerdo a los patrones de información histórica con los que se cuente y que establezcan la relación entre las variables de predicción y la variable de interés para pronosticar (Ballou, 2019).

Figura 16. **Comportamiento de la señal de seguimiento**



Fuente: Chase y Jacobs (2014). Administración de operaciones, producción y cadena de suministros.

7.4.5.1. **Análisis de regresión múltiples**

Este método de pronóstico considera las variables pertinentes, al lado de su peso o efecto en el rubro de interés. Se utiliza cuando existen diversos factores relevantes para la variable de interés (Chase y Jacobs, 2014).

Esta técnica estadística ayuda a determinar a qué nivel se asocia un número de variables seleccionadas y la demanda. Con este modelo se puede utilizar más de una variable para predecir la demanda en el futuro, convirtiendo la información de las variables independientes de predicción mediante la ecuación extendida de la regresión simple, que permitirá generar el pronóstico de demanda (Ballou, 2019).

7.4.6. Selección de modelo de pronósticos

Cuando se han identificado los patrones de la demanda de los productos más críticos para una empresa, se debe analizar el tipo de pronóstico que se adapte mejor a cada producto o artículo según su comportamiento histórico. Para ello, Paredes-Rodríguez *et. al.* (2019) sugiere el análisis del patrón de demanda para elegir un sistema de pronóstico acorde. Por ejemplo, si el patrón de la demanda es perpetuo o uniforme serviría utilizar un pronóstico de promedio móvil o suavización exponencial simple. Si la demanda contiene tendencia creciente o decreciente, los pronósticos de suavización exponencial doble son adecuados.

Para una demanda estacional o periódica y demandas altamente correlacionadas, se utilizan modelos periódicos de Winters y métodos integrados de promedio móviles auto-regresivos. Los pronósticos combinados de tiempo entre la ocurrencia de demanda consecutiva y la magnitud de transacciones contribuyen a un patrón de demanda errática que implica productos de clase A de bajo movimiento. Sin embargo, aledaño a estas recomendaciones es importante considerar al error provocado por un pronóstico como parámetro principal de la viabilidad del mismo.

7.5. Política de gestión de inventarios

Una política de inventarios es un conjunto de estrategias y actividades que se plantean para la toma de decisiones que contribuyan a la mejora de la gestión del sistema de inventarios dentro de una empresa. El fin primordial de este tipo de políticas se basa en determinar un período de revisión del nivel de inventario y un pedido de reaprovisionamiento óptimo para el tipo de demanda que maneja cada producto en el inventario (Ballou, 2019).

El control y la gestión de inventarios se da mediante la determinación de políticas y parámetros de control, con los cuales se alcance el nivel de servicio propuesto en la empresa de la forma más económica posible (Vidal, 2010). La buena administración de inventarios tiene como fin o meta primordial maximizar la satisfacción del cliente al mantener las cantidades mínimas de inventario con las que se pueda tener un flujo adecuado de la logística de la empresa, considerando las variaciones en la demanda y en las operaciones que se llevan a cabo en la empresa. La ventaja de los inventarios es que permiten reducir costos, sin incurrir en bajas de ingresos (Ortiz, 2014).

Para la adecuada gestión de los inventarios se deben considerar los factores más importantes que contribuyen significativamente a su desarrollo. Los factores económicos son clave en la mayoría de casos para optimizar la gestión. Así mismo, el tipo de demanda determina la técnica de gestión que se debe aplicar. Cuando se trata de una demanda determinista se conocen los datos de esta ya que es constante, mientras que una demanda probabilística no se conocen los datos de demanda con certeza. El ciclo para el punto de reorden, las demoras en las entregas, el reabastecimiento en los almacenes, el período de control del inventario u horizonte de tiempo, el almacenamiento múltiple y el número de productos a manejar son otras características importantes a considerar en la gestión de inventarios (Durán, 2012).

7.5.1. Diagnóstico de gestión de inventarios

Previo a establecer políticas para la adecuada gestión y control de un sistema de inventarios, es necesario que se identifique y caracterice el proceso actual que se lleva a cabo para el manejo de esta área en una empresa. Se analizan factores como las estrategias de la empresa y más aún, aquellas relacionadas con el tema de inventarios, las disposiciones que tienen altos

mandos para la mejora, la disponibilidad de recursos para la mejora, la relación de la gestión de áreas que trabajan conjuntamente con la gestión de inventarios y el tipo de enlace y comunicación entre ellas, el sistema de control de inventarios que maneja la empresa y sus aspectos positivos y negativos, la posibilidad, recursos y disposición de realizar proyecciones de demanda, la información relacionada a costos de manejo y mantenimiento de inventarios, o bien, la posibilidad de estimarlos si no se cuenta con los datos exactos, y la capacidad de almacenamiento de la empresa (Ortiz, 2014).

El objetivo del diagnóstico es identificar el sistema de gestión de inventarios de la empresa y caracterizarlo de manera tal que permita reconocer la raíz de los problemas de la empresa al respecto. Este reconocimiento representa un punto de partida para la ejecución de mejoras sustanciales en el sistema de inventarios.

