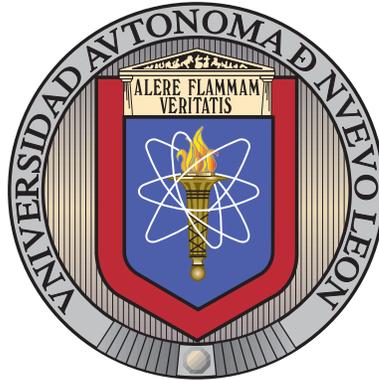


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



MODELO DE GESTIÓN DE PEDIDOS ENFOCADO
EN EL NIVEL DE SERVICIO

POR

LILIAN SAUCEDO PÉREZ

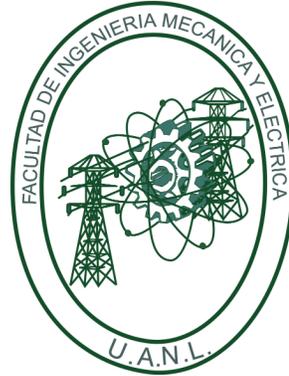
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

JULIO 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



MODELO DE GESTIÓN DE PEDIDOS ENFOCADO
EN EL NIVEL DE SERVICIO

POR

LILIAN SAUCEDO PÉREZ

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

JULIO 2024

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

Los miembros del Comité de Evaluación de Tesis recomendamos que la Tesis "Modelo de Gestión de pedidos enfocado en el nivel de servicio", realizada por la estudiante Lilian Saucedo Pérez, con número de matrícula 1400567, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Evaluación de Tesis

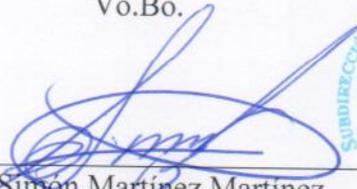
Dr. Tomás Eloy Salais Fierro
Director

Dr. Giovanni Lizárraga Lizárraga
Revisor

MLyCS Blanca Idalia Pérez Pérez
Revisor

MLyCS David Camacho Fonseca
Revisor

Vo.Bo.


Dr. Simón Martínez Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado



Institución 190001

Programa 642597

Acta Núm. 4402

Ciudad Universitaria, a fecha 22 de agosto 2024.

Gracias Dios por esta gran oportunidad.

Álvaro, Nora y A. Emilio, gracias por motivarme y alegrar mi vida.

Papá, eres un gran ejemplo de esfuerzo, gracias por tu apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	XIII
Resumen	XIV
1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	4
1.1.1. Caso de estudio	6
1.2. Objetivo	10
1.3. Justificación	10
1.4. Hipótesis	14
1.5. Metodología	14
1.6. Estructura de la tesis	15
1.7. Conclusión del capítulo	15
2. Antecedentes	17
2.1. Industria automotriz en México	20
2.1.1. Industria del acero	22

2.2. Gestión de la cadena de suministro	22
2.3. Retos de la cadena de suministro	26
2.4. Gestión de proveedores	30
2.5. Gestión de pedidos	31
2.6. Gestión de inventarios	33
2.6.1. Definición del término inventario	36
2.6.2. Función de los inventarios	37
2.6.3. Tipos de inventario	39
2.6.4. Costos de los inventarios	40
2.6.5. Gestión y control de inventarios	42
2.7. Gestión de la demanda	45
2.7.1. Efecto látigo	48
2.8. Evolución de los sistemas de planeación	50
2.8.1. Clasificación ABC o Principio de Pareto	52
2.8.2. Justo a Tiempo (JIT)	52
2.8.3. Modelo de Lote Económico de Compra	53
2.8.4. Política de pedidos mínimos y máximos	56
2.8.5. Teoría de restricciones (TOC)	56
2.8.6. Metodología Lean	57
2.9. Pronóstico de la demanda	58

2.9.1. Métodos de pronóstico	61
2.10. Antecedentes de la problemática	64
2.11. Conclusión	68
3. Metodología	70
3.1. Valoración inicial	71
3.1.1. Recopilación de información	71
3.2. Selección de muestra para experimentación	72
3.2.1. Clasificación multicriterio y selección de muestra	73
3.3. Ejecución de los modelos de pronóstico	74
3.3.1. Análisis y Selección del Modelo de Pronóstico	76
3.4. Definición de política de inventarios	77
3.5. Análisis y conclusiones	78
4. Desarrollo y análisis de resultados	80
4.1. Valoración inicial	80
4.1.1. Recopilación de información	81
4.2. Selección de muestra para experimentación	84
4.2.1. Clasificación multicriterio y selección de muestra	85
4.2.2. Selección de muestra final	86
4.3. Ejecución de los modelos de pronóstico	90
4.3.1. Ejecución del Promedio Móvil Simple	90

4.3.2. Ejecución del Promedio Móvil Ponderado	91
4.3.3. Ejecución de Suavización Exponencial Simple	92
4.3.4. Ejecución del Modelo Holt-Winters	93
4.3.5. Análisis y Selección del modelo de pronóstico	94
4.4. Definición de Política de inventarios	96
4.5. Análisis y conclusiones	98
4.5.1. Trabajo a Futuro y Recomendaciones	103
5. Conclusiones	105
5.1. Contribuciones	106
A. Apéndice 1	107
A.1. Promedio Móvil Simple - Resultados de Errores de Pronóstico por mes	112
A.2. Promedio Móvil Ponderado - Resultados de Errores de Pronóstico por mes	112
A.3. Promedio Suavización Exponencial Simple - Resultados de Errores de Pronóstico por mes	112
A.4. Promedio Holt-Winters - Resultados de Errores de Pronóstico por mes	112
A.5. Resultados Inventario de seguridad y Punto de Reorden por mes . . .	112
A.6. Resultados Niveles Mínimos y Máximos por trimestre	112

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Costos por expeditar materiales (Año 2023)	8
1.2. Nivel de servicio (Año 2023)	9
1.3. Costos por inventarios excedentes (Año 2023)	10
2.1. Cadena de Suministro	24
2.2. Cinco áreas de la cadena de suministro para la toma de decisiones (Hugos, M., 2024)	26
2.3. Flujos de productos e información en la C. S.	27
2.4. Cadena de suministro impulsada por la demanda	46
2.5. Efecto Látigo	50
2.6. Comportamiento del inventario en el modelo EOQ	55
3.1. Metodología propuesta	70
4.1. Proceso productivo en la empresa del caso de estudio	81
4.2. Comportamiento Demanda Productos. (2023)	85
4.3. Comportamiento Demanda Productos A. (2023)	86

4.4. Comportamiento demanda NP 35XX1X9-4 (2023)	88
4.5. Demanda e inventario por mes NP 35XX1X9-4 (2023)	89
4.6. Cargos por Embarques Expeditados 2023 (Proveedor acero)	89
4.7. Demanda y Promedio Móvil Simple NP 35XX1X9-4 (2023)	91
4.8. Demanda y Promedio Móvil Ponderado NP 35XX1X9-4 (2023)	92
4.9. Gráfica Promedio Holt-Winters NP 35XX1X9-4	94
4.10. Gráfica Demanda real y Resultados de los Promedios Aplicados	96
4.11. Análisis demanda real y escenarios propuestos	99
4.12. Análisis Demanda real y Propuesta Inv. Mínimo + SS	100
4.13. Análisis Demanda real y Propuesta Inv. Máximo	102
4.14. Impactos Demanda Real y Escenarios Propuestos	103

ÍNDICE DE TABLAS

1.1. Materiales con mayor impacto a la línea de producción AB (2023) . . .	11
2.1. Procesos de la cadena de suministro	19
2.2. Niveles de complejidad	29
2.3. Modelos de gestión de inventarios	35
2.4. Variables que impactan la gestión de inventarios	35
2.5. Funciones de los <i>Stock</i>	38
2.6. Tipos de inventario	41
2.7. Principios para ejecutar pronósticos. (Mendes, P. 2011)	60
2.8. Métodos de pronóstico. (Anderson, C., 2021)	63
4.1. Datos recopilados 2023 I (Elaboración propia)	83
4.2. Datos recopilados 2023 II (Elaboración propia)	84
4.3. Clasificación ABC	87
4.4. Consolidado Resultados de Pronósticos	95
4.5. Resultado de Errores de Pronóstico	96

4.6. Resultados Inventario de seguridad y Punto de Reorden	98
4.7. Resultados Niveles Mínimos y Máximos	98
4.8. Análisis de Faltantes en Escenarios Propuestos	101
4.9. Nivel de servicio Demanda Real y Escenarios Propuestos	102
A.1. Promedio Móvil Simple - Resultados de Errores de Pronóstico por mes	108
A.2. Promedio Móvil Ponderado - Resultados de Errores de Pronóstico por mes	109
A.3. Promedio Suavización Exponencial Simple - Resultados de Errores de Pronóstico por mes	110
A.4. Promedio Holt-Winters - Resultados de Errores de Pronóstico por mes	111
A.5. Resultados Inventario de seguridad y Punto de Reorden por mes . . .	113
A.6. Resultados Mínimos y Máximos: Oct, Nov, Dic 2022	114
A.7. Resultados Mínimos y Máximos: Ene, Feb, Mar 2023	114
A.8. Resultados Mínimos y Máximos: Abr, May, Jun 2023	115
A.9. Resultados Mínimos y Máximos: Jul, Ago, Sept 2023	115

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

Lilian Saucedo Pérez.

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

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: MODELO DE GESTIÓN DE PEDIDOS ENFOCADO EN EL NIVEL DE SERVICIO.

Número de páginas: 125.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: Aquí debes poner tus objetivos y métodos de estudio. (Este es el formato).

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

Firma del asesor: _____
Dr. Tomás Eloy Salais Fierro

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Las cadenas de abastecimiento integran a las empresas y las gestiones comerciales indispensables para el diseño, fabricación, entrega y uso de un producto o servicio. Las industrias precisan de sus cadenas de abastecimiento para que les brinden lo necesario para subsistir y prosperar. Cada empresa forma parte de una o más cadenas de abastecimiento y desempeñan un rol en cada una de ellas. Como resultado de la evolución de los mercados y la incertidumbre que los cambios conllevan, sólo aquellas empresas que se enfoquen en construir y participar en cadenas de abastecimiento sólidas presentarán una ventaja competitiva sustancial en sus mercados (Hugos, 2024).

La operación y principales metas de una cadena de abastecimiento deben ser impulsadas por generar valor para los clientes y participantes de la cadena, preservando maximizar las ganancias para la empresa. El trabajo constante para que los productos o servicios que solicita el cliente sean entregados con calidad, con buen funcionamiento y en tiempo oportuno, puede ser exhaustivo por todas las actividades y esfuerzos que conlleva lograrlo, sin embargo, dicha carga puede aligerarse si se cuenta con las herramientas adecuadas para tomar decisiones informadas y acertadas.

La gestión de la cadena de suministro se concentra en el flujo de información,

bienes y servicios desde los puntos de origen hasta los clientes finales a través de una cadena de entidades y actividades que están entrelazadas entre sí; uno de los problemas comunes de administración de la cadena de suministro radica en el supuesto que la capacidad, la demanda y el costo son factores conocidos, sin embargo, en la realidad, existen incertidumbres derivadas de las variaciones en la demanda de los clientes, los plazos de entrega, demoras en el transporte de insumos, así como, los riesgos organizacionales (Seyedan y Mafakheri, 2020).

A través del tiempo y gracias al desarrollo de investigaciones, la ciencia y la tecnología han evolucionado el mundo facultando a las industrias a ofrecer en el mercado una gran diversidad de artículos y servicios que posibilitan satisfacer o exceder las aspiraciones de los consumidores; como resultado, se ha generado un ambiente de competencia que impone a las compañías a afrontar retos complejos (Cubillos *et al.*, 2019).

En este aspecto, las empresas operan dentro de un entorno global en permanente cambio con niveles de incertidumbre considerables, siendo imprescindible la toma de decisiones, así como el planteamiento de la estructura y procesos para alcanzar una mayor participación y preferencia entre los usuarios (Manrique *et al.*, 2019).

En términos generales, los directivos de las cadenas de suministro frecuentemente se enfrentan a diversos desafíos, tales como, cambios de tendencia, severas estacionalidades en la demanda de servicios y bienes, fluctuaciones en la economía, por mencionar algunos; en tanto que, deben tomar decisiones relacionadas a los pronósticos de la demanda de los artículos que fabrican o planear fabricar (Sabrià *et al.*, 2004).

De acuerdo con Mahdi *et al.* (2020), la demanda de un artículo o servicio en específico, frecuentemente está relacionada con diversas incertidumbres que consiguen hacerla cambiante y difícil de predecir. Una de las principales inquietudes de la alta gerencia dentro de la cadena de abastecimiento es la imprevisibilidad de la demanda, debido a que esto puede ocasionar importantes errores en el pronóstico,

conflictos en la cadena de abastecimiento, así como originar costos prescindibles. No saber actuar frente a una demanda variable reduce el rendimiento de una cadena de suministro.

Por lo regular, las empresas tienen la posibilidad de reducir costos e incrementar ingresos por medio de un nivel de servicio oportuno al cliente; el cual puede verse favorecido enfocando esfuerzos en tres funciones esenciales: el análisis de los inventarios, los almacenes y los medios de transporte; siendo de vital importancia contar con productos disponibles para satisfacer los requerimientos y ordenes del cliente, no obstante, una mala administración de inventarios implica mayores costos e insatisfacción de los consumidores (Carreño, 2018).

Distintas variables afectan la demanda de productos y servicios, lo que podría llevar a pensar que ante la incertidumbre del mercado es inabarcable realizar un pronóstico adecuado; si bien, no hay un modelo o método que arroje un pronóstico preciso en todo momento, existen diversos tipos de modelos que basados en el comportamiento de la información histórica, facilitan un pronóstico con mayor precisión. Contar con el inventario indispensable en el momento oportuno nos coacciona a desarrollar un pronóstico confiable y apropiado (Reyna Villarreal, 2019).

El pronóstico de la demanda es el origen de diversas decisiones de gestión en la cadena de suministro, tal como planificar la demanda y el cumplimiento de requerimientos, la planeación de la producción y los controles de inventarios; por lo que, conocer la demanda de un producto o servicio es información vital para respaldar la toma de decisiones de la alta gerencia (Mahdi *et al.*, 2020). Ante un panorama de retos y oportunidades, las corporaciones han concretado inversiones significativas para el desarrollo de herramientas que han beneficiado a las cadenas de suministro (Kortabarria *et al.*, 2019).

Dada la relevancia de los clientes para las compañías, tiene gran trascendencia el estudio e implementación de técnicas y metodologías congruentes con los tiempos y exigencias del mercado actual que simplifiquen y dirijan los esfuerzos de las cadenas

de suministro a brindar un buen servicio y aprovisionar los pedidos de los clientes permitiendo a las organizaciones la mejora de sus procesos entretanto instauran valor y crece su economía.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Una de las tareas principales de las industrias es la planificación, planear con el objetivo de antever el futuro y lograr la competitividad frente a las variaciones del mercado y superar a la competencia; un adecuado pronóstico facilita a los líderes la toma de decisiones; haciendo factible el proporcionar a los clientes un elevado nivel de servicio y obtener grandes utilidades. (Salazar y Cabrera, 2007).