El posicionamiento en esta etapa de la gestión, generalmente se consigue con la aplicación de técnicas como las que Ortiz (2014) sugiere:

- Encuestas
- Entrevistas
- Observación directa
- Análisis documental
- Técnicas estadísticas

7.5.2. Parámetros para una política de inventarios

Una política para la gestión de inventarios se basa en los pronósticos que se utilizan para predecir la demanda esperada con el fin de establecer un control óptimo de los inventarios. Por lo tanto, los parámetros que la estructuran son el valor de la demanda futura y el error generado en los pronósticos. El primero,

estima los datos de la demanda promedio de los productos, mientras que el segundo parámetro representa la variabilidad de dichos datos, con lo cual se define el inventario de seguridad. (Paredes-Rodríguez, Chud-Pantoja y Osorio, 2019).

Algunas estrategias que se aplican comúnmente para el establecimiento de políticas relacionadas con el inventario según Vidal (2010) son:

- Obtener información en tiempo real y precisa acerca de la demanda en el punto de consumo.
- Consolidación de centros de distribución y bodegas cuando aplique, para aumentar los volúmenes de demanda por instalación.
- Estandarización de productos mediante el principio de posposición de forma del producto, para evitar mantenimiento de inventarios de una gran variedad de productos.
- Mejorar los sistemas de pronósticos de la demanda mediante técnicas estadísticas y estrategias relacionadas.
- Generar alianzas y sistemas de comunicación con proveedores y clientes para la reducción de tiempos de reposición a través de procesos colaborativos de la cadena de abastecimiento.
- Emitir órdenes conjuntas para grupos de productos con el fin de generar un balance en el inventario y consolidar los despachos.

- Reducir demoras y tiempos de reposición a lo largo de la cadena de abastecimiento manejada.

7.5.3. Tipos de políticas de inventarios

Las políticas de inventarios se adecúan a la situación propia de cada empresa, por lo que pueden existir diversidad de ellas. Sin embargo, es común que se clasifiquen según el sistema o modelo de revisión de inventario que se maneje. Partiendo de ello, Paredes-Rodríguez *et. al.* (2019) las clasifica de la siguiente manera:

- Política de revisión continua Q: sistema de revisión de inventario cada vez que se realiza algún movimiento al respecto y se realiza un pedido cuando el inventario esté por debajo del punto de reorden establecido.
- Política de revisión continua S: sistema en el que se revisa el inventario siempre que se lleve a cabo algún movimiento al respecto y se realiza un pedido igual a la diferencia entre el inventario máximo y el inventario efectivo, realizando el pedido cuando el inventario esté por debajo del punto establecido como punto de reabastecimiento.
- Política de revisión periódica R: sistema en el que la revisión se realiza cada determinado período de tiempo, realizando el pedido que equivalga a la diferencia entre el inventario máximo y el inventario efectivo.
- Política R, S: política de inventarios híbrida en la que se hace una revisión del inventario cada determinado período de tiempo y se realiza un pedido solamente si el inventario está por debajo del punto de reorden

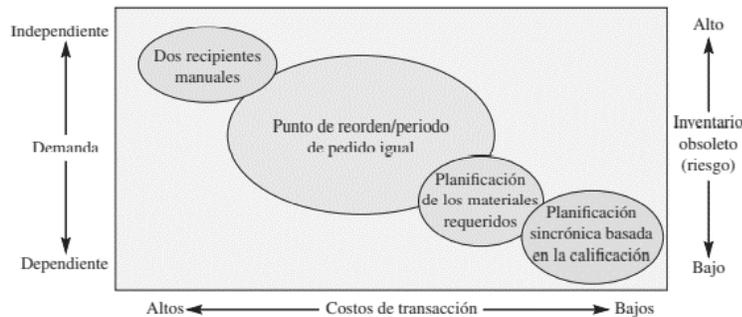
establecido. Cuando se hace pedido, este corresponde a la diferencia entre el inventario máximo y el inventario efectivo.

7.6. Control y seguimiento a las políticas de inventarios

Un proceso de control debe establecer estándares, medir el desempeño contra dichos estándares y corregir las variaciones de los estándares y planes. Los puntos que se seleccionen para el control, deben ser clave como factores limitantes para la operación o los indicadores más significativos para el fin esperado. Este principio de control de puntos clave establece que el control efectivo necesita centrar la atención en los factores decisivos para la evaluación del desempeño acorde a los objetivos. También se puede realizar una gestión de control al comparar el desempeño de la empresa con el de otras según puntos de referencia establecidos, o mediante benchmarking (Koontz, Weihrich, y Cannice, 2012).

La figura 17 muestra la lógica que sigue el control de inventarios al relacionar el tipo de demanda con el método de punto de reorden que se maneja para la programación y planificación de recursos e insumos, lo cual genera consecuencias sobre los costos y el inventario final que se va a manejar.

Figura 17. **Lógica del control de inventarios**



Fuente: Chase y Jacobs, (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*.

Se puede dar seguimiento a las políticas por medio de distintas técnicas o herramientas. Una de las más comunes y útiles es la utilización de indicadores claves que permitan una medición continua de los parámetros más significativos y relevantes para que la empresa cumpla con sus objetivos. Para la administración y evaluación ordenada de dichos indicadores se puede hacer uso de herramientas como el cuadro de mando integral que ayuda a asegurar el alineamiento de los objetivos con las actividades realizadas. También se suelen utilizar medios tecnológicos para el control y seguimiento de gestiones como las de inventarios (Koontz *et. al.*, 2012).

7.6.1. **Indicadores en gestión de inventarios**

Los indicadores son herramientas que permiten realizar una medición de desempeño para tener un mejor control en los procesos y poder tomar decisiones acordes a la mejora continua. Los indicadores pueden tener un alcance global en una empresa, o bien, más específico al área en la que se apliquen. Un sistema de indicadores adecuado caracteriza y evalúa la gestión de toda la logística de

una entidad, en cada actividad y sistema involucrado. Al utilizarlos se logran caracterizar aspectos de la empresa como la productividad, eficiencia, efectividad, entre otros (Ponce, 2014).

En el caso de indicadores de seguimiento en la gestión de inventarios Ponce (2014) detalla los más utilizados para este fin:

- Índice de rotación de mercancías: este índice relaciona las ventas y las existencias promedio para indicar el número de veces que el capital invertido se recupera a través de las ventas.
- Índice de duración de mercancías: representa cuántas veces dura el inventario al relacionar una proporción del inventario final y las ventas promedio del último período.
- Exactitud del inventario: se mide mediante las referencias que presentan irregularidades en relación al inventario lógico valorizado al realizar inventario físico, lo cual brinda un valor de confiabilidad del mismo.

Además, Izar *et. al.* (2015) sugiere la aplicación de las tasas inicial y final de órdenes atendidas, las tasas de artículos devueltos y cancelaciones y el margen de retorno de la inversión.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Inventario

2.1.1. Control de inventarios

2.1.2. Propósitos del inventario

2.1.3. Costos del inventario

2.1.4. Sistemas de Inventarios

2.1.4.1. Modelo de inventario de período único

2.1.4.2. Modelos de inventarios de varios períodos

2.1.4.2.1. Modelos de cantidad de
pedido fija

2.1.4.2.2. Modelos de período fijo

- 2.1.4.3. Modelo de cantidad de económica de pedido
 - 2.1.4.4. Método de planeación de requerimiento de materiales.
 - 2.1.4.5. Método justo a tiempo
 - 2.1.5. Inventarios de seguridad
 - 2.1.5.1. Modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad
 - 2.1.5.2. Modelo de período fijo con inventario de seguridad
- 2.2. Demanda
 - 2.2.1. Variabilidad de la demanda
 - 2.2.2. Administración de la demanda
 - 2.2.3. Componentes de la demanda
 - 2.2.3.1. Demanda promedio para el período
 - 2.2.3.2. Tendencia
 - 2.2.3.3. Elementos estacionales
 - 2.2.3.4. Elementos cíclicos
 - 2.2.3.5. Variación aleatoria
 - 2.2.3.6. Auto correlación
- 2.3. Segmentación de datos
 - 2.3.1. Clasificación ABC
 - 2.3.1.1. Método ABC multicriterio
 - 2.3.2. Clasificación bidimensional
 - 2.3.3. Agrupación por familias
- 2.4. Pronósticos
 - 2.4.1. Tipos de Pronósticos
 - 2.4.2. Métodos cualitativos

- 2.4.3. Análisis de series de tiempo
 - 2.4.3.1. Análisis de regresión lineal
 - 2.4.3.2. Promedio móvil simple
 - 2.4.3.3. Promedio móvil ponderado
 - 2.4.3.4. Suavización exponencial
 - 2.4.3.4.1. Suavización exponencial simple (Método Holt)
 - 2.4.3.4.2. Suavización exponencial con tendencia (Método Holt-Winters)
- 2.4.4. Errores de pronósticos
 - 2.4.4.1. Fuentes de error
 - 2.4.4.2. Medición de errores
- 2.4.5. Pronóstico de relaciones causales
 - 2.4.5.1. Análisis de regresión múltiple
- 2.4.6. Selección de modelo de pronóstico
- 2.5. Políticas de gestión de inventarios
 - 2.5.1. Diagnóstico de gestión de inventarios
 - 2.5.2. Parámetros para una política de inventarios
 - 2.5.3. Tipos de políticas de inventarios
- 2.6. Control y seguimiento a las políticas de inventarios
 - 2.6.1. Indicadores en gestión de inventarios

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Diagnóstico
- 3.2. Segmentación de productos
- 3.3. Pronósticos
- 3.4. Método de determinación de punto de reorden
- 3.5. Propuesta de política de inventarios

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Diagnóstico
- 4.2. Segmentación de productos
- 4.3. Pronósticos
- 4.4. Método de determinación de punto de reorden
- 4.5. Propuesta de política de inventarios

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El desarrollo de este estudio se caracteriza y se rige por los tipos de investigación en los que encaja según sus precedentes, la información con la que se cuenta y los objetivos planteados. Los resultados que se esperan de esta investigación se alcanzarán a través de un diseño de estudio no experimental, mediante un enfoque mixto que llevará al estudio hacia un alcance descriptivo y correlacional.

9.1. Características del estudio

El trabajo de investigación se realizará bajo un enfoque mixto. Inicialmente, la fase de diagnóstico requiere únicamente de datos e información cualitativa de la situación actual de la empresa. Una vez establecido el punto de partida, se hará uso de información cuantitativa relacionada con el historial de ventas para la realización de una segmentación de datos y el cálculo de pronósticos de la demanda de los productos más vendidos por la empresa. Además, se analizará con base en lo anterior, el punto y período óptimo de reorden para los cinco productos con mayor demanda en la empresa. Finalmente, se detallará de manera cualitativa una política de gestión de inventarios que sea adecuada y efectiva para la empresa, así como el seguimiento correspondiente para la misma a través de indicadores.