La interrogativa de cómo, cuándo y en qué cantidad comprar ha sido un problema recurrente y general en el campo logístico; a pesar de que existen diversas herramientas para ayudar a resolver dichas retóricas, para muchos profesionales de la cadena de suministro puede resultar desafiante romper paradigmas y explorar nuevas alternativas para procesos previamente definidos, incluso puede resultar complicado asignar un tiempo específico fuera de la operación para aprender e implementar nuevas metodologías, induciendo así cadenas de suministro con bajo o medio desempeño.

La demanda de un producto o servicio en particular suele estar asociada con diferentes incertidumbres que pueden hacerla volátil y difícil de predecir. La imprevisibilidad de la demanda es una de las preocupaciones de los gerentes en la cadena de suministro que puede causar grandes errores de pronóstico, problemas en la cadena de suministro ascendente e imponer costos innecesarios (Hugos, 2024).

La variabilidad de la demanda existe naturalmente debido a diversos factores como las tendencias del mercado, la temporada, el clima, así como la promoción, lo que genera un efecto en la conducta de los clientes. La variabilidad de la demanda es un riesgo retador para la cadena de suministro ya que causa que el pronóstico

de la demanda sea una labor compleja de realizar que conlleva costos excesivos por desabastecimiento, altos niveles de inventario y utilización de la capacidad. La realización de pronósticos para conocer el comportamiento latente de la demanda es imperativo para reducir la incertidumbre dentro de los diversos niveles de la cadena de suministro y aporta a la reducción de costos (Mahdi *et al.*, 2020).

Los principales retos comerciales para las organizaciones que desarrollan estrategias dentro de las cadenas de abastecimiento, incluyen el desarrollo de capacidades para administrar: el valor, volumen, inestabilidad, rapidez, variedad, variabilidad, visibilidad y capacidad; así pues, las empresas deben analizar la forma en la que se relacionan con los usuarios y realizar planteamientos desde la perspectiva de los consumidores para así anticiparse y saber conocer las expectativas y valor de cambio del cliente (Hines, 2014).

En este sentido, las organizaciones se encuentran en persistente búsqueda para la definición de modelos de administración que concedan reducir las existencias de inventarios al mínimo posible sin descuidar el abastecimiento de productos en el momento preciso que el cliente o el área de producción lo requieran, explorando garantizar una respuesta oportuna al consumidor (Bayas y Martínez, 2017). Lo que resalta la gran responsabilidad que tienen los expertos de la cadena de abastecimiento de tomar decisiones correctas para la administración y cumplimiento de la demanda de los usuarios.

El concepto de cómo pronosticar la demanda continúa siendo equívoco en la actualidad, ya que aún persisten empresas que en la práctica realizan ajustes basados en el criterio de la persona que lo ejecuta, en el desarrollo no se toma en cuenta la jerarquía de los productos, se hace uso de datos históricos para promediar la demanda descartando temporalidad y tendencias e incluso consienten que los pronósticos se adapten a las necesidades o propósitos de otros departamentos, causando excesos o faltantes de inventarios (Chase, 2013).

Existen empresas hoy en día que emplean políticas de inventario basadas en

pronósticos erróneos resultando en tácticas sin efecto, sistemas de producción ineficientes, niveles de servicio bajos y en la disminución de participación en el mercado debido a órdenes incumplidas (Reyna Villarreal, 2019).

De acuerdo con Cadena Lozano (2016), un pronóstico correcto es aquel que es eficiente, confiable y flexible, y facilita a la organización el cubrir los requerimientos de los consumidores, optimizar sus tareas regulares, así como alinear todos los departamentos de la empresa con los objetivos de los directivos. Inspeccionar la precisión del pronóstico favorece la confianza e impulsa la corrección de errores desde el origen.

Un pronóstico incorrecto causará que se adquiera, produzca o embarque material en cantidades erróneas y en tiempos inexactos; generando inventarios desbalanceados, provocando riesgo de fallar en el servicio y la necesidad de modificar la planeación previamente definida; dando como resultado el consumo de capacidad no prevista, interrupciones en la programación, la prolongación de los tiempos de entrega, y la implementación del uso de inventarios de seguridad (Chase, 2013); resaltando que los niveles de inventario altos pueden percibirse como un síntoma significativo de que la cadena de suministro no está operando de forma apropiada (Emmett y Crocker, 2016).

El desafío de determinar las cantidades adecuadas de inventario, programar órdenes de producción precisas y colaborar con los objetivos financieros de la empresa, procurando mitigar riesgos de incumplimientos o excesos sin pasar por alto la satisfacción de los clientes puede resultar agotador, nublando la visión y consumiendo tiempo de los profesionales para buscar mejorar procesos.

1.1.1 CASO DE ESTUDIO

El sector automotriz es un soporte fundamental para la economía del país. Las industrias automotrices permanecen en constante crecimiento y están conformadas

por cadenas de suministro robustas que permiten la planeación, el abastecimiento de materiales y componentes, el ensamble y la distribución de los productos terminados con un flujo dinámico.

La industria del acero es también de gran relevancia para la economía nacional y es principal abastecedora de materia prima para diversos sectores, entre ellos, el sector automotriz. La cadena de suministro de la industria del acero, con gran presencia en el país, colabora con la industrialización de la manufactura mexicana.

Grandes empresas ensambladoras han trazado estrategias de suministro para reducir los costos de producción, condicionando que todos los integrantes de la cadena de abastecimiento trabajen de forma integrada para cumplir con las exigencias de la industria, resaltando el control de los inventarios, la gestión del suministro, así como la disponibilidad de materiales y componentes automotrices en el sitio de ensamble en el momento requerido como pilares de las estrategias (Merchán y Berrezueta, 2018).

Refiere Reyna Villarreal (2019), que la industria de vehículos pesados es altamente competitiva, así mismo, tiende a ser impactada por una gran cantidad de variables, por lo que pronosticar la demanda apropiadamente es primordial para el diseño de estrategias que faciliten costos operativos convenientes; utilizar modelos erróneos para el pronóstico de la demanda puede generar costos no previstos a causa de errores severos, suscitando consecuencias trascendentales resultando en cadenas de abastecimiento poco competitivas.

El conocimiento y pronóstico de la demanda permite que las líneas de producción de las industrias ensambladoras cuenten con la cantidad adecuada de materia prima e insumos necesarios para cumplir el programa de producción establecido y concretar las ordenes de los clientes; alguna imprecisión en el pronóstico puede repercutir en exceso de materiales o faltantes que causen riesgo de parar la línea de producción, incurriendo así en afectaciones y costos para la organización.

La compañía sobre la que se desarrolla este trabajo de investigación forma

parte de la industria de vehículos pesados y se ubica en el norte del país. La mejora continua y la innovación forman parte trascendental de la cultura corporativa de la empresa, lo que atribuye desafíos para la administración de cambios en la demanda de materia prima repercutiendo en los niveles de inventarios y elevados costos de transportación.

La planta ensambladora cuenta con un catálogo de números de parte que sobrepasan los 400,000 artículos representados por números de parte los cuales son gestionados por medio de un sistema de planificación de requisitos de materiales o MRP. Dentro de los 400,000 artículos se encuentra un grupo de materiales de acero que se planean y ordenan a proveedores de forma manual utilizando solo como base las sugerencias del MRP y dejando al planeador como responsable de las resoluciones y ordenamientos.

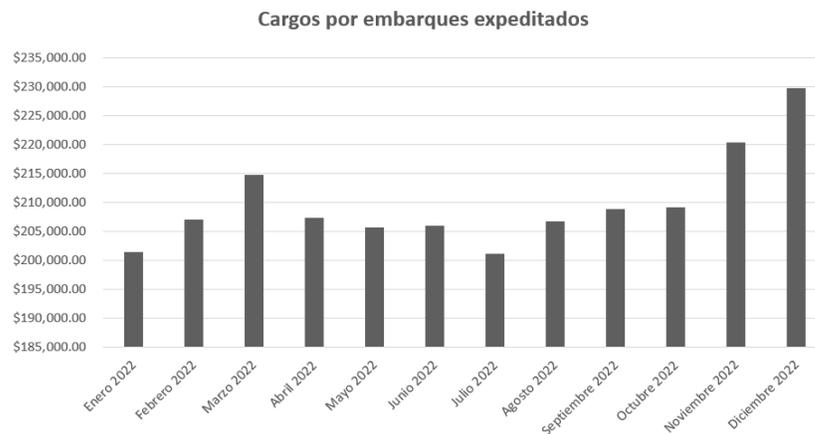


FIGURA 1.1: Costos por expeditar materiales (Año 2023)

(Elaboración propia)

De acuerdo con los récords históricos de la empresa durante el año fiscal 2023 se gastaron en total más de \$2,500,000 pesos mexicanos en embarques expeditados, ilustrado en la gráfica 1.1, con el propósito de no afectar las líneas de producción, sin embargo, los métricos de costos y sustentabilidad de la empresa fueron impactados por esta contramedida. Los embarques expeditados contuvieron un impacto mayor en el nivel de servicio, el cual durante el año fiscal 2023 en promedio fue 95.05%,

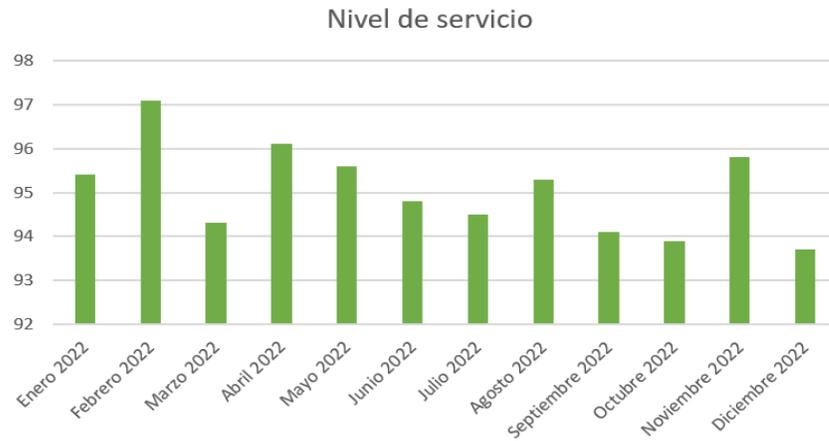


FIGURA 1.2: Nivel de servicio (Año 2023)

(Elaboración propia)

mostrado en la gráfica 1.2, ubicándose así, por debajo del objetivo que es 96 %, . En adición, la compañía mantuvo un inventario excedente de \$5,500,000 pesos en promedio por mes, durante el año fiscal 2023, como se muestra en la gráfica 1.3, reflejando otra desventaja para el área de planeación de materiales de la empresa.

La planeación de la demanda y cálculos de requerimiento del grupo de componentes de acero, material crucial para la producción de los camiones, se realiza en hojas de cálculo; el planeador realiza ajustes aplicando el criterio desarrollado por la experiencia en el área, utilizando de referencia la información que brinda el MRP, así como, los datos y consumos históricos; a pesar de ello, uno de los componentes que se rige por este modelo de planeación afectaron el nivel de servicio de la empresa, por ello, fue incluido en la lista de los quince números de parte con mayor cantidad de impactos a una de las líneas de producción durante el año fiscal 2023, ocupando el lugar doce en la lista, reflejado en la tabla 1.1.

En este sentido, se identifica que la empresa del caso de estudio cuenta con una gran área de oportunidad para la implementación de un modelo de pronósticos como soporte en la gestión de los pedidos de acero, siendo materia prima trascendental para la operación de la compañía.

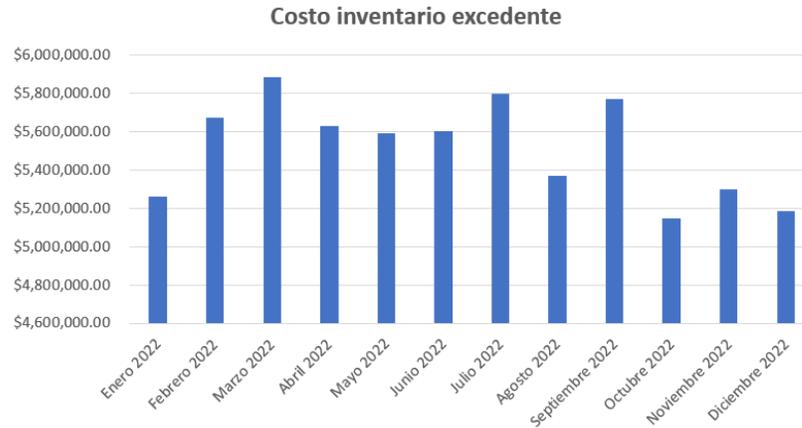


FIGURA 1.3: Costos por inventarios excedentes (Año 2023)

(Elaboración propia)

1.2 OBJETIVO

Aumentar el nivel de servicio mejorando el abastecimiento de materia prima mediante la aplicación de un adecuado pronóstico de demanda, alineado con la política de inventarios y la planeación de la producción.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La estrategia comercial que aplica una empresa inicia con las necesidades de los clientes a los que atiende o atenderá. Dependiendo de las necesidades de sus clientes, la cadena de suministro de una empresa tiene que brindar la combinación apropiada de eficiencia y capacidad de respuesta (Hugos, 2024).

Una empresa exitosa es aquella enfocada en el cliente, ya que, si el cliente recibe un producto o servicio de valor, regresará; lo que asegura la perduración del negocio y la continuidad del flujo de valor; en tanto, es imprescindible cumplir con la demanda de los compradores y satisfacer las expectativas del mercado (Hines, 2014); atribuyendo relevancia al enfoque de esfuerzos y aplicación de herramientas

No.	Número de parte	Cant. de impactos
1	37XX2X7-91	1378
2	44XX8X6-91	1346
3	43XX4X9-93	1221
4	58XXX8-1	1202
5	RAXX00X150	1179
6	42XX3X6-2	1135
7	37XX112-92	1118
8	P0XX3X6-2	1101
9	39XX2X7-93	1088
10	R0XX00X753	1060
11	59XXX5-1	1022
12	35XX1X9-4	963
13	26XX640-1	951
14	37XX112-92	946
15	40XX878-93	934

TABLA 1.1: Materiales con mayor impacto a la línea de producción AB (2023)

(Elaboración propia)

dirigidas a la gestión de inventarios alineados a la demanda del consumidor.

Señala Hugos (2024), que para rectificar su cadena de suministro con su estrategia comercial, una empresa debe seguir tres pasos; el primer paso es entender los mercados a los que atienden, el segundo paso es definir las fortalezas o competencias centrales de la misma, así como, el papel que la empresa puede o podría desempeñar en el servicio a sus mercados, y el último paso es desarrollar las capacidades necesarias de la cadena de suministro para respaldar las funciones que su empresa ha elegido. Lo que resalta la relevancia de conocer o predecir la demanda de los clientes de la forma más precisa posible, facultando así el alinear las operaciones y estrategias

de la empresa para cumplir con dichas exigencias del mercado.

Citando a Blanchard (2021), la precisión del pronóstico de la demanda, es la clave para lograr un cumplimiento acertado de los pedidos de los consumidores, facultado el alcanzar un servicio al cliente destacado. Pronosticar la demanda de productos es probablemente la medida más importante y desafiante de la competencia de la cadena de suministro de una empresa, es por ello que, mejorar la precisión de los pronósticos ha recibido mucha atención a través de los años.

Estudios reportan que a pesar de que las empresas cuentan con herramientas e implementan procesos para obtener una planeación y proyección de la demanda lo más certeras posibles, los esfuerzos no han sido suficientes para eliminar problemas con inventarios (Mendes, 2011), peligrando el cumplimiento de pedidos de los consumidores o incurriendo en costos adicionales no previstos.

Aún con el surgimiento de los sistemas de planeación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés) y de los MRP, las áreas de mejora en la administración de la cadena de suministro persisten, atribuyendo las incorrecciones al nivel de madurez de los sistemas, así como a la falta de competencias de los profesionales para explotar las herramientas y hacer el uso adecuado de los sistemas (Emmett y Crocker, 2016).

De acuerdo con Reyna Villarreal (2019), una de las amenazas que afecta de forma grave la cadena de suministro de una empresa son los pronósticos de la demanda erróneamente calculados, que como consecuencia arrojan diferencias importantes entre las proyecciones de la empresa contra la demanda del mercado real, reflejadas en cantidades inadecuadas de inventarios que afectan las ganancias de las empresas. La visibilidad de datos acertados sobre la demanda dentro de una cadena de suministro favorece la mitigación de amenazas al disminuir el impacto que genera el distorsionar el volumen de la demanda que incrementa dentro de la cadena de abastecimiento conforme el cliente final se va alejando, conocido también como efecto látigo.

Muller (2019), señala que si bien, el inventario juega un rol importante para las

empresas facilitando la planeación y producción de material, protegiendo fluctuaciones en la demanda, amortiguando afectaciones por fallas de proveedores, evitando impacto por inflación de precios, favoreciendo descuentos por mayoreo y disminuyendo costos de ordenamiento; almacenar inventario a su vez, representa a las compañías una serie de costos, tales como:

- Capital detenido
- Espacio de almacenamiento
- Mano de obra dedicada a recibir, inspeccionar, segregarse, guardar, contabilizar, entre otras actividades
- Deterioro, daño u obsolescencia
- Riesgo de robo

Dadas las condiciones de alta incertidumbre y exigencias del mercado; impulsar el reabastecimiento por medio de un MRP con los niveles de inexactitud de los pronósticos actuales, puede conducir inevitablemente a inventarios desequilibrados que causan inestabilidad o variabilidad en la cadena de suministro y los procesos de la misma, ya que esto conduce a inventarios excesivos, tiempos de entrega largos y requiere el uso de capacidad no planificada. Sin embargo, la adopción del enfoque de gestión de la cadena de suministro impulsada por la demanda (SCM, por sus siglas en inglés), permite lograr los niveles de servicio deseados, reduciendo los inventarios y con una efectividad del equipo considerable (Eagle, 2017).

Contar con una herramienta que colabore con la planeación y ordenamiento de materiales para disponer de inventarios adecuados a la demanda y requisitos de los clientes representa un gran provecho para los expertos de la cadena de abastecimiento y para las empresas, representando así una oportunidad para alcanzar niveles de servicio satisfactorios, maximizar las ganancias y fortalecer a las cadenas de abastecimiento.

1.4 HIPÓTESIS

Si se aplica un pronóstico de demanda adecuado y se alinea con la política de inventarios y la planeación de la producción, es posible aumentar el nivel de servicio mediante la mejora del abastecimiento de materia prima.

1.5 METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación será desarrollado en 5 fases:

1. Definición del problema: Se observa la situación actual de la empresa e identifica un problema a resolver como parte de este trabajo de investigación.
2. Búsqueda, selección y revisión de literatura: Se realiza la investigación de literatura, se seleccionan los documentos compatibles con el tema para profundizar en estrategias para realizar pronósticos de la demanda, políticas de inventario, así como trabajos previos relacionados al problema a resolver.
3. Implementación de la metodología: Se define un procedimiento para la realización de pronósticos de la demanda para identificar el más adecuado para confirmar la hipótesis propuesta.
4. Estudio de datos y planteamiento de resultados: Se validan los datos obtenidos y se comparan con resultados anteriores para definir el beneficio para la empresa; se prepara un reporte para la presentación de los resultados.
5. Conclusiones: Tomando como base el problema inicial, objetivo, hipótesis y desarrollo de la implementación, se crea un resumen y se agregan recomendaciones para la terminación del trabajo de investigación.

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

El presente trabajo de investigación incluye cinco capítulos, según se explican en seguida:

1. Introducción: En este capítulo se aborda de manera general el tema a desarrollar en la tesis, el planteamiento del problema a resolver, el objetivo que se pretende lograr, la hipótesis y justificación correspondiente.
2. Antecedentes: Se presenta la revisión literaria sobre información relevante para una mejor comprensión del tema en curso, detalles de la empresa del trabajo de investigación, así como trabajos previos que brinden pauta para la resolución del problema a resolver.
3. Metodología: En esta sección se propone el método definido a aplicar, se detalla punto por punto la manera en la que se aspira resolver la problemática en cuestión.
4. Desarrollo y análisis de resultados: Se presenta la implementación del método definido. Se muestran y analizan los resultados obtenidos cotejando el objetivo e hipótesis planteados en un inicio.
5. Conclusiones y sugerencias: En este capítulo se plantea la terminación del trabajo, se pormenorizan las aportaciones de la investigación y recomendaciones para investigaciones futuras.

1.7 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Satisfacer los requerimientos del cliente es el objetivo primordial de las compañías y tomando en consideración los desafíos a los que le hacen frente las organizaciones en la actualidad, es razonable hacer una pausa para analizar los procesos

actuales y los resultados que ellos conllevan para identificar si hay alguna mejora que se pueda implementar.

El propósito de este trabajo de investigación es determinar una metodología que proporcione al planeador y comprador de los productos de categoría acero el soporte para la toma de decisiones, eliminando la brecha que orilla al planeador y comprador a utilizar su criterio para programar los pedidos.

Aplicar en la armadora del caso de estudio este trabajo de investigación, busca resolver las áreas de oportunidad y desventajas con las que se gestionan materiales de la categoría seleccionada, proyectando resultados favorables para los clientes internos, así como para la compañía.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

El comportamiento del ambiente de los negocios en la actualidad es diferente al de décadas anteriores, registrándose un cambio en el tipo de demanda, de determinística, es decir, que es variable pero se puede predecir con precisión y facilidad; a una demanda estocástica, caracterizada por una serie de variables aleatorias que se alteran en función de otra variable, principalmente el tiempo; de este modo, hoy en día los mercados cuentan con gran variedad de productos, la demanda fluctúa, se presentan pronósticos inexactos y tiempos de entrega largos, incrementando así la complejidad dentro de las áreas de la cadena de abastecimiento, principalmente en la planeación de la producción y en el control de inventarios (Shofa y Widyarto, 2017).

Esto indica que los retos que enfrentan las compañías y expertos en cadenas de suministro para tomar decisiones estratégicas que generen valor para los clientes son considerables y van cambiando durante del tiempo; la mejora continua, adaptación al cambio, la visibilidad de demanda, la planeación precisa, así como el enfoque adecuado de esfuerzos y recursos son cruciales para maximizar los beneficios de las empresas, crear confianza en la marca y alcanzar un nivel de servicio satisfactorio.

El nivel de servicio se puede representar como el grado de satisfacción de los clientes y se puede definir como la relación que existe entre lo solicitado por el cliente

y lo entregado por la compañía siendo el tiempo un factor importante (Chavez, 2012); otra forma de interpretarlo es contar con el producto disponible en tiempo y forma a la orden del cliente (Sabrià *et al.*, 2004). Es por ello que, la configuración de la cadena de abastecimiento y sistemas logísticos deben ser definidos de acuerdo con el nivel de servicio que se espera ofrecer al cliente, mismo que para conservar participación en el mercado, está vinculado con la operación de la competencia (Carreño, 2018).

En este sentido, un servicio al cliente deficiente puede ser valorado como una ineficiencia con un impacto de consideración dentro de la cadena de suministro, podemos agregar también el mal manejo de la capacidad de producción, la compra y el almacenamiento de inventario excesivo, uso de transporte ineficaz, programas de producción incumplidos, productos agotados, pérdida de ganancias y costos más altos para los consumidores (Langley *et al.*, 2020).

Identificar las áreas funcionales y los procesos de la compañía que se administra, determinar cuáles áreas y procesos son cruciales, así como establecer objetivos medibles para su oportuno manejo, ampliará la visibilidad del alcance que se espera obtener y canalizará la atención de los expertos en gestión de la cadena de abastecimientos a lo esencial, lo cual protegerá el nivel de servicio y posibilitará el éxito de las organizaciones.

Chavez (2012), compila que, de acuerdo con lo expuesto en el Foro sobre las Cadenas de Suministro Mundiales de la Organización Mundial de Comercio, una compañía tiene seis áreas funcionales: Compras, Producción, Logística, Finanzas, Marketing e Investigación y Desarrollo; así como ocho procesos indispensables que se ejecutan dentro de las cadenas de abastecimiento; tanto las áreas funcionales como actividades generan valor a las empresas si se encuentran correctamente integradas.

Desde la perspectiva de Mata Pérez *et al.* (2016), para lograr el propósito principal de las cadenas de suministro de cumplir con la demanda del cliente, se pueden resaltar cuatro actividades trascendentales: la ubicación de recursos, fabricación, inventarios, así como distribución y transporte.

TABLA 2.1: Procesos de la cadena de suministro

Gestión de las relaciones e interacciones con los clientes
Gestión de atención y servicio al cliente
Gestión de la demanda
Gestión de pedidos
Gestión del flujo de producción
Gestión de las relaciones con los proveedores
Desarrollo y comercialización de productos
Gestión de devoluciones

Si bien los ocho procesos de la cadena de suministro mencionados en la tabla 2.1 están interrelacionados entre sí y colaboran con el buen funcionamiento de las compañías, en este capítulo ampliaremos información sobre la gestión de la demanda, así como conceptos y actividades relacionadas estrechamente a esta, con el objetivo principal de explorar una alternativa que posibilite el logro del objetivo del presente trabajo de investigación.

La búsqueda de literatura se realiza en las bibliotecas digitales tales como SciELO, Springer, Science Direct, Repositorio Académico digital de la UANL y Google Scholar, se realizan filtros para obtener documentos publicados en los últimos 10 años; se consideran libros, artículos publicados en revistas científicas, así como, tesis de colegas; las palabras clave ingresadas para la investigación fueron: Cadena de suministro, pronósticos, planeación de la demanda, demanda, inventarios, gestión de inventarios, abastecimiento, sistemas de planeación, industria automotriz, nivel de servicio.

2.1 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO

La industria automotriz fue denominada por Peter Drucker en la década de los cincuenta como «La industria de las industrias», siendo hoy en día, la mayor actividad manufacturera a nivel mundial; este sector es complejo y valioso para la economía mexicana y ha sido el sector de actividad predominante en los acuerdos comerciales internacionales (Celma *et al.*, 2021).

El sector automotriz mexicano inició su recorrido durante el siglo XX con el establecimiento de una línea de manufactura de una empresa internacional, lo que antecedió a la inversión de otras empresas en los siguientes años. Durante la década de los sesenta, a la par del progreso industrial nacional, se originó el mayor incremento en esta industria gracias a estrategias nacionales para incrementar el valor de la industria nacional; a lo largo de la década de los ochenta se originó un cambio en la normativa comercial, concretando en la década de los noventas la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) un elemento transcendental para el desarrollo comercial, beneficiando el vínculo comercial con Estados Unidos de América y Canadá, resultando en la transformación tecnológica y generando una importante integración económica para el país (Campos-Romero y Rodil-Marzábal, 2021).

La industria automotriz representa una de las economías más grandes del mundo, también se considera un importante generador de empleo; es una industria que se espera se fortalezca con la incorporación de tecnologías digitales complejas. Si bien, las inquietudes medioambientales han impulsado múltiples políticas y acuerdos que fomentan el desarrollo de vehículos más respetuosos con el medio ambiente, se estima que las ventas mundiales de vehículos y los ingresos del sector automovilístico sigan creciendo en el futuro (Rožanec *et al.*, 2021).

Como lo mencionan Calatayud y Katz (2019), el sector automotriz tiene una gran relevancia económica en México, siendo de los principales contribuidores al Pro-

ducto Interno Bruto (PIB) del país. Una de las características principales del sector automotriz es que es considerablemente competitivo y dinámico, tiene presencia en diversas regiones y la inversión extranjera está en crecimiento. México está incluido entre los diez primeros fabricantes de autos y autopartes a nivel mundial.

Por su parte Manríquez (2021), coincide en que el sector automotriz opera en un ambiente extremadamente dinámico y competitivo, haciendo referencia a que la industria automotriz es pionera en desarrollo industrial, menciona que el entorno es de evolución e innovación constante, con sistemas de gran exigencia de calidad y mejora continua, resaltando que la producción de esta industria se asigna tanto para ventas nacionales como para exportación.

De acuerdo con Emmett y Crocker (2016), la industria automotriz es altamente compleja y principalmente se impulsa por la demanda de los consumidores, lo que advierte una integración más estrecha entre la oferta y la demanda. Generalmente se emplean opciones de producción de ensamble para ordenar utilizando proveedores que hayan sincronizado y programado opciones de fabricación/ensamble para ordenar y que puedan suministrar materiales bajo la modalidad «justo a tiempo» (JIT).

Tal como Castillo y Ortega (2020) explican, México se ha posicionado como un principal productor y exportador de vehículos a nivel mundial. El sector automotriz se destaca por su considerable potencial y rápido crecimiento, proyectando que su expansión continúe en los años próximos; esta industria ha obtenido un orden funcional y productivo complejo y cuenta con diversos procedimientos especializados dentro del proceso de producción. A raíz del aumento de proveedores de diversos orígenes, categorías y campo industrial, una extensión de la cadena productiva se ha originado en el entorno mundial, lo que ha permitido facilitar la atención a la demanda en aumento de insumos de las plantas de manufactura localizadas en diversas entidades.

2.1.1 INDUSTRIA DEL ACERO

La industria del acero se consagra en segundo lugar en volumen de producción, después del petróleo y el gas, a nivel mundial; siendo indispensable para un mundo con una gran necesidad en el transporte, vivienda, construcción y generación de energía. Es tal la importancia de esta industria, que es considerado el nivel de consumo per cápita de acero como uno de los índices más relevantes para medir el nivel de vida y desarrollo socioeconómico en cualquier país. (Espinoza *et al.*, 2019).

La industria del acero en México tiene sus inicios en el siglo XIX, dado que la presencia del ferrocarril marcó una época cúspide para la industria metálica y desde entonces, ha sido esencial para el desarrollo económico nacional. En la actualidad, la cadena de valor de esta industria esta presente en gran parte del territorio mexicano, destacando su importancia como fabricante de bienes de capital y suministrador de materia prima para diversas industrias de manufactura (Olivier y Carmona *et al.*, 2021).