Este estudio tiene como fin primordial establecer una solución a la gestión de inventarios de la empresa al relacionar el lead time con la cantidad de inventario disponible y con el punto de reabastecimiento que se propondrá a partir del análisis de la demanda futura. Por lo tanto, se desarrollará como un estudio

de alcance correlacional buscando la relación óptima de dichas variables. Sin embargo, también abarcará un alcance descriptivo al detallar el manejo actual de la empresa en cuanto a los inventarios y al describir la política de inventarios que se propondrá para mejorar dicha gestión.

La realización de esta investigación requiere del análisis de información histórica de las ventas de los cinco productos más demandados en la empresa durante los años 2021 y 2022. Con estos datos, se realizarán los pronósticos adecuados y la selección del modelo de punto de reorden que favorezca a la gestión de inventarios de la empresa. Debido a ello, el diseño del estudio se posiciona como no experimental dado a que las ventas históricas como variable independiente, representan datos no manipulables que ya habrán sucedido y solo se tomarán como referencia y punto de partida para el análisis de otras variables. Dentro de ello, se clasifica la investigación como un diseño longitudinal de evolución de grupo ya que los datos se recolectarán a través del mencionado período de tiempo con el fin de indagar en el manejo de inventarios que la empresa ha tenido en el pasado. Además, se hace referencia a un estudio de evolución de grupo ya que se analizará el cambio de un grupo específico, que sería el de los productos más vendidos por la empresa.

9.2. Unidades de análisis

La realización de una política de inventarios para la reducción del lead time y de la cantidad de incumplimientos o retrasos de pedidos dentro de una empresa, se enfoca en los productos pertenecientes a uno o varios de sus inventarios como unidad de análisis. Debido a que la empresa objeto de este estudio comercializa producto fabricado por ella y también distribuye producto importado, maneja un amplio inventario de producto terminado.

Por lo tanto, se especificará la población para este estudio como el inventario de producto terminado fabricado dentro de la empresa farmacéutica en cuestión. Para ello, se realizará el análisis de datos de los 5 productos dentro de esta población que más se han vendido por la empresa históricamente como una muestra no probabilística.

El período de tiempo de los datos a analizar se contempla con relación al horizonte de tiempo de los pronósticos que se realizaran a partir de ellos. Este período depende de la naturaleza de la demanda de los productos a analizar y del período de actualización de los datos que se manejan. Debido a que se analizarán los productos más vendidos por la empresa, se tienen antecedentes por parte de la misma de que estos mantienen una tendencia de demanda de estable a creciente y se maneja una actualización diaria de los datos por lo que cualquier período mayor a un día sería adecuado para el intervalo de pronósticos.

A partir de ello, y considerando que la demanda de la muestra elegida no contendrá estacionalidad, se tomará una muestra de historial de venta de los dos años anteriores al estudio para el análisis de datos.

9.3. Variables

Las variables a considerar en el trabajo de investigación se describen a continuación:

Tabla II. **Variables a analizar**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Lead time	Es el tiempo que transcurre entre el momento en que se recibe una orden y el momento en que dicha orden es despachada (Cachon y Terwiesch, 2006)	Se medirá en horas o días según la magnitud del dato. Se obtendrá mediante información de despacho de producto por parte del personal de bodega de producto terminado y encargado de ventas.
Demanda	Cantidad de unidades de producto solicitadas por el consumidor (Cachon y Terwiesch, 2006)	Se medirá en unidades de producto. Se caracterizará el tipo de demanda a partir del análisis de historial de ventas del año 2021 y 2022.
Variabilidad de la demanda	Medida de la diferencia que puede darse en la demanda de los clientes, lo cual genera una fuente de incertidumbre (Cachon y Terwiesch, 2006)	Se medirá en términos relativos como un coeficiente de variación (CV) adimensional: $CV = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Media}}$
Demanda esperada	Demanda que se espera que tenga el producto en el futuro, como reflejo del comportamiento pasado (Ballou, 2019).	Se medirá en unidades de producto. El cálculo se realizará a partir del método o modelo seleccionado para la realización de pronósticos en la etapa 2 del estudio.
Costos de inventario	Representan el costo de mantener una unidad de inventario por determinado tiempo (Cachon y Terwiesch, 2006).	Se medirá en quetzales por unidad de producto o en quetzales por unidad de producto en determinado período de tiempo. Se calcula mediante: $\text{Costos de inventario por unidad} = \frac{\text{Costos anuales de inventario}}{\text{Rotación anual de inventario}}$

Continuación tabla II.

		Otros costos de inventario más específicos como costos de instalación, de mantenimiento, de manejo, por falta de existencias. serán calculados según el método de punto de reorden seleccionado en la etapa 3 del estudio.
Período de reabastecimiento	Momento en el que se debe realizar un nuevo pedido de abastecimiento de producto terminado, para mantener el <i>stock</i> adecuado (García y Maldonado, 2015).	Se medirá en días si se tratara de un modelo de período fijo o se medirá como condicionante de la cantidad que queda de producto si se tratara de un modelo de cantidad de pedido fija. El cálculo dependerá entonces del modelo seleccionado en la etapa 3 de la investigación.
Cantidad de reabastecimiento	Cantidad de unidades de producto necesaria por cada pedido de reabastecimiento, para cumplir con el <i>stock</i> adecuado (García y Maldonado, 2015).	Se medirá en unidades de producto y se calculará con base en el modelo seleccionado en la etapa 3 del estudio.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

9.4. Fases

Para la realización de este trabajo de investigación en la empresa farmacéutica en cuestión, se desarrollarán 4 fases que se detallan a continuación.