En México la cadena de suministro del acero se extiende y desciende en seis esenciales aplicaciones para la manufactura de producto terminado para las industrias tales como: industria metalmecánica básica, elaboración de maquinaria y equipo, ensamble de productos metálicos, manufactura de accesorios eléctricos y equipos de computo, industria de aparatos eléctricos, así como, fabricación de equipos de transformación (Álvarez *et al.*, 2015). Los principales sectores consumidores de acero en el país son: la industria de la construcción, los productos metálicos y la industria automotriz (Espinoza *et al.*, 2019).

2.2 GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Blanchard (2021) define el término cadena de suministro como la secuencia de eventos y procesos que transforman un producto, la cual se extiende desde el

proveedor o fuente original hasta el cliente final; Hines (2014), complementa la definición estableciendo que la cadena de suministro otorga valor a los proveedores, productores, distribuidores, consumidores y clientes, resaltando la relevancia del flujo monetario y de información entre los mismos.

Desde la perspectiva de Chavez (2012), una cadena de suministro comprende desde los consumidores de los clientes hasta los suministradores de los proveedores, por tanto la gestión de la misma incluye el esfuerzo de producir y entregar el producto final a través de quienes integran la cadena hasta llegar al cliente; la gestión puede considerarse también como una estrategia colaborativa que comparte la visión de oportunidades de negocio entre empresas focalizando procesos, tecnologías y capacidad para enriquecer las ventajas competitivas.

Mendes (2011), define que el cimiento de la gestión de la cadena de suministro reside en integrar la administración del abastecimiento y la demanda a través y entre las empresas; es decir, comprende la planeación y administración de todas las funciones y procesos englobados en la selección de proveedores, el abastecimiento, la transformación, así como las actividades logísticas; resaltando que a su vez, incluye la colaboración y coordinación entre quienes integran la cadena, ya sean, proveedores, intermediarios, proveedores de servicio terciarios y consumidores.

De acuerdo con Luis *et al.* (2019), la gestión de la cadena de suministro es la responsable de activar e integrar las tareas y actividades de la empresa y de las personas que participan en su entorno, tomando en cuenta que todas las acciones dentro de la cadena tienen un impacto en la calidad y en el aprovechamiento de los recursos. Concluyendo así que la gestión adecuada de la cadena de abastecimiento permitirá tener una visión suficiente para satisfacer y exceder las necesidades de los clientes, resultando en beneficios para los clientes y ganancias para las empresas.

Desde el punto de vista de Seyedan y Mafakheri (2020), la gestión de la cadena de suministro (SCM) se enfoca en el flujo de información, bienes y servicios desde el punto de origen hasta los clientes por medio de una cadena de actividades y entidades

que están conectadas entre sí. Entre los retos comunes de la SCM, se considera que la capacidad, la demanda y el costo son parámetros conocidos; pese a que, en la práctica este no es el caso, debido a que existen incertidumbres derivadas de variaciones en la demanda de los clientes, el transporte de suministros, los riesgos organizacionales y los plazos de entrega.

Según la APICS, Asociación para la gestión de la cadena de suministro, (organización que desarrolla métricos y parámetros de referencia de la industria), es posible resumir la concepción del término gestión de la cadena de suministro en seis acciones: planear, obtener, manufacturar, entregar, retornar y habilitar. En tanto, el CSCMP, Consejo de Profesionales en la Gestión de la Cadena de Suministros, resume que la gestión de la cadena de suministro integra la gestión de la demanda y de aprovisionamiento entre y a través de las compañías que la conforman (Blanchard, 2021).

Gracias a lo anterior, podemos interpretar que la gestión de la cadena suministro está compuesta por todos los entes involucrados en que el cliente reciba su pedido desde el origen; una gestión de la cadena adecuada incorporará a todos quienes la integran para encaminar los recursos, esfuerzos y comunicación hacia lograr los mismos objetivos, principalmente cumplir con la demanda de los clientes maximizando beneficios para todos los involucrados.

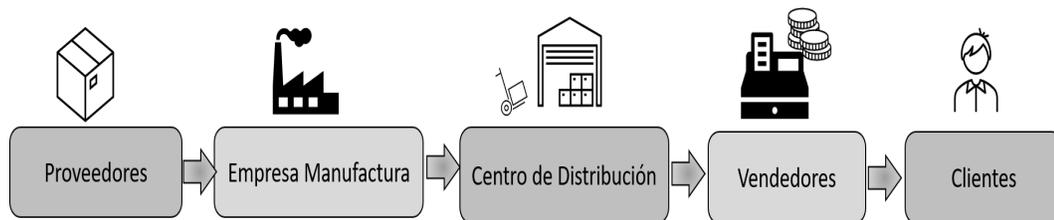


FIGURA 2.1: Cadena de Suministro

(Elaboración propia)

Plantea Hugos (2024), que existe un modelo esencial en la práctica de la gestión de la cadena de suministro. Cada cadena de suministro posee un conjunto propio de desafíos operativos y demanda de mercado, y a pesar de ello, las complicaciones

continúan siendo principalmente similares en todos los casos; es por ello que, las empresas de cualquier cadena de suministro precisan tomar decisiones individuales y colectivas en relación a cinco áreas:

1. Producción: Identificar los productos que el mercado quiere, las cantidades y tiempos. Abarca la toma de decisiones relacionadas a la creación de programas de producción que toman en cuenta las capacidades de la planta, controles de calidad, balance de carga de trabajo y mantenimiento del equipo.
2. Inventario: Establecer cuánto inventario debe ser almacenado en cada eslabón de la cadena de suministro. El propósito principal del inventario es actuar como un amortiguador para disminuir la incertidumbre dentro de la cadena, se deben determinar los niveles adecuados y puntos de reorden para evitar un impacto en costos.
3. Ubicación: Constituir la localización de las plantas de producción y almacenes para obtener mayor rentabilidad. Las decisiones relacionadas a la ubicación refieren las rutas para el flujo de productos para ser entregados al cliente final.
4. Transportación: Definir cómo se moverá el inventario o productos a través de la cadena de suministro analizando costos y tiempos; la elección del modo de transporte está relacionada directamente a los niveles de inventario a mantener.
5. Información: Datos oportunos y precisos favorecen la coordinación y toma de decisiones efectiva, fomentando un mejor control en las cantidades a producir, cantidades a almacenar en inventario y la elección de modo de transporte.

En este sentido, Emmett y Crocker (2016) establecen que el enfoque de la gestión de la cadena de suministro reside en la cooperación, la confianza y en el reconocimiento de que, si se administra adecuadamente, el todo puede ser mayor que la suma de sus partes. Brinda visibilidad a las cadenas de la demanda, valor y suministro, identificándolas como interdependientes, ilustrado en la figura 2.3. La



FIGURA 2.2: Cinco áreas de la cadena de suministro para la toma de decisiones (Hugos, M., 2024)

(Elaboración propia)

cadena de demanda representa la creación de demanda; por ejemplo, ventas y mercadotecnia con desarrollo de productos. La cadena de suministro representa cumplimiento; por ejemplo, adquisición y compra, producción y fabricación con distribución y movimientos. La cadena de valor representa el desempeño; por ejemplo, medidas financieras y capital.

2.3 RETOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Hoy en día, las industrias realizan una incesante búsqueda de alternativas que proporcionen soluciones a desafíos mayores a los que se enfrentan en un ambiente de alta competencia; los avances en tecnologías y la globalización entre otros factores agregan complejidad a las cadenas de suministro. En este sentido, el gran reto para las corporaciones es el crear procesos y estructuras alineados a las imposiciones del mercado con elevados patrones de calidad y cortos tiempos de entrega, impulsando la comunicación y coordinación entre los eslabones de la cadena para manufacturar y distribuir los bienes y servicios que espera el cliente (Manrique *et al.*, 2019).

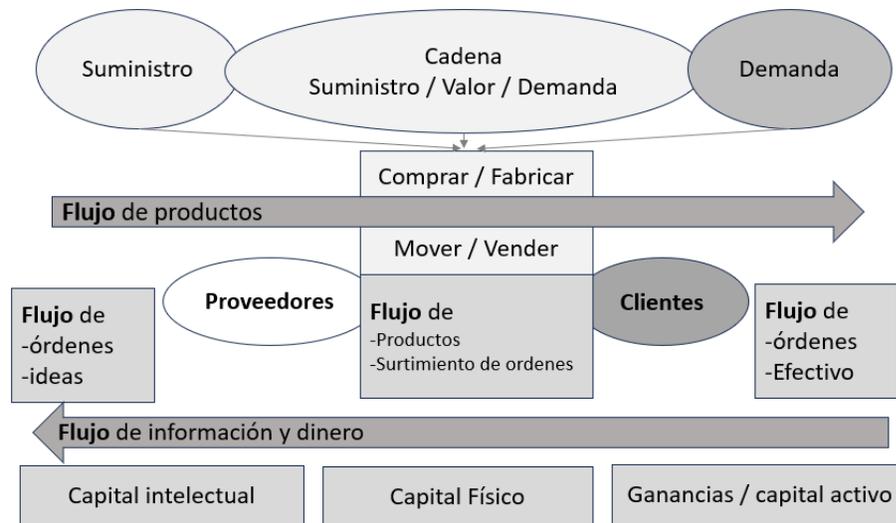


FIGURA 2.3: Flujos de productos e información en la C. S.

(Emmet y Croker, 2016)

En la opinión de Žic y Žic (2020), en la actualidad hay tres elementos decisivos que determinan el entorno empresarial y la estrategia de las corporaciones: la demanda, definida por clientes y grupos; la oferta, definida por competidores y proveedores, y el ambiente general, definido por regulaciones, recursos naturales y la sociedad. Estos elementos están siendo cada vez más complejos y dinámicos hoy en día y el gran reto para los expertos en cadenas de suministro consiste en encontrar estrategias que permitan un mejor control.

Para Christopher (2016), las cadenas de suministro en la actualidad enfrentan dos desafíos principales, gestionar los eslabones de la cadena desde el origen del suministro hasta el usuario final, y al mismo tiempo, ofrecer a los clientes la variedad que solicitan, en el tiempo preciso en tanto trabajan para obtener la ventaja competitiva.

Los retos primordiales de la cadena hoy en día, de acuerdo con Sánchez-Suárez *et al.* (2021), están orientadas a la transformación de los clientes encaminados a la variedad y customización de bienes y servicios, a la sustentabilidad, también, a las resoluciones veloces y flexibles. Al mismo tiempo, las cadenas deben hacerle frente a la conversión digital, y aceptación de la tecnología y métodos innovadores,

incrementar la realización de procesos automatizados, así como desarrollar resiliencia organizacional; la cual Mucharraz *et al.* (2021), definen como la suficiencia de una organización para aventajar amenazas potenciales, así como lograr adaptarse a las condiciones inestables, para enfrentarlas de manera efectiva.

Afirman Mahdi *et al.* (2020) que, las cadenas de suministro están relacionadas con numerosas complejidades e incertidumbres dentro del entorno actual. Dichas incertidumbres nacen debido a diversas causas, tales como el comportamiento de los clientes, las tecnologías emergentes, el comportamiento de los competidores y el surgimiento de nuevos productos; lo cual impacta a una demanda variable y una cadena de suministro volátil. Con el fin de frenar las consecuencias negativas de la demanda variable, es importante analizar y predecir la misma.

Desde la perspectiva de Leaven *et al.* (2017), representa un gran desafío para las cadenas de suministro tomar decisiones, gestionar y alinear cinco áreas principales de las organizaciones con las exigencias del mercado y nivel de servicio deseado, dichas áreas son: gestión de la demanda, gestión de pedidos, administración de proveedores, gestión logística y administración de inventarios.

De acuerdo con Hines (2014), los expertos en cadenas de suministro son responsables de desarrollar estrategias que incorporen el desarrollo de capacidades para gestionar los retos que se presenten en la cadena, vigilando siempre el nivel de servicio; principalmente identifica siete desafíos comerciales:

1. Valor: Ofrecer una concisa relación calidad - precio basado en las preferencias del cliente.
2. Variabilidad del volumen: Ajuste de cantidades de pedidos de forma regular por parte del cliente.
3. Velocidad: Celeridad de cambio en la naturaleza de la demanda y el mercado; responder con velocidad a las solicitudes del cliente.
4. Variedad: Habilidad para personalizar el producto o servicio que se ofrece.

TABLA 2.2: Niveles de complejidad

Complejidad	Causa
Complicación de la red	Aumento de integrantes y vínculos
Complicación de procesos	Incremento de los mismos
Complicación de productos	Mayor diversidad de componentes
Complicación de la demanda	Mayor incertidumbre y fragmentación
Complicación de la organización	Incremento en niveles implicados

5. Variabilidad: Reducir la variabilidad y ofrecer calidad estandarizada.
6. Visibilidad: Facilitar y compartir información con los integrantes de la cadena; mantener informado al cliente.
7. Virtualidad: Coordinar activos tangibles e intangibles dentro de la cadena a través de las tecnologías de la información y comunicación.

Como expresan Calatayud y Katz (2019), la complejidad de la cadena de abastecimiento ha ido en incremento por lo que es trascendental ampliar el horizonte de visibilidad y regularización de procedimientos e integrantes, la tabla 2.2 define los 5 niveles de complejidad que plantean.

Bajo el ángulo de Bowersox *et al.* (2005), el desafío de las cadenas de abastecimiento depende de la continua evolución, describe cinco fuerzas que promoverán las estrategias y estructuras de las organizaciones y son:

- La gestión integral
- Flexibilidad y capacidad de reacción
- Implicaciones financieras
- La globalización

- Evolución digital

Como se ha podido observar, los expertos en cadena de suministro deben hacer frente a los desafíos e imposiciones del mercado, crear procesos y estructuras haciendo uso de las tecnologías y metodologías innovadoras, alineándose con los objetivos de las corporaciones y requerimientos de los compradores, para así brindar respuestas veloces y flexibles a los clientes. Para el propósito de este trabajo de investigación, podemos resaltar el gran reto que confrontan las organizaciones sobre la variabilidad del volumen y la velocidad del cambio de los pedidos de los clientes; por lo que, explorar alternativas que disminuyan la complejidad del reto es imprescindible para obtener buenos resultados y alcanzar una mayor ventaja competitiva.

2.4 GESTIÓN DE PROVEEDORES

Explican Bernales *et al.* (2014) que la relación de los proveedores colabora con la generación de valor para las industrias y clientes; debido a la complejidad de las cadenas de abastecimiento en la actualidad, las organizaciones cuentan con un gran número de proveedores, que a su vez, tienen proveedores propios, siendo un desafío la oportuna comunicación y coordinación, orientadas a una relación de cooperación mutua.

La función del proveedor dentro de la cadena de suministro es comúnmente reconocida como uno de los factores relevantes para obtener una mejor ventaja competitiva, por lo que un adecuado análisis para llevar a cabo la selección de proveedores es clave, para posteriormente llevar a cabo el desarrollo de los mismos, definido como el esfuerzo de una organización con un proveedor para que sus capacidades y desempeño sean mejorados, y así, cubrir los requerimientos de abastecimiento de la empresa de manera satisfactoria a corto y largo plazo (Aguilar Rangel, 2020).