- Fase 1: diagnóstico

El propósito de esta fase es obtener la información del manejo de inventarios que se realiza en la actualidad dentro de la empresa. Para ello se realizarán las siguientes actividades:

- Obtener, mediante la observación, cuestionarios y entrevistas al personal, información de cómo se ha manejado la logística en relación con los inventarios en los últimos años, dentro de la empresa.
 - Realizar una revisión de documentación o registros que se pudieran tener al respecto del manejo de inventarios dentro de la empresa.
 - Realizar una recolección y análisis del historial de ventas de los años 2021 y 2022 para identificar el tipo de demanda de los productos de interés para este estudio.
 - Calcular el lead time promedio que se maneja en la entrega de pedidos a través de información brindada por los encargados de bodega, despacho de producto terminado y encargado de ventas.
- Fase 2: análisis y cálculo

Durante esta fase se establecerá una segmentación de los productos y se calculará un pronóstico de ventas a partir de los datos históricos de demanda de la empresa en los últimos dos años. Por lo tanto, será necesario:

- Tabular los datos de ventas durante el año 2021 y 2022 para los 5 productos más vendidos.
 - Graficar los datos del inciso a) con el fin de observar las tendencias de la demanda y verificar que el periodo seleccionado para el análisis histórico de datos sea una muestra representativa.
 - Seleccionar el método más adecuado para realizar una clasificación de los productos.
 - Realizar pronósticos adecuados según la clasificación de los productos, para la demanda esperada del año 2022 a partir de los datos del año 2021.
 - Comparar los datos de los pronósticos para el año 2022 con los datos reales de ese mismo año.
 - A partir de ello, calcular el error para cada tipo de pronóstico utilizado y seleccionar el de menos error para pronosticar la demanda de los próximos años.
- Fase 3: método de reabastecimiento

Esta fase involucra el análisis de la información de las fases anteriores para la selección del método de reabastecimiento más adecuado para los productos analizados. Se realizará mediante las siguientes etapas:

- Analizar la información y datos obtenidos en las etapas previas.

- Revisar fuentes bibliográficas para evaluar el método que permita la determinación de punto de reabastecimiento de pedidos adecuado según los datos que se calcularon y la información adicional que se tenga a disposición en la empresa.
- Seleccionar el método que convenga para la situación.
- Recolectar los datos adicionales que se requieran como aquellos relacionados a los costos de mantenimiento y manejo de inventario.
- Fase 4: validación de la propuesta

En esta fase se buscará describir la política de inventarios a implementar para lograr la reducción del lead time en los pedidos y los indicadores que permitan dar seguimiento y evaluar la gestión de inventarios propuesta.

- Detallar la política propuesta, a partir del método de punto de reorden seleccionado.
- Establecer los indicadores que permitan dar seguimiento a la gestión de la política, realizando un tablero de control para detallar las acciones necesarias para su desarrollo.
- Aplicar el método seleccionado para los datos pronosticados y realizar las pruebas con estos datos durante 3 meses, con el fin de validar la propuesta de gestión del inventario de producto terminado de la empresa.

- Fase 5: informe final

Durante esta última fase se realizará la presentación de los resultados obtenidos para cada objetivo, la discusión de cada uno de estos resultados y la redacción de conclusiones y recomendaciones para completar el informe final de este trabajo de investigación.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

La realización de este estudio requiere del uso de técnicas cualitativas y cuantitativas de recolección y análisis de datos para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos planteados.

- Técnicas cualitativas

La fase inicial de diagnóstico tiene el fin de evaluar el estado actual de la empresa. Por otro lado, una de las fases finales de la investigación abarca el objetivo central del estudio de realizar una propuesta de política que contribuya a la gestión y control del inventario. Para ambas fases se hace necesario la utilización de técnicas cualitativas como observación, entrevistas, clasificación de datos y análisis documental. Así mismo, a lo largo de las fases intermedias, se realizará la revisión bibliográfica que permita la selección adecuada de métodos relacionados con el estudio.

- Técnicas cuantitativas

Este trabajo de investigación requerirá del análisis de datos numéricos de ventas. Para ello, se realizarán tabulaciones, gráficas, análisis estadísticos de errores, aplicación de cálculos correspondientes a los métodos de reabastecimiento seleccionados y aplicación de indicadores. Todo esto se trabajará a través de la herramienta Microsoft Office Excel.

Tanto las técnicas cualitativas como cuantitativas se distribuyen en técnicas de recolección de información y técnicas de análisis de la información, las cuales se detallan a continuación.

- Técnicas de recolección de la información

Para la recolección de datos e información se aplicarán técnicas de:

- Observación: se observará cómo se realiza la gestión de inventarios desde la programación de la producción hasta el despacho de producto terminado.
- Entrevistas: se refieren a conversaciones, basadas en preguntas estratégicas, que permitirán obtener información acerca de los mecanismos que se han utilizado a través de los años para el manejo de inventarios en la empresa, y del lead time que se maneja en el despacho de pedidos. Estas se realizarán a personal de la empresa como el encargado de bodega de producto terminado, encargado de despacho de producto, encargado de ventas, jefe de producción, operarios de producción y gerente general.
- Revisión de registros: búsqueda y revisión de la documentación archivada en la empresa que sea relevante para los propósitos de la investigación. Se buscará información acerca de órdenes de producción, inventario diario, frecuencia de producción de los productos a analizar y cualquier otra información relacionada a la gestión de inventarios.