Señala Carreño (2018) que es sustancial perseverar una relación clara y elocuen-

te con los proveedores con el objetivo de conocer cualquier cambio en su capacidad de producción, variedad de productos, precios, así como, en su desempeño logístico; enfatizando que se debe solicitar la participación de los proveedores y alinearlos con los intereses de la empresa para obtener beneficios en conjunto.

Como plantean Bowersox *et al.* (2005), la colaboración y unificación de procesos entre las empresas y sus proveedores disminuye el riesgo general, incrementa el impacto en los clientes y enriquece la eficiencia de la cadena, señalando a la especialización de procesos e información compartida como factores primordiales para integrar las operaciones de las empresas desde la adquisición preliminar de insumos hasta la entrega de bienes y servicios al cliente.

De este modo, los proveedores son parte fundamental de la operación de las empresas y desempeñan un papel importante en el cumplimiento de los objetivos de las compañías; el flujo de información activo y la colaboración entre los proveedores y organizaciones facultará un nivel de servicio sobresaliente, así como, el logro de las metas establecidas.

2.5 GESTIÓN DE PEDIDOS

Si bien, el propósito principal de las cadenas de abastecimiento es el de cumplir con la demanda de los clientes, para que eso suceda se resalta la trascendencia de la gestión de pedidos para el cumplimiento de este interés.

Describe González (2018) que un pedido es la orden solicitada por los compradores precisando lo que aspiran recibir, misma que es transmitida al personal o almacenes que gestionan los bienes o productos a comercializar para que procedan a agrupar y empaquetar para su envío al cliente. Agrega que, la gestión de pedidos es una actividad fundamental y de gran costo debido a que, para su realización se dispone de fuerza de trabajo y medios mecánicos, los cuales deben coordinarse para un correcto funcionamiento del sistema y esencialmente, satisfacer la solicitud del

cliente.

Valdemoro y Ferrer (2012), explican que el proceso de seleccionar y recaudar los productos de los lugares donde se almacenan para realizar la entrega de los pedidos solicitados por los clientes recibe el nombre de preparación de pedidos o *picking*; esta actividad añade valor al producto si se prepara la orden estrictamente como el cliente lo solicitó, siguiendo las especificaciones tales como el número de mercancías, empaquetado y embalaje, por mencionar algunos.

La demora en las entregas de pedidos de los clientes conlleva un deterioro en el nivel de servicio (Carreño, 2018), lo que puede ocasionar merma de confianza en la marca y pérdida de ventaja competitiva, ratificando la importancia del proceso de gestión de pedidos dentro de las corporaciones, así como contar con inventario disponible para evitar demoras y poder preparar las ordenes en tiempo y de forma adecuada.

Desde hace un tiempo, los costos de preparación de pedidos se han incrementado debido a las estrategias de reducción de niveles de inventario en las empresas, derivando en el aumento de la continuidad de preparación de pedidos para evitar grandes inventarios, es decir, las cantidades a surtir son menores y constantes; otro factor que eleva el costo de preparación es la personalización de pedidos, al tener que cumplir las exigencias de los clientes, dentro de los almacenes se realizan un mayor número de manipulaciones y adecuaciones de los productos (Valdemoro y Ferrer, 2012).

Por otra parte, la preparación de pedidos ejerce un papel sustancial en la gestión de inventarios, ya que es la fase en la que se debe dar de baja en sistema la mercancía que se surte al cliente asegurando así la precisión de la suma de artículos que se refleje en inventario en el programa (De Diego Morillo, 2022).

2.6 GESTIÓN DE INVENTARIOS

Las organizaciones requieren acumular productos y servicios para el desempeño de sus operaciones, dichos abastecimientos se almacenan y deben ser administrados para su adecuado manejo y resguardo (Fernández, 2018); de acuerdo con Nirmala *et al.* (2022), los inventarios se consideran probablemente, los recursos más imperativos de una organización debido a que se consideran garantía del buen funcionamiento de la interacción productiva.

Por esta razón, una adecuada administración de inventarios es una actividad trascendental a la que se confrontan las empresas; Ospina Vasco (2020) describe a la gestión de inventarios como el proceso que implica elegir el producto, almacenarlo, manejarlo, así como organizarlo de forma constante; la gestión de inventarios también conlleva aprovechar la distribución física de los artículos en los almacenes, de tal forma que se reduzcan los gastos de manejo de productos y llevar al máximo la utilización del espacio disponible.

La finalidad del inventario es validar los tipos de existencias con los que cuenta la organización por medio del conteo físico de artículos en existencia; es una actividad útil para igualar los datos reales con los datos en sistema, permite conocer las cantidades a administrar, concede localizar las existencias dentro del almacén, facilita el conocimiento del valor de existencias almacenadas, contribuye a identificar los artículos con mayor rotación, facilita la toma de decisiones acerca de la distribución dentro del almacén y brinda visibilidad del *stock* disponible (Meana C., 2017).

En el presente, afirman Chung y Cárdenas-Barrón (2013), que la gestión de inventarios es una de las actividades más desafiantes en las corporaciones por lo que la investigación e importancia ha tomado fuerza; en los entornos competitivos del mercado actual, los expertos en cadena de abastecimiento consientes de que un material comienza a deteriorarse en el momento en que es almacenado están interesados en obtener beneficios de los inventarios en un menor tiempo, implementando en sus

organizaciones procedimientos de solución simples y precisas.

De acuerdo con Žic y Žic (2020), son evidentes los posibles beneficios de reducir inventarios y minimizar costos mientras se cumple con la restricción de nivel de servicio definida. En este sentido, una correcta gestión de los inventarios compone uno de los cimientos básicos en los que se sustentan las nuevas tendencias logísticas en las empresas (De Diego Morillo, 2022); de esta manera, la forma en la que se administran los inventarios define el nivel de servicio que se ofrecerá en el mercado, así como la flexibilidad de la producción (Sabrià *et al.*, 2004); por lo que, los encargados de la administración de los inventarios deben ser precisos, proactivos, y efectivos en la toma de decisiones (Nirmala *et al.*, 2022).

Definir la magnitud de inventario adecuado es decisivo ya que el inventario inmoviliza el efectivo e influye en la rentabilidad y productividad de las organizaciones; contar con inventario excesivo disminuye el capital de trabajo y repercute en la solvencia de la compañía; en cambio, tener insuficiente inventario conlleva a falta de existencias, afectaciones en programa de producción y pérdida de ventas, lo que procede a pérdida de utilidades. El estudio de los expertos en cadena de suministro debe concentrarse en preservar el nivel de inventario en cierto punto intermedio, procurando satisfacer al cliente y menores desabastecimientos mientras se mantienen los costos de inventario tan bajos como sea posible (Priniotakis y Argyropoulos, 2018).

Se designa conversión de «efectivo a efectivo» al tiempo que se requiere para transformar la materia prima o artículos dentro del inventario en ganancias por ventas y generalmente se relaciona a la rotación del inventario, a mayor rotación del inventario, es mayor la transformación a efectivo; por lo que, es razonable que uno de los principales esfuerzos de las cadenas de suministro sea el de acelerar la rotación de inventarios (Bowersox *et al.*, 2005); sin perder la dirección de satisfacer a los clientes.

De acuerdo con Meana C. (2017), una de las variables principales a considerar dentro de los inventarios es la demanda de los productos, de esta parten principal-

mente dos modelos de gestión de inventarios:

TABLA 2.3: Modelos de gestión de inventarios

Modelo determinista	Modelo probalístico
La demanda es conocida y constante	Hay incertidumbre en la demanda

En particular, Fernández (2018), destaca que en el empleo y desenvolvimiento de los inventarios en una compañía existen un conjunto de variables que determinan las medidas que conforman la administración de inventarios, primordialmente el tiempo, la demanda y los costos:

TABLA 2.4: Variables que impactan la gestión de inventarios

Variables	Definición
Tiempo	Periodo que tarda la entrega de proveedor
Demanda	Requerimiento a futuro de los clientes
Costos	Gastos asociados al aprovisionamiento y almacenamiento.

Bajo este ángulo, Durán (2012) menciona que se cuentan con diferentes métodos para gestionar el inventario y su objetivo principal es la disminución de los costos totales; cuando la demanda es conocida los métodos más aplicados son: el método de la Cantidad Económica de Pedido (CEP), el modelo ABC, y el Punto de Reorden (PR); no obstante, cuando hay cierta incertidumbre en la demanda, se requieren emplear métodos más complejos tales como la administración del inventario Justo a Tiempo (JAT) o la Planeación de Requerimientos de Materiales (PRM).

Esto indica que la gestión de inventarios se debe aplicar obedeciendo al sector productivo en el que la empresa se desempeña, alineándose con el mercado meta y el comportamiento de la demanda del mismo. Plantea Vidal H. (2010), que en términos generales, no es posible erradicar en su totalidad las causas que originan

la necesidad de conservar inventarios, por lo que, la disyuntiva más conveniente es diseñar y poner en práctica estrategias así como, sistemas de gestión y de inventarios inmejorables para replicar tales causas.

2.6.1 DEFINICIÓN DEL TÉRMINO INVENTARIO

Se atribuye el origen de los inventarios a tiempos antiguos en los que se habituaba almacenar considerables cantidades de alimentos que serían aprovechados en temporadas de sequía y adversidades. En la actualidad, se puede definir al inventario como el compuesto de productos o mercancías con los que cuenta una organización para mercantilizar, posibilitando la adquisición, manufactura y comercio (Durán, 2012).

De acuerdo con Muller (2019), el inventario es dinero y está presente en todas las compañías ya que es indispensable para su funcionamiento; se puede identificar como a) la materia prima, b) el producto en proceso o WIP por sus siglas en inglés, c) producto terminado, así como, d) los insumos utilizados en la operación.

Afirma Meana C. (2017), que para una mejor comprensión del término inventario es imprescindible hacer una distinción de conceptos:

- Inventario: Consiste en la comprobación y verificación de los productos y capital de las organizaciones.
- *Stock*: Es el cúmulo de material y producto terminado reservado para la venta y entrega al cliente.
- Existencias: Son los productos con los que cuenta la organización para llevar a cabo la manufactura y la venta al cliente final.

En la opinión de Bayas y Martínez (2017), por lo general, el inventario es el principal activo de una organización y de este depende la producción de la indus-

tria y el cumplimiento de la demanda de los clientes; representa capital de trabajo sustancial y está directamente relacionado al incremento de rentabilidad de la organización.

Establece De Diego Morillo (2022), que los inventarios son las mercancías, artículos o materiales con los que cuenta una empresa en existencia para operar; siendo su manejo imprescindible para definir si favorecerán o perjudicarán a la compañía; si bien, los inventarios son indispensables para amortiguar los efectos de la variabilidad de la demanda y cumplir con los pedidos del cliente, pueden considerarse una pérdida porque representa tener capital invertido en mercancía.

Desde la perspectiva de Cuartas y Aguilar (2022), los inventarios son todos aquellos artículos o existencias utilizados en la producción o comercialización en una organización. Algunos aspectos importantes de cómo obtener y mantener un inventario adecuado son: absorber las fluctuaciones de la demanda, tener un plan de protección para un producto para el cual es difícil asegurar un suministro constante, obtener descuentos al ordenar cantidades mayores y reducir los costos de los pedidos si se realizan frecuentemente y en pequeñas cantidades.

De acuerdo con Haekal y Setiawan (2020), la inadecuada gestión del inventario puede causar errores graves, tales como calcular mal las necesidades de materia prima, causando una falta de suministro de materias primas para las actividades de producción. La gestión de inventario es crucial para las empresas debido a que requieren alrededor del 20 % al 60 % del esfuerzo de inversión de la empresa.

2.6.2 FUNCIÓN DE LOS INVENTARIOS

Destaca Vidal H. (2010), que las razones elementales de requerir mantener inventarios en cualquier compañía son las variaciones inciertas de la demanda, así como los tiempos de reposición. Asimismo, los inventarios se manifiestan debido a la desactualización entre la manufactura o abastecimiento de productos y la demanda

TABLA 2.5: Funciones de los *Stock*

Función	Definición
Reguladora	Permite enfrentar cambios en la demanda.
Comercial	Faculta el cumplimiento de requerimiento del cliente.
Económica	Facilita la negociación de precios y plazos de pago.

del cliente.

Como expresa De Guevara (2020) las existencias que se almacenan en las organizaciones para ser utilizadas dentro de sus procesos o vendidas, tienen tres funciones principales enlistadas en la tabla 2.5.

La función principal de los inventarios, de acuerdo con Sabrià *et al.* (2004), es la de facultar a las organizaciones de obtener un nivel de servicio adecuado en el mercado haciéndole frente a la incertidumbre cuando la demanda es imprecisa. Asimismo, Bayas y Martínez (2017), establecen que los inventarios mantienen la función de darle flexibilidad a todo el manejo administrativo y operativo de las industrias, resaltando que los inventarios son indispensables para cumplir la demanda de los compradores.

Desde la perspectiva de Izar-Landeta *et al.* (2016), la función trascendental del inventario es la de suministrar productos de forma cuantiosa, de tal forma que si hay un aumento en la demanda no existan faltantes, ya que conlleva un bajo nivel de servicio y pérdidas en venta; por otro lado, el inventario no tiene que ser desmedido, ya que el costo de mantenerlo se eleva. Es por ello que, la administración del inventario conlleva dos resoluciones elementales:

1. Determinar la cantidad de pedido.
2. Definir el momento para hacer un pedido nuevo.

Es común que los elevados niveles de inventarios se valoren como el mecanismo para incrementar la disponibilidad de un material para cumplir la demanda del cliente; antes bien, las tecnologías de la información aplican innovadoras estrategias para reconocer con antelación la demanda real y pedidos en firme de los clientes, lo que ha permitido que ciertas industrias alcancen niveles de servicio y desempeño prominentes sin aumentar los niveles de existencias en inventario (Bowersox *et al.*, 2005).

2.6.3 TIPOS DE INVENTARIO

De acuerdo con Fernández (2018), los inventarios se pueden clasificar principalmente en 3 rubros:

- Materia prima: Incluye material que es parte del proceso de producción y es abastecido por los proveedores.
- Producto semiterminado: Incluye los ciclos por los que atraviesa el producto durante el proceso de producción o fabricación. Se puede definir también como producto en proceso (WIP).
- Producto terminado: Incluye los productos cuyo destino es la venta al consumidor.

Refiere Muller (2019) que, además de inventarios de materia prima, producto terminado y producto en proceso (WIP), también existen otras categorías y se describen a continuación:

1. Consumibles: Artículos que se utilizan en la operación, tales como: focos, papel para impresora, pintura, entre otros.
2. Artículos de servicio, reparación, reemplazo y refacciones: productos post-venta cuya función es dar mantenimiento o reparar maquinaria y equipo.

3. Amortiguador o Inventario de seguridad: *Stock* cuya función es amortiguar la variabilidad de la demanda, asegurar disponibilidad de material.
4. Inventario de previsión: Se produce para anticipar un evento o temporada específica, por ejemplo, día de San Valentín.
5. Inventario en tránsito: Material en movimiento dentro de un canal de distribución.

Citando a Sidiq Saputra *et al.* (2021), un inventario de seguridad representa una garantía de contar con material para enfrentar la situación de falta de materias primas en una compañía. Este inventario de seguridad podrá ser utilizado en caso de escasez o retrasos en la llegada de materias primas. Con un adecuado manejo del inventario de seguridad, el proceso de producción se ejecutará sin ninguna interrupción en ausencia de materias primas.

Desde la perspectiva de Javadian Kootanaee *et al.* (2013), el enfoque tradicional de la fabricación implica el uso de grandes inventarios con existencias de seguridad. Los inventarios de seguridad pueden actuar como un amortiguador al que las empresas pueden recurrir para compensar pronósticos de demanda inexactos.

En la opinión de Bayas y Martínez (2017), existen diversos tipos de inventarios, algunos de ellos son: inventario en tránsito, inventario en consignación, inventario disponible, entre otros; la tabla 2.6 describe las categorías.

2.6.4 COSTOS DE LOS INVENTARIOS

La materia de los inventarios ha incentivado diversos trabajos de investigación realizados por académicos y expertos en cadena de suministro, explorando que los inventarios ejecuten su función a un mínimo costo; definiendo que a mayor cantidad de existencias en inventario, mayor es el costo de mantenerlo. Se puede mencionar

Inventario	Definición
Inicial	Se efectúa al comenzar las operaciones
Final	Se efectúa al terminar el ejercicio económico
Intermitente	Constante conteo durante el año
Perpetuo	Conveniente a los requerimientos del almacén
Físico	Corresponde al inventario real
Mixto	Corresponde a una clase establecida de mercancía
Tránsito	Artículos en camino a abastecer los conductos de las empresas
Materia Prima	Muestra existencias de insumos esenciales para la fabricación
Proceso	Inventario modificado por mano de obra y materiales
Producto terminado	Artículos listos para entrega al cliente
Consignación	Existencias para ser vendidas, le pertenecen al vendedor
Mínimo	Cantidad de inventario mínima a almacenar
Máximo	Cantidad de inventario máxima a almacenar
Disponible	Accesible para la venta con productos terminados
En Línea	Inventario en espera de ser procesado en la línea de producción
Cuarentena	Segregado para cumplir un periodo de almacenamiento
Previsión	Cumple el propósito de cubrir una necesidad definida y futura

TABLA 2.6: Tipos de inventario

a las variaciones del tiempo de entrega y a la incertidumbre de la demanda como principales responsables de generar costos de inventario (Izar-Landeta *et al.*, 2016).

Por lo general, el inventario es el principal activo en el balance de una organización y por consiguiente, en el estado de resultados se reflejan los costos ocasionados por los inventarios como uno de los rubros con más relevancia (Bayas y Martínez, 2017).

Los costos de inventario generalmente se distribuyen en dos rubros: costos

de hacer pedidos y costos de mantener inventarios. Los costos de pedir se generan independientemente del valor real de los artículos, estos costos incluyen los salarios de los encargados de comprar y mover el producto, el costo de mantener el flujo del inventario, etc; en tanto, los costos de mantener inventario abarcan el costo del capital estático en el inventario; costos de almacenamiento como la renta del almacén; y el costo de manejar el producto, como maquinaria y equipo, personal de almacén, costos por desperdicios y pérdidas de existencias, impuestos, etc. (Muller, 2019).

Desde esta perspectiva, Pacheco Velásquez (2013) define al costo de pedir como la suma que se emplea en generar pedidos y el costo de mantener como el costo asociado a todas las actividades que implica almacenar determinada cantidad de productos en inventario; siendo la suma de ambos el costo total del inventario. El establecer estrategias colaborativas entre todos los integrantes de la cadena de suministro facilita el ahorro en costos de inventario para todos los involucrados.

En la opinión de Cuartas y Aguilar (2022), existen cinco categorías de costos asociados con la gestión de inventario: el costo unitario del valor del producto, los costos de mantenimiento de los productos, los costos de pedido, los costos de falta de existencias y los costos asociados con los sistemas de control.

2.6.5 GESTIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS

Ojeda Pérez (2020), menciona que, si bien, se puede creer que los conceptos de control y gestión de inventarios expresan lo mismo, ambos términos abarcan diferentes ideas.

- Control de inventarios: proceso cuantitativo cuyo objetivo principal es el garantizar la ejecución de las tareas establecidas por la compañía orientadas a optimizar de forma unitaria los costos de inventario, el nivel de servicio al cliente y los costos operativos. Radica en determinar la cantidad de material

que se ordenará y cuándo, así como la cantidad de material que se mantendrá.

- Gestión de inventarios: proceso cualitativo cuyo objetivo principal es conservar el equilibrio en la existencia de productos para cubrir las necesidades de producción y comercialización de la empresa. Radica en determinar quién llevará a cabo las tareas administrativas relacionadas al inventario.

En la práctica, la forma en la que se gestionan los niveles de inventario depende del control establecido por la compañía, está relacionado directamente con los niveles de inventario y los puntos de reorden definidos (Schmidt, 2015). De acuerdo con Hernández Marín (2019), generalmente se aplican dos métodos de análisis para definir la frecuencia y las cantidades a reabastecer del inventario.

- Sistema de Revisión Continua (Q): se fundamenta en controlar el inventario remanente en cuanto se remueva un producto del balance. Se colocará una orden nueva de reabastecimiento en el momento en que el nivel de inventario sea menor al nivel límite previamente definido, y se continuará consumiendo el inventario cada que la cantidad sea superior a dicho nivel.

El modelo EOQ es un ejemplo de un sistema de revisión continua, si se respetan las restricciones propias del modelo.

- Sistema de Revisión Periódica (P): se fundamenta en la revisión por periodos de tiempo fijos de un determinado artículo, de acuerdo con la conducta de la demanda, el tamaño del pedido será cambiante dependiendo de los consumos. Faculta contar con un inventario preciso y reabastecer cantidades precisas, se recomienda aplicarse con demanda probabilística así como plazos de entrega firmes.

Pueden las empresas aplicar distintas herramientas y modelos para moderar los inventarios de forma eficiente conforme con la contextura de la demanda de los productos que manejan, ya sea, demanda dependiente o demanda independiente. Schroeder *et al.* (2011) explican los tipos de demanda de la siguiente manera:

- Demanda dependiente: abarca los componentes o artículos que tienen un vínculo con la manufactura de un producto final; la demanda de dichos componentes dependen directamente de la demanda en el mercado del producto final.
- Demanda independiente: abarca generalmente un producto final o refacciones; la demanda de los artículos o productos depende directamente de lo que rige el mercado.

2.6.5.1 POLÍTICAS DE INVENTARIO

Schmidt (2015) describe cuatro métodos principales para establecer políticas de inventario en una empresa, resaltando la importancia de definir cuál será el punto de reorden y cada cuándo se hará la revisión.

1. Intervalos de pedido fijos de cantidad fija. El método radica en ordenar un número definido de unidades en un periodo de tiempo previamente establecido. Para que esta práctica sea funcional, la demanda tiene que ser conocida y firme. Las desviaciones darían lugar a desabastecimientos o sobre-inventarios.
2. Intervalos variables. Política de inventario continuo (Q,s) de cantidad fija, también llamada política perpetua (PI). El método radica en realizar una cantidad de pedido fija cuando el nivel de inventario llega a niveles preestablecidos. La cantidad del pedido consiste en una previsión (durante períodos a cubrir) después del plazo de entrega. El punto de reorden puede determinarse por el tamaño del inventario de seguridad y la demanda durante el plazo de entrega. El modelo continuo (Q,s) se administra fácilmente y cuando se establece el punto de reorden, el administrador únicamente requiere realizar un seguimiento del inventario.
3. Intervalo de pedido fijo - Cantidad variable. Cuando se utiliza una política de inventario periódica (r,S) , los niveles de inventario se revisan periódicamente.

El método radica en mantener un inventario de seguridad no sólo durante el tiempo de entrega sino también durante el período mismo; se generan pedidos entre intervalos fijos (tiempo de revisión, r .) hasta el nivel S de “pedido hasta” que llega después del tiempo de entrega, L .

4. Intervalos variables - Cantidad variable. Existen diversos métodos adicionales para pedir productos, como el tamaño del lote. El tamaño del lote puede ser eficiente en un entorno no estocástico. Debido a que el modelo es determinista, puede ser eficaz si se puede controlar la entrada de material y se conoce la capacidad de producción.

2.7 GESTIÓN DE LA DEMANDA

Como plantean Seyedan y Mafakheri (2020), en la actualidad, las empresas establecen estrategias de mercadotecnia cada vez mayores para permanecer competitivas y conservar o aumentar su margen de ganancias. Diversos modelos de pronóstico han surgido para comprender y satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, de este modo, el enfoque al análisis del comportamiento y las preferencias de consumo utilizando pronósticos obtenidos de los datos de los clientes y los registros de transacciones para gestionar las cadenas de suministro han cobrado fuerza.

La demanda es definida por De Diego Morillo (2022) como la suma de bienes o servicios que se requieren o desean en un momento establecido, en un mercado y economía asentados, a un precio definido.

Desde la perspectiva de Syntetos *et al.* (2016), la demanda se puede definir como la orden de un determinado cliente a una empresa o proveedor en particular por un definido número de artículos en un tiempo preciso; recibida la orden el proveedor procesa la demanda a través de tres dimensiones clave: productos, tiempo y ubicaciones coordinando actividades en varios niveles de la organización para el cumplimiento de la orden.

Ospina Vasco (2020), propone definir primero el término «Impulso de la demanda» (*demand driven*) y lo describe como el enfoque de la empresa hacia los clientes, es decir, la habilidad de una compañía para identificar las indicaciones del mercado y ajustar sus sistemas de acuerdo a lo señalado; el impulso de la demanda se puede determinar como una condición de las empresas que da dirección a las decisiones con base en la demanda en tiempo real del mercado y no en inventarios o pronósticos para satisfacción del requerimiento del cliente; una cadena de suministro impulsada por la demanda se ilustra en la figura 2.4.

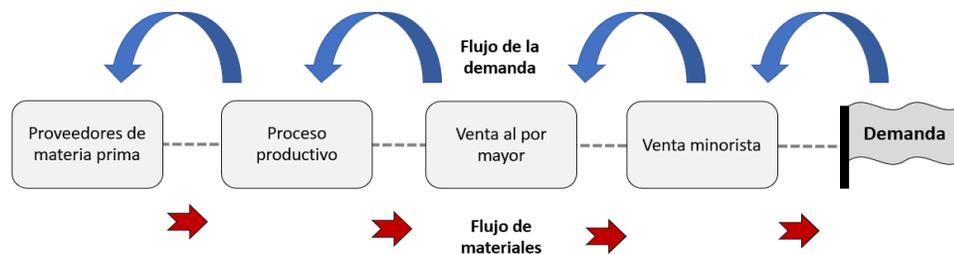


FIGURA 2.4: Cadena de suministro impulsada por la demanda

Fuente: Mendes (2011)

En la opinión de Seyedan y Mafakheri (2020), la gestión de la demanda consiste en predecir las cantidades y tiempos de las solicitudes de los clientes; dichas predicciones tienen como objetivo lograr la satisfacción de los clientes satisfaciendo sus necesidades de manera oportuna.

La gestión de la demanda se puede describir como los esfuerzos centrados en calcular y administrar la demanda del cliente, con el fin de utilizar dicha información para dar forma a las decisiones operativas. En tiempos recientes la gestión de la demanda ha recibido especial atención de los expertos de las cadenas de suministro gracias al desarrollo de sistemas impulsados por la demanda. La tecnología brinda a las organizaciones la habilidad de sincronizar mejor la demanda y el aprovisionamiento, debido a que facilita la detección y comprensión de las señales de la demanda, favoreciendo realizar los ajustes apropiados en el reabastecimiento de inventarios y cumplimiento de órdenes (Langley *et al.*, 2020).

Señala Parra Franco (2018), que es posible definir la planeación de la demanda como el compuesto de procedimientos de cálculo y actos administrativos necesarios para suministrar productos, y cuyo propósito principal es procurar la demanda requerida por los clientes en un tiempo determinado, nivelando la demanda y el abastecimiento. Bajo este ángulo, Juárez *et al.* (2016), describen que la finalidad de un pronóstico es facilitar las decisiones futuras y brindar una valoración del riesgo que implica cada decisión, resaltando que a mayor información, menor incertidumbre.

En relación con lo antes expuesto, una correcta planeación de la demanda y adecuado control de suministros representan un rol primordial en la administración de una empresa, ya que impacta la operación y los demás procesos de las compañías (Vasquez *et al.*, 2015). Hoy en día, ha habido una evolución en los enfoques estadísticos convencionales de pronóstico de la demanda que funcionan en base a la identificación de tendencias estadísticamente significativas en los datos históricos, hacia pronósticos inteligentes que pueden aprender de los datos históricos y evolucionar inteligentemente para ajustarse y predecir la demanda en constante cambio (Seyedan y Mafakheri, 2020).

Pronosticar la demanda, en la actualidad, es una actividad de planeación que incluye nuevas herramientas analíticas que se suman a los métodos tradicionales y a las técnicas cualitativas; determinando que al aplicar dos o más herramientas para la toma de decisiones sería posible aumentar la eficiencia en el proceso de planeación; por lo que podemos concluir que las técnicas tradicionales combinadas con nuevas técnicas se vuelven cada vez más importantes en los procesos modernos de toma de decisiones (Salais-Fierro *et al.*, 2020).

Desde la perspectiva de Mendes (2011), varias empresas han implementado herramientas y procesos de pronóstico para mejorar el desempeño de la planificación de la demanda, pero estas iniciativas no han sido suficientes para eliminar los problemas de falta de existencias y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro, debido a un desajuste entre la oferta y la demanda, baja precisión de pronóstico

para productos de medios y bajos volumen, alta variabilidad de la demanda y/o una gran cantidad de nuevos productos, que por lo general son mucho más difíciles de predecir que los productos regulares.

Todos los pronósticos son incorrectos en gran o menor medida, por lo que el reabastecimiento basado en pronósticos hace que se compren, produzcan o distribuyan productos en la cantidad incorrecta, lugares equivocados y en el momento equivocado, resultando en inventarios desequilibrados, surge el riesgo de impactar el servicio y se deben realizar cambios en los programas o tomar acciones, tales como expedir material, para resolver o mitigar los riesgos (Eagle, 2017).

Tal ha sido la trascendencia de la demanda de los clientes en la cadena de abastecimiento en la actualidad que, Arroyo Pérez (2016) refiere que debido a que las operaciones en las organizaciones no deben ser impulsadas por los proveedores si no por los requerimientos del mercado, se debería denominar «cadena de la demanda», ajustando el término a la estructura empresarial de hoy en día.