- Análisis de historial de ventas: se realizará mediante la solicitud, revisión y ordenamiento de la información de historial de ventas para su adecuada interpretación.
- Investigación y comparación: revisión de información bibliográfica acerca de posibles métodos a emplear en la segmentación de datos, tipos de pronósticos y modelos de punto de reorden, así como la comparación de los mismos para la selección de métodos más adecuados para la situación de la empresa. Debido a que los métodos a seleccionar dependen de la naturaleza de la demanda de los productos a analizar, esta técnica se utilizará conforme se avance en la investigación y sea necesaria la interpretación de datos para la correcta segmentación de los productos, para el correcto empleo de pronósticos y para la selección del modelo de reabastecimiento más acorde a la situación de la empresa.
- Técnicas de análisis de la información
 - Tabulación de datos: ordenamiento de datos en formato de tablas para facilidad de comprensión y análisis. Esta técnica se aplicará inicialmente para el ordenamiento de los datos históricos de ventas y se continuará aplicando en la investigación para la claridad de los datos pronosticados y de los cálculos relacionados al modelo de punto de reabastecimiento seleccionado.
 - Gráficos de líneas: forma gráfica de visualizar la tendencia de datos que ayudará al análisis del tipo de demanda que se maneja en la empresa respecto a los productos tomados como muestra en este

estudio, y, por consiguiente, permitirá la visualización clara de los pronósticos que se calcularán.

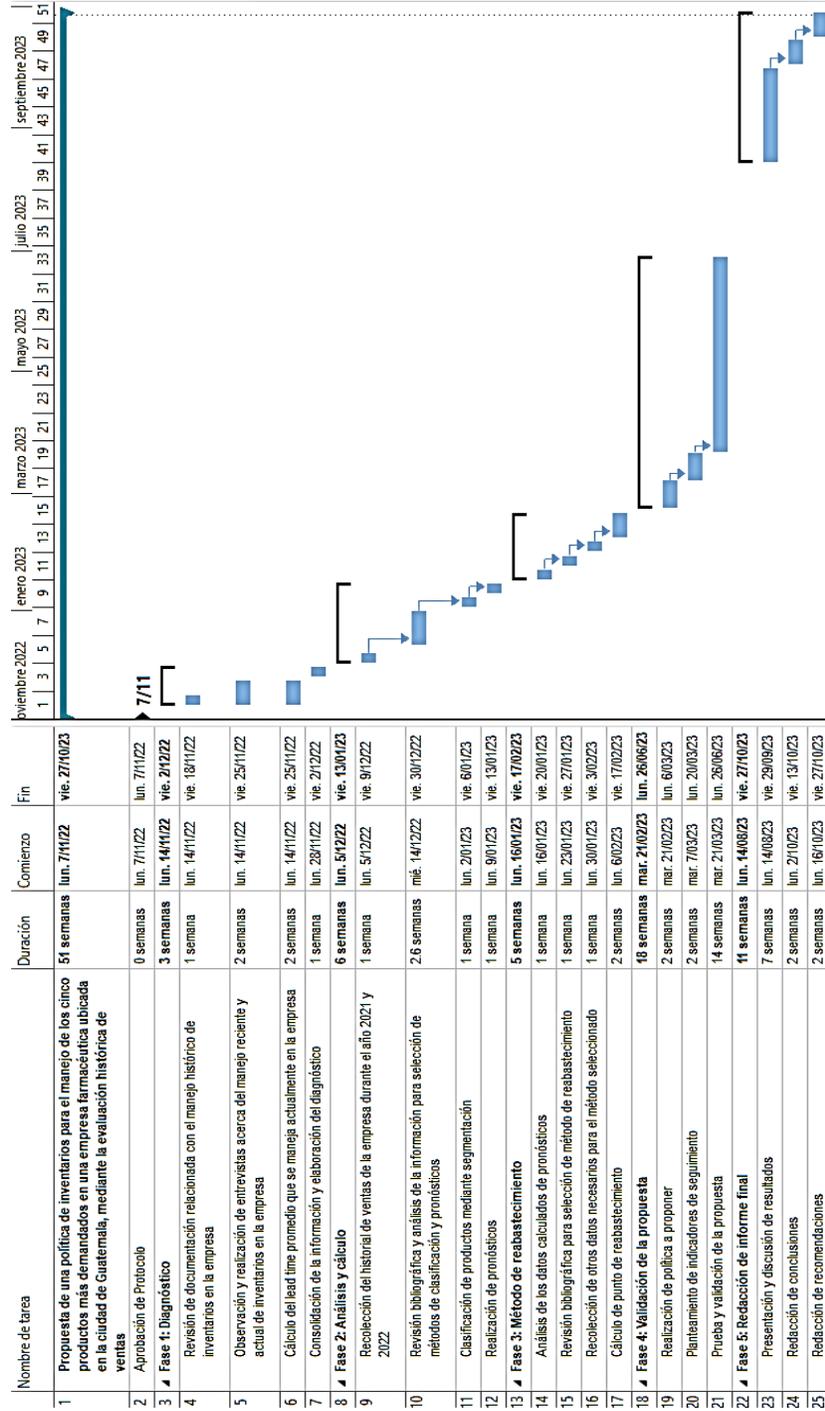
- Clasificación de datos: técnica con la que se analizará la información obtenida de la demanda pasada de los productos más vendidos en la empresa, para realizar la segmentación adecuada de dichos productos.
- Análisis estadístico de errores: aplicación de ecuaciones estadísticas relacionadas al análisis de error mediante datos reales y datos calculados, que se utilizará en el cálculo de pronósticos para la correcta selección del método que más se ajuste a la naturaleza de la demanda que presenten los productos analizados.
- Tablero de control: herramienta que permitirá administrar la información de manera que se logre visualizar la situación actual y el avance que se espera lograr mediante la asignación de indicadores.
- Cálculo de indicadores: cálculo matemático que se realizará durante la validación de la propuesta, para el control de inventarios a partir de los indicadores cuantitativos que apliquen y sean seleccionados para llevar el seguimiento de la gestión.
- Validación de la propuesta: aplicación del método de reabastecimiento seleccionado como propuesta de gestión de inventarios, durante los 3 meses predestinados en el cronograma para esta etapa.

La presente investigación se considera no experimental dado a que no se realizará manipulación de variables, sino que se realizará la observación e interpretación de las mismas para desarrollar los métodos que permitan establecer la propuesta a realizar.

11. CRONOGRAMA

A continuación, se detalla el cronograma previsto para el desarrollo de cada fase de este trabajo de investigación, iniciando a partir de la aprobación del protocolo y finalizando con la realización del informe final. Para ello, se prevé un total de 51 semanas para su ejecución.

Tabla III. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación descrito es un estudio factible ya que se realizará en una empresa de la industria farmacéutica, la cual ha brindado la autorización para realizar el estudio y colaborará con los recursos necesarios para su ejecución.

12.1. Recursos necesarios

La realización de esta investigación y el desarrollo de sus fases requiere, inicialmente, de la autorización de la empresa para disponer de los siguientes recursos:

- **Humanos:** personal disponible para brindar la información necesaria para la investigación. Además, se incluye como recurso humano al investigador que desarrollará el estudio y al asesor que brindará su experiencia y conocimientos al trabajo.
- **Tecnológico:** acceso a internet y a las bases de datos relevantes para el estudio.
- **Informativos:** información propia de la empresa, necesaria para el enriquecimiento y avance del trabajo de investigación, tomando en cuenta la confidencialidad de los datos que así lo requieran.
- **Infraestructura y equipo:** mobiliario, equipo y acceso a las áreas de la empresa que tengan relación con la investigación.

El recurso financiero será aportado por el estudiante investigador. A continuación, se detallan los gastos que requiere el desarrollo del estudio:

Tabla IV. **Presupuesto**

No.	Tipo de recurso	Descripción	Costo	Porcentaje
1	Humano	Tiempo del investigador	Q. 6000.00	74 %
2	Humano	Asesor	Q. 1000.00	12 %
3	Material	Papelería y útiles	Q. 500.00	6 %
4	Varios	Imprevistos	Q. 650.00	8 %
TOTAL			Q. 8150.00	100 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Los recursos necesarios se pueden aportar por la empresa y el investigador, por lo que se considera que el estudio es factible.

13. REFERENCIAS

1. Arroba, J., Angulo, Y., y Naula, S. (noviembre, 2018). Control de Inventarios y su incidencia en los estados financieros. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1-10. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/11/inventarios-estados-financieros.html>.
2. Ballou, R. H. (2019). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. Estado de México, México: Pearson Prentice Hall. Recuperado de <https://studylib.es/doc/8830784/logistica-administracion-de-la-cadena-de-suministro-5ta-e>.
3. Cachon, G., y Terwiesch, C. (2006). *Matching Supply with Demand. An Introduction to Operations Management*. Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill. doi: <https://doi.org/10.1126/stke.3342006tw156>.
4. Carboneras, M. C., de la Fuente Aragón, M. V., y McDonnell, L. R. (M=marzo, 2021). Multi-item inventory problem: Literature review and a proposal for practitioners. *Revista dirección y organización*, 74(603), 67–80. Recuperado de <https://doi.org/10.37610/DYO.V0I74.603>.
5. Causado, E. (mayo, 2015). Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 163–178. Recuperado

de <https://doi.org/10.22395/rium.v14n27a10>.

6. Chase, R. B., y Jacobs, F. R. (2014). *Administración de operaciones. Producción y Cadena de Suministros*. México: McGraw-Hill. Recuperado de <https://ucreanop.com/wp-content/uploads/2020/08/Administracion-de-Operaciones-Produccion-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase.pdf>.
7. Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., y Tronci, M. (julio, 2013). Exploring the bullwhip effect and inventory stability in a seasonal supply chain. *International Journal of Engineering Business Management*, 5(23), 1-12. Recuperado de <https://doi.org/10.5772/56833>.
8. Durán, Y. (junio, 2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión Gerencial*, (1), 55–78. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545892008>.
9. García, M. A., y Maldonado, G. P. (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). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/37700/D-CD71872.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>.
10. González, A., y González, A. (septiembre, 2018). Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(1), 133–142. Recuperado de

<https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000100133>.