2.7.1 EFECTO LÁTIGO

El efecto látigo es uno de los conceptos que más resuenan en el campo de la gestión de operaciones; este término se refiere al fenómeno en el que la variabilidad de los pedidos aumenta a medida que los pedidos avanzan en la cadena de suministro; es decir, es el efecto por el cual la demanda de los consumidores se mueve lentamente creando grandes cambios en la producción para los proveedores en el otro extremo de la cadena de suministro (Wang y Disney, 2016). Este efecto repercute en la tasa de faltantes y los costos de inventario (Izar-Landeta *et al.*, 2016).

Langley *et al.* (2020), mencionan que este efecto sucede cuando las ordenes de los clientes son el disparador de reabastecimiento y la base del pronóstico de la demanda, cuando hay intervalos largos entre las ordenes, los miembros de la cadena de suministro enfrentan mayor incertidumbre sobre el nivel y patrón de la demanda,

lo que generalmente resulta en inventarios elevados y costos por productos agotados. Bajo el fenómeno del efecto látigo o *bullwhip* en inglés, los errores de pronósticos incrementan y la variabilidad de la demanda aumenta mientras las ordenes se mueven en el sistema; tal efecto se puede reducir si todos los integrantes de la cadena de suministro operan basados en la demanda del cliente, colaborando así con la reducción de la variación y disminución de los tiempos de entrega.

Desde la perspectiva de Arroyo Pérez (2016), el efecto látigo ocurre cuando el incremento de demanda por parte de los clientes de un artículo produce una demanda por medio de toda la cadena de abastecimiento, produciendo así repercusiones en las previsiones de insumos efectuadas en los diversos horizontes de la cadena y demoras en la provisión, dando como resultado una demanda ampliada o incierta; siendo relevante la conexión entre la información y el movimiento de los productos, a partir de las materias primas a través de la cadena de abastecimiento.

De acuerdo con Mejía Villamizar *et al.* (2013), el efecto látigo es consecuencia de una deficiente planeación y causa una distorsión en el flujo de materiales a través del canal de la cadena de abastecimiento, dando como resultado una oferta excesiva u obsolescencia de materiales, repercutiendo en el incremento de costos de cada una de las organizaciones que conforman la cadena. En la opinión de Madhani (2015), este impacto puede moderarse si se comparten información del punto de venta y alineando los procesos con la demanda del cliente final.

Resaltando la importancia de la información, Calatayud y Katz (2019), describen el efecto látigo como un riesgo costoso de gran relevancia y se presenta cuando la información sobre los requerimientos o demanda del cliente es distorsionada conforme se transmite por los integrantes de la cadena de abastecimiento, orillando a las empresas a tomar decisiones de gran costo sobre producción, inventarios y distribución; estableciendo que se puede reducir el riesgo si se calcula la demanda futura de una forma más exacta.

En la opinión de Ospina Vasco (2020), consecuentemente al ambiente logístico

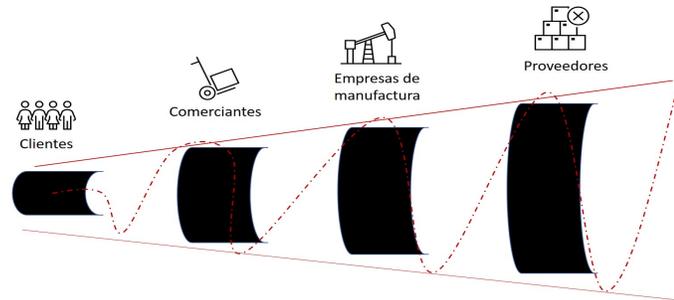


FIGURA 2.5: Efecto Látigo

(Elaboración propia)

mundial caracterizado por la volatilidad e incertidumbre, quienes integran la cadena de suministro son afectados en gran o menor medida por el efecto látigo; el cual se describe como el principal obstáculo de la gestión de la demanda debido a las variaciones que se suscitan en el tiempo que se asciende a través de la cadena de suministro distanciándose progresivamente del mercado.

2.8 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PLANEACIÓN

En la actualidad, la mayoría de las empresas de manufactura utilizan sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) para la mayoría de los departamentos y funciones. Si bien, el entorno ha cambiado drásticamente en las últimas décadas, el componente central utilizado para la planificación y el control de la producción no lo ha hecho (Ihme y Stratton, 2015).

La industria ha evolucionado, generando beneficios a los consumidores y creando un ambiente de competencia para las industrias; esta evolución puede distribuirse en cuatro fases o revoluciones. Señalan Calatayud y Katz (2019) que la primera revolución industrial se singularizó por el empleo de máquinas a vapor dentro de los procesos de fabricación, la segunda revolución hizo uso de la electricidad para facultar la producción en masa, la tercera revolución aplicó la informática para automatizar los procedimientos y operaciones, y por último, la cuarta revolución, situada en el

tiempo actual, está basada en un progreso histórico en tecnologías digitales concurrentes, que eliminan divisiones entre espacios digitales y físicos, posibilitando la creación de importantes ganancias económicas.

Plantea Coyle (2018), que la evolución de la administración de la cadena de suministro inició en 1960 con el surgimiento del concepto «Distribución física» que hace referencia a la relación del sistema de transporte con la demanda de inventario, almacenaje, empaque externo, manipulación de materiales y otras operaciones; para finalizar la década de 1970 y durante la década de 1980 la industria del transporte y los servicios financieros fueron desregularizados en los Estados Unidos Americanos, lo que facultó que dichos servicios fueran ofertados y negociados en un ambiente más competitivo, este cambio marca el surgimiento de compañías de servicios de logística para procesar pedidos, administrar y almacenar inventarios.

En el curso de la década de 1990, la mecánica del entorno global se modificó de forma drástica y las compañías tuvieron que adaptarse a esta transformación o perecer, la globalización encauzó un entorno geopolítico y económico más competitivo que generó oportunidades y riesgos tanto económicas como políticas. La cadena de suministro también ha ido evolucionando conforme la transformación e integración de las tecnologías (Coyle, 2018).

El único objetivo de las empresas hasta los últimos años era obtener el máximo beneficio económico o mejorar el servicio al cliente. Durante la revolución de la calidad de la década de 1980 y la revolución de la cadena de suministro de la década de 1990, quedó claro que las mejores prácticas comerciales requieren la integración de todas las áreas procurando minimizar costos, además de procurar la calidad y el nivel de servicio, lo que lleva a la creciente necesidad de tratar la gestión de inventarios de forma inseparable de los objetivos económicos (Žic y Žic, 2020).

Los sistemas tradicionales de planeación y control de la producción no fueron desarrollados para operar en un escenario tan volátil (Azzamouri *et al.*, 2021).

2.8.1 CLASIFICACIÓN ABC O PRINCIPIO DE PARETO

Cajamarca Torrestagle (2020), explica que esta metodología se fundamenta en distribuir en tres grupos la totalidad de las existencias para una óptima gestión del inventario. De tal modo, Muller (2019), lo define como un criterio para clasificar los inventarios de acuerdo con su relevancia, indica que una cantidad menor de artículos representan la mayoría de los costos del inventario, concentran el mayor consumo o rotación o generan el mayor beneficio para la compañía.

Agrega Chavez (2012) que es una clasificación que permite a la organización priorizar los productos, dando así la visibilidad para la toma de decisiones relacionadas a los inventarios. Este principio indica que el 80 % de las ventas se centraliza en los artículos A, y el 20 % remanente en los artículos restantes clasificados como clase B y C.

Coincide Vidal H. (2010), con que la clasificación ABC es una herramienta muy eficaz de gestión de inventarios que se debe analizar profundamente; también para la aplicación como herramienta para los sistemas de pronósticos. Agrega que es posible asignar clasificaciones adicionales para identificar artículos sobresalientes, por ejemplo, clase AAA para artículos sumamente importantes; también puntualiza que los artículos clasificados como C, aunque son de menor relevancia, se deben revisar de forma periódica.

2.8.2 JUSTO A TIEMPO (JIT)

Sostiene Arroyo Pérez (2016), que el sistema de Justo a tiempo fue desarrollado principalmente por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo finalizando los años setentas en Japón, y originó la reflexión de los vendedores y compradores, percatándose de que una relación de cooperación entre ambos les podría brindar grandes beneficios.

El concepto Justo a Tiempo o *Just in time* implica tener los artículos correctos

de la calidad y cantidad correctas en el lugar correcto y en el momento correcto; es un sistema en el que la empresa inicia la fabricación o compras una vez que el cliente genera la orden; es decir, los materiales se compran y producen sólo cuando se necesitan, promoviendo cero inventarios. A pesar de que el sistema Justo a tiempo parece interesante y menos complicado, requiere mucha coordinación dentro de la cadena de suministro para evitar retrasos en el cronograma de producción (Javadian Kootanaee *et al.*, 2013).

De acuerdo con Haekal y Setiawan (2020), la implementación del método *Just in time*, conocido como JIT, logra reducir los costos operativos o de producción mediante el uso del tiempo para prevenir el desperdicio en las actividades productivas. *Just in time* es un sistema integral de producción y sistema de gestión de inventario donde las materias primas se compran y producen según sea necesario y se utilizan en el momento adecuado dentro de cada proceso de producción.

Por otra parte, Roy (2020) menciona que, el modelo JIT considera el inventario como un desperdicio o una desventaja para las empresas; sin embargo, algunos administradores pueden llegar a pensar que las empresas que implementan un sistema JIT y reducen significativamente su nivel de inventario pueden ocasionar que la cadena de suministro sea frágil y menos ágil cuando la demanda y la oferta son volátiles; resaltando así, la relevancia de implementar un modelo de pronóstico de la demanda con la mayor precisión posible.

2.8.3 MODELO DE LOTE ECONÓMICO DE COMPRA

El modelo clásico del lote económico de compra o cantidad óptima de pedido (EOQ por sus siglas en inglés) fue concebido por Whitman Harris en 1913. Posteriormente, el consultor R. H. Wilson popularizó el modelo gracias a que lo analizó y publicó nuevamente; a partir de entonces, otros varios autores han realizado adaptaciones pequeñas a este modelo, lo que lo ha mantenido vigente en la actualidad

(Pacheco Velásquez, 2013).

La definición del lote económico de compra, EOQ *Economic Order Quantity*, está fundamentado en la iniciativa de nivelar los costos opuestos de ordenar y de poseer inventarios. Los costos de ordenar se generan cuando se crea una orden de compra y detona actividades relacionadas a asegurar recibir el material; mientras que, los costos de poseer inventarios son aquellos asociados al costo del capital invertido para mantener los inventarios. Si se genera una orden de compra por lotes mínimos de productos de forma constante es posible que se reduzcan los niveles de inventario y el costo del mismo; sin embargo, el costo de ordenar aumenta. De la misma forma, generar una cantidad menor de ordenes de compra por lotes de productos grandes, reduce el costo de ordenar, sin embargo, el costo de mantener un inventario alto se incrementa. Al tamaño óptimo de lote de compra que consiga reducir y balancear los niveles de costos de ordenar y de mantener inventarios se le llama lote económico de compra (Carreño, 2018).

Citando a Christopher (2016), el modelo EOQ (por sus siglas en inglés) ha tendido a encausar nuestro pensamiento hacia la idea de la existencia de una cantidad "óptima" para ordenar y por lo tanto para mantener en inventario, formulando así un equilibrio entre el costo de mantener el inventario y el costo de realizar pedidos de reabastecimiento.

En tal sentido, Haekal y Setiawan (2020) mencionan que el modelo del lote económico de compra (EOQ) es una técnica de reorden y se aplica para adquirir suministros de materia prima de una empresa determinando el número de órdenes que son económicas para cada pedido con una frecuencia de pedido predeterminada en un tiempo establecido.

De acuerdo con Sidiq Saputra *et al.* (2021), el objetivo del modelo EOQ es determinar la cantidad del pedido que minimizará el costo total. Siendo la fórmula EOQ comúnmente utilizada:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(D)(S)}{C}}$$

Donde:

- EOQ = Cantidad Económica de pedido o Lote económico de compra
- D = Uso estimado o demanda por periodo de tiempo
- S = Costo de ordenar (preparación de orden y maquinaria) por pedido
- C = Costo de almacenar por unidad por año

Pacheco Velásquez (2013), plantea que debido a que la demanda a lo largo de todo el tiempo es continua, así como la constancia en la cantidad de pedido, la conducta del inventario a fin de una cantidad de pedido Q se puede ilustrar como en la figura 2.6.

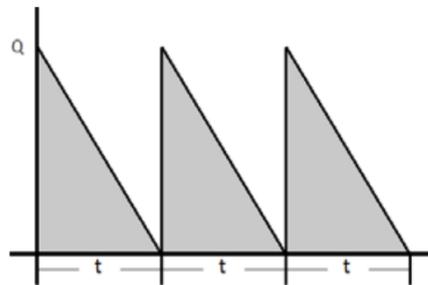


FIGURA 2.6: Comportamiento del inventario en el modelo EOQ

Fuente: (Pacheco Velásquez, 2013)

Este modelo EOQ puede aplicarse si los siguientes supuestos se cumplen:

- La demanda de un producto es constante, uniforme y conocida
- El costo por unidad es constante
- El costo de almacenar por unidad por año (C) es constante
- El costo de ordenar por pedido (S) es constante
- El tiempo entre colocar un pedido y la entrega de los productos es constante

- No hay faltantes de materiales ni pedidos pendientes por surtir

De acuerdo con Sidiq Saputra *et al.* (2021), el uso del método EOQ para el control del inventario puede minimizar la ocurrencia de falta de inventario para que el proceso de producción puede funcionar sin problemas, colaborando también a la eficiencia del inventario de materia prima.

2.8.4 POLÍTICA DE PEDIDOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS

De acuerdo con Parra Rodriguez (2019) y León Paladines *et al.* (2020), esta política representa el control de existencias entre lo máximo autorizado y lo mínimo indispensable, facultando así alcanzar un nivel de inventario adecuado para las operaciones de las empresas.

Esta política rige que el nivel de inventario con el que se disponga se encuentre dentro de parámetros previamente definidos. De acuerdo con Chamorro Corea *et al.* (2018), se conoce como el sistema de mayor eficiencia gracias a que es una composición de los modelos de revisión continua y revisión periódica, compartiendo así, las ventajas de ambos sistemas. Los inventarios se monitorean cada R periodos, sin embargo, se genera una orden para reponer inventario si este se encuentra por debajo del nivel o parámetro mínimo.

2.8.5 TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC)

La teoría de restricciones o TOC por sus siglas en inglés, reconoce las metas de una empresa, principalmente la de maximizar los beneficios, y desarrolla su filosofía en torno a ello. Es un método enfocado en identificar el cuello de botella o el vínculo más vulnerable de la cadena y fortalecerlo; se puede describir como una herramienta que permite desplegar estrategias que colaboren con el éxito de las organizaciones,

cuyo objetivo es facultar un mejor aprovechamiento de los recursos, colaborar con la planeación de inversiones centradas donde puedan ser mejor aprovechadas (Techt, 2016).