11. Izar, J. M., Ynzunza, C. B., y Guarneros, O. (marzo, 2016). Variabilidad de la demanda del tiempo de entrega, existencias de seguridad y costo del inventario. *Contaduría y Administración*, 61(3), 499–513. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.11.008>.
12. Izar, J. M., Ynzunza, C. B., y Zermeño, E. (agosto, 2015). Cálculo del punto de reorden cuando el tiempo de entrega y la demanda están correlacionados. *Contaduría y Administración*, 60(4), 864–873. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.07.003>.
13. Juca, C., Narváez, C., Erazo, J., y Luna, K. (junio, 2019). Modelo de gestión y control de inventarios para la determinación de los niveles óptimos en la cadena de suministros de la Empresa Modesto Casajoana Cía. Ltda. *Digital Publisher*, 1(3), 20–39. Recuperado de https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/110/308.
14. Koontz, H., Weihrich, H., y Cannice, M. (2012). *Administración: una perspectiva global y empresarial*. México: McGraw-Hill. Recuperado de https://frh.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/22766/mod_resource/content/1/Administracion_una_perspectiva_global_y_empresarial_Koontz.pdf.
15. Lin, H. L., y Ma, Y. Y. (junio, 2021). A New Method of Storage Management Based on ABC Classification: A Case Study in Chinese Supermarkets' Distribution Center. *SAGE Open*, 11(2), 1-

19. Recuperado de <https://doi.org/10.1177/21582440211023193>.
16. Muller, M. (2005). *Administración de Inventarios*. España: Grupo Editorial Norma. Recuperado de <https://educativopracticas.files.wordpress.com/2015/01/fundamentos-de-administracion-de-inventarios.pdf>.
17. Ortiz, D. M. (2014). GISERCOM: Un procedimiento eficiente para gestionar los inventarios en empresas comerciales y de servicios. *Eumed*. 1–36. Recuperado de <https://www.eumed.net/coursecon/ecolat/cu/2012a/inventario-empresas-comerciales-servicios-cuba.pdf>.
18. Osorio, C. A. (junio, 2013). Modelos para el control de inventarios en las pymes. *Panorama*, 2(6), 10. Recuperado de <https://doi.org/10.15765/pnrm.v2i6.241>.
19. Paredes-Rodríguez, A. M., Chud-Pantoja, V. L., y Osorio E, J. C. (diciembre, 2019). Sistema de control de inventarios multicriterio difuso para repuestos, *Scientia et Technica*, 24(02), 595–603. Recuperado de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/22331/14931>.
20. Paredes Rodriguez, A. M., Ciro Jaramillo, K. A., y Jaramillo Ceballos, J. D. (septiembre, 2021). Simulación de una política de inventario basada en la metodología Demand Driven MRP desde un enfoque de redes de Petri. *Revista Ingeniería*, 27(1), 1-14. Recuperado de <https://doi.org/10.14483/23448393.18002>.

21. Ponce, M. (2014). Impacto De Los Indicadores De Control De Inventarios En La Cadena De Suministro (Tesis de especialización). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. Recuperado de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13370/ARTICULO_CIENT%PDFICO_MILTHON_PONCE.pdf;jsessionid=ECDF1AE6D8EBF4FC3A6188D2F0C733D2?

22. Vasconez, V. H., Mayorga, M., Moreno, M. A., Arellano, A. V, y Pazmiño, C. A. (febrero, 2020). Gestión del sistema de inventarios orientado a pequeñas y medianas empresas , PYMEs , ecuatorianas del sector ferretero : caso de estudio. *Revista Espacios*, 41(2003), 7. Recuperado de <http://www.revistaespacios.com/a20v41n03/20410307.html%0A>.

23. Velásquez, D., Pereda, M. Á., y Serrano, M. (abril, 2018). Material de apoyo - métodos de control de inventarios. *Revista Única*, 7(2), 152–168. Recuperado de <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/221/1174>.

24. Vidal, C. J. (2010). *Fundamentos De Control Y Gestión*. Calí, Colombia: Programa Editorial. Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/65085446/FUNDAMENTOS-DE-CONTROL-Y-GESTION-DE-INVEpdf/>.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

MATRIZ DE COHERENCIA		
	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS
General	¿Cómo evitar las demoras e incumplimientos en los pedidos de los clientes?	Proponer una política de inventarios adecuada que permita el abastecimiento óptimo, en cantidad y tiempo, de insumos y producto terminado para cumplir con la demanda de los clientes reduciendo el lead time de los pedidos, para los cinco productos con mayor demanda.
Específicos	1. ¿Cómo se realiza la gestión de inventarios actualmente en la empresa?	Detallar la gestión actual de inventarios con la que se maneja la empresa.
	2. ¿Cuáles son los productos más y menos demandados?	Establecer una segmentación de los productos para su clasificación según la conducta de compra de los consumidores.
	3. ¿Cuál es la demanda de pedidos que se espera basado en el historial de ventas?	Calcular un pronóstico de ventas a partir de los datos históricos de demanda de la empresa en los últimos dos años.
	4. ¿De qué manera se puede establecer la cantidad de pedido y período óptimo de reabastecimiento?	Evaluar y seleccionar el método de determinación de punto de reabastecimiento de pedidos adecuado para la empresa.
	5. ¿Qué política de inventarios funciona para la empresa y cómo se medirá su desempeño?	Describir la política de inventarios a proponer y los indicadores que permitan dar seguimiento a la gestión de <i>stock</i> .

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.