Desde el punto de vista de Marín López (2022), a través de la historia, las empresas se han esforzado por encontrar el equilibrio de la demanda del mercado con su capacidad. La teoría de las restricciones (TOC) pretende balancear el flujo de materiales por medio de la organización; si bien, no es posible suprimir ciertas variabilidades, el balance del flujo de materiales faculta a las organizaciones minimizar inventarios, mientras se cumplen con los tiempos de entrega.

De acuerdo con Lee y Rim (2019), la teoría de restricciones colabora con la gestión de operaciones de una empresa; rige que el inventario de artículos en los que los clientes están dispuestos a esperar por sus pedidos dentro de un periodo de tiempo debe ser almacenado de forma estratégica y aplicar la metodología *Make-to-availability* (MTA), que se refiere a producir para asegurar la disponibilidad de cierto artículo para productos que deben garantizarse continuamente. MTA asegura la completa disponibilidad de un determinado producto terminado en un determinado almacén, solicitado en un mercado específico.

2.8.6 METODOLOGÍA LEAN

La década de 1980 definió el comienzo de la era de la producción esbelta o lean por su nombre en inglés, cuyo enfoque principal es el de eliminar desperdicios, para abordar el entorno de demanda cambiante y las deficiencias de las estrategias de producción en masa basadas en los sistemas de empuje o *push*; tomando relevancia la producción ajustada basada en los sistemas de jalar o *pull*, siendo cimentados por la demanda del cliente. La producción esbelta o *lean* es una serie de actividades integradas diseñadas para minimizar el movimiento y uso de inventarios de: materia prima, producto en proceso y producto final durante la producción; con un enfoque

de minimizar todas las formas de desperdicio y producir productos de calidad sin necesidad de retrabajos (Langley *et al.*, 2020).

Bajo este ángulo, Orue-Irasuegui *et al.* (2020) establecen que, los sistemas tradicionales de planeación y control de la producción, así como el MRP (software que planifica los requerimientos de material), JIT y TOC, carecen de la funcionalidad para responder a nuevos escenarios. El enfoque *push* tradicional del MRP tiene diversas deficiencias en entornos con demandas cambiantes o impredecibles. Las herramientas basadas en la filosofía *pull*, como JIT y TOC, también tienen deficiencias para implementar una estrategia impulsada por la demanda debido a la falta de herramientas de planeación y control de inventario.

2.9 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

Hoy en día, la incertidumbre de la demanda de los clientes, representa un gran desafío para las cadenas de suministro con impactos en las decisiones sobre los niveles de inventario, la programación de la producción y el transporte. De este modo, el pronóstico de la demanda es un sentido esencial para afrontar dicha incertidumbre; por lo tanto, para aumentar la precisión del pronóstico de la demanda, los datos de la cadena de suministro deben analizarse cuidadosamente para mejorar el conocimiento sobre las tendencias del mercado, el comportamiento de los clientes, los proveedores y las tecnologías. Extraer tendencias y patrones de dichos datos y utilizarlos para mejorar la precisión de las predicciones puede ayudar a minimizar los costos de la cadena de suministro (Seyedan y Mafakheri, 2020).

La determinación de la cantidad de inventario es crucial para las empresas debido a que el inventario repercute directamente en las actividades productivas y ganancias de las empresas; si los inventarios son demasiado grandes en comparación con las necesidades de la empresa aumentarán los costos de inventario, en algunos casos, puede verse reducida la calidad del inventario, causar obsolescencia y daños.

Por otro lado, el suministro de materias primas demasiado pequeño en la empresa provocará cuellos de botella en el proceso de producción, generando también pérdidas para las empresas (Haekal y Setiawan, 2020).

Los pronósticos de demanda confiables y precisos proveen visibilidad para que los gerentes de la cadena de suministro respalden la toma de decisiones y establezcan estrategias inteligentes que colaboren al cumplimiento de objetivos de las empresas. De acuerdo con Rožanec *et al.* (2021), un tercio de los pronósticos de demanda producidos por los administradores tienen hasta un 30 % de error, y hasta un 20 % de los pronósticos pueden tener más del 90 % de error; el 40 % de todos los pronósticos resultan en subestimaciones.

Desde el punto de vista de la planeación de la producción y la gestión de inventarios, existen dos enfoques principales: tácticas de *push* y *pull*. Las estrategias de *push* o empuje, generalmente se sugieren para productos con poca incertidumbre en la demanda, ya que el pronóstico proporcionará una buena dirección sobre qué producir y mantener en el inventario. Las estrategias de *pull* o jalar, generalmente se recomiendan para productos con alta incertidumbre en la demanda. Esto ha llevado a los investigadores a proponer estrategias híbridas que combinan ambos conceptos, optimizando las mejores características de cada filosofía (Azzamouri *et al.*, 2021).

Plantea Santamaría Peraza (2012), que el pronóstico de la demanda es el origen del desarrollo de la cadena de suministro y plasma las ventas estimadas a futuro de una empresa; a través del pronóstico de la demanda es posible calcular los costos relacionados a la materia prima y producción. Se considera que el pronóstico de la demanda, es fundamento para planear la suficiencia productiva, por lo tanto, permite determinar la cantidad de materiales e inventarios requeridos. Un cálculo de la demanda minucioso es primordial para llevar a cabo una gestión de la cadena de suministro eficiente, resaltando la relevancia que los pronósticos de demanda desencadenan a nivel empresa, con los proveedores, clientes y entorno general.

Todos los pronósticos y planes de ventas están equivocados. El software que

planifica los requerimientos de material, MRP por sus siglas en inglés, utiliza dicho pronóstico para calcular la demanda y generar ordenes de compra. La volatilidad del mercado y la fluctuación de la demanda de los clientes en el corto plazo provocan una desalineación entre dicha demanda prevista y los pedidos reales de los clientes. Las consecuencias suelen ser altos inventarios de artículos incorrectos, por un lado, y expeditación de materiales, horas extras, costos de flete adicionales e incluso envíos perdidos (Ihme y Stratton, 2015).

De acuerdo con Mendes (2011), existen principios para ejecutar pronóstico de la demanda dentro de una empresa de forma exitosa. Esencialmente se requiere definir qué es lo que se debe pronosticar, para así desarrollar un ambiente enfocado en esta función crítica del negocio; así como, recopilar datos históricos e información clave para realizar el pronóstico de la demanda buscando mejorar la gestión del capital de la empresa y el servicio al cliente; durante el cumplimiento de la tarea de pronosticar la demanda, es importante informar, contribuir e incentivar la participación de todos los entes que conforman la empresa y la cadena de suministro; el identificar y aprovechar los recursos y herramientas disponibles resalta el costo beneficio de contar con los mismos, así como la posibilidad de integrar métodos cuantitativos y cualitativos para mejorar e impulsar procesos efectivos y eficientes; esclarecer la importancia de medir el error de los pronósticos fomentará que los desarrolladores busquen pronósticos más precisos y confiables.

Principios para ejecutar pronósticos
Comprender qué se quiere pronosticar
Analizar datos y pronosticar la demanda
Comunicar, cooperar, colaborar
Hacer uso de las herramientas disponibles sabiamente
Darle relevancia en la operación

TABLA 2.7: Principios para ejecutar pronósticos. (Mendes, P. 2011)

Marín López (2022), establece que es habitual conocer que jamás se cumplirá un pronóstico de forma exacta y que es igual a cero la posibilidad de acertar; recayendo en dos escenarios posibles:

- La demanda real excede el resultado pronosticado, lo que causa pérdidas en ventas o gastos no previstos para acelerar procesos de la empresa y cumplir con los requerimientos no pronosticados.
- La demanda real es menor al resultado pronosticado, lo que causa excedentes de inventario impactando directamente a costos, capital y espacio.

Desde el punto de vista de Mahdi *et al.* (2020), los coeficientes de variación (CoV) se utilizan para medir la volatilidad de la demanda, esto representa las incertidumbres en los datos y se considera como el criterio de variabilidad de la demanda de la cadena de suministro; un valor del coeficiente de variación alto representa una demanda con gran incertidumbres y difícil de pronosticar; siendo así el CoV, una de las características para la selección del modelo de pronóstico apropiado.

2.9.1 MÉTODOS DE PRONÓSTICO

A lo largo de la historia, se han diseñado y estudiado métodos de pronóstico con el objetivo de calcular el valor futuro de un factor, facilitando así, la toma de decisiones. Los métodos de pronósticos se pueden clasificar en cualitativos y cuantitativos; los cualitativos se basan en la opinión de expertos y generalmente se aplican a falta de datos históricos y los métodos cuantitativos utilizan procedimientos estadísticos y matemáticos en su ejecución.

Citando a Marín López (2022), a partir del siglo XIX, diversos modelos de pronósticos se han popularizado y aplicado dentro de las organizaciones. Entre los pronósticos de la demanda más empleados son: suavizamiento exponencial doble,

método promedio simple, método de índices de estacionalidad, suavizamiento exponencial simple, método de regresión lineal, método de promedios ponderados móviles, método promedio móvil simple. De acuerdo con Anderson (2021), podemos resumir las principales metodologías de pronósticos cuantitativos en la tabla 2.8.

Por su parte, Gallegos Torres (2019) resalta tres modelos de pronóstico, expuestos a continuación.

- Promedio móvil: representa el promedio a lo largo del periodo definido e indica gráficamente una línea en movimiento en tanto que el valor promedio cambia. Es factible que este promedio se vea condicionado por puntos de referencia previos o datos de entrada nuevos. Si dentro de los datos existe una variación constante, el aplicar el promedio móvil durante ese periodo descartará dicha fluctuación; siendo esta una peculiaridad del promedio móvil simple.
- Suavización exponencial: se considera un método altamente conciso para pronósticos a corto plazo. Se explica como un método que calcula que la demanda resultará equivalente a la media histórica de un lapso de tiempo, otorgando una ponderación superior a los valores más próximos en el lapso de tiempo. Aunado a ello, contempla el error de pronóstico presente en los próximos pronósticos.
- Suavización exponencial doble. Modelo de Holt-Winters: este modelo integra un grupo de métodos que componen la médula del conjunto de series de tiempo de suavización exponencial. El método se adapta de forma sencilla a tendencias, estacionalidades y variaciones. Las empresas generalmente aplican este modelo para realizar el pronóstico de demanda a un futuro cercano siempre que la información de venta refleje estacionalidad y tendencia de forma latente.

Método de pronóstico	Descripción	Entrada
Método ingenuo	Utiliza el punto de datos anterior de la secuencia como pronóstico.	Serie de datos
Regresión lineal	Basado en la regresión de una cierta cantidad de puntos de datos anteriores.	Serie de datos
Promedio móvil simple	Basado en el promedio de una cierta cantidad de puntos de datos anteriores.	Serie de datos
Suavización exponencial simple	Utiliza un promedio ponderado de datos históricos y alfa como constante de suavizado para asignar ponderaciones exponencialmente más pequeñas a los datos anteriores.	Serie de datos, Alfa
Suavización exponencial doble	Utiliza suavización exponencial simple aplicado tanto al nivel como a la tendencia utilizando alfa como constante de suavización y beta como constante de tendencia.	Serie de datos, Alfa, Beta
Método Holt-Winters	Utiliza suavización exponencial simple aplicado al nivel, tendencia y temporalidad usando alfa como constante de suavización y beta como constante de tendencia.	Serie de datos, Alfa, Beta
Regresión de Prais-Winsten	Utiliza un método iterativo de mínimos cuadrados ordinarios para estimar recursivamente la autocorrelación beta y de error ρ en la convergencia.	Serie de datos, Rho, Beta 0, 1, 2

TABLA 2.8: Métodos de pronóstico. (Anderson, C., 2021)

2.10 ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA

Después de profundizar en la investigación de conceptos, ha sido primordial consultar y comprender diversos trabajos de investigación dentro de la literatura realizados en años recientes acerca del pronóstico de demanda y la gestión y control de inventarios aplicados a las industrias en la actualidad; esto permitió brindar un mejor enfoque y alternativas de solución para el caso de estudio en cuestión.

El artículo de investigación realizado por Rožanec *et al.* (2021), fue aplicado en una empresa automotriz; los autores explican que tomaron en cuenta 21 modelos de pronóstico para calcular los requerimientos de componentes de motores a nivel mensual, para el análisis utilizaron datos históricos de siete años de antigüedad. La estacionalidad de la demanda se evaluó con correlogramas y observaron que la mayoría de los productos se comportaron de manera similar a lo largo de los años para un mes determinado. Evaluaron el rendimiento de los modelos investigados, considerando el error de escala absoluto medio (MASE) y las métricas R^2 ajustadas (R^2_{adj}); proponen un conjunto de métricos y criterios para una comprensión integral del desempeño de los modelos de pronósticos de la demanda. Los resultados que obtuvieron indicaron que agrupar productos de acuerdo con los patrones de demanda o magnitud de la demanda pasada mejora el rendimiento de los modelos ML. Pudieron observar que el mejor desempeño MASE se obtuvo en modelos creados para un grupo de productos con el mismo tipo de demanda. Además, al entrenar modelos globales basados en la mediana de la demanda pasada, los modelos generalmente lograron un mejor R^2_{adj} y un mejor límite en errores de pronóstico altos; no obstante, dichos valores no siempre fueron estadísticamente significativos.

Haekal y Setiawan (2020), realizaron un trabajo de investigación basado en una compañía que forma parte de la industria automotriz en la que se fabrican componentes para autos. Durante la recopilación de información, identificaron materia prima crítica para el proceso de ensamble, de la cual, la compañía cuenta con exce-

so de inventario, sobrepasando el inventario de seguridad establecido. El producto basado en el caso de estudio tiene un tiempo de vida corto y debe ser almacenado a temperatura controlada, dicha restricción incrementa el costo de almacenamiento para la empresa; el proveedor de este material surte el producto una vez a la semana en un día predeterminado por la compañía. Los métodos que se evaluaron con el objetivo de reducir los costos de inventario de la empresa y ayudar a determinar las cantidades óptimas a ordenar fueron EOQ y JIT. Posterior a la experimentación y obtenidos los resultados, pudieron observar que el método EOQ sugería una cantidad óptima a ordenar menor con una alta frecuencia de pedido, equivalente a un costo de inventario total mayor al sugerido por el método JIT, el cual recomendaba una cantidad a ordenar mayor en una frecuencia menor, representando un costo de inventario total menor en comparación al resultado del método EOQ; es así que pudieron concluir que tanto los resultados del método EOQ como JIT proporcionaron mejores resultados a la situación actual de la empresa.

El artículo científico publicado por Sidiq Saputra *et al.* (2021), se basa en una empresa de impresión digital en la cual se identifica que para el control de inventarios la empresa realiza cálculos de forma manual, lo que arroja información imprecisa causando falta de materiales e interrupciones en el proceso de producción; se reconoce que la empresa no tiene inventario de seguridad y reabastece su materia prima cuando observa que está por agotarse. Para el desarrollo de la investigación, seleccionaron un artículo de materia prima crucial para la producción y aplicaron el método EOQ para calcular la cantidad óptima a ordenar del artículo seleccionado, la frecuencia de compra apropiada, el nivel de inventario de seguridad conveniente y punto de reorden indicado. Al finalizar el estudio, pudieron determinar que el método EOQ permitiría a la empresa reducir los costos de inventario en comparación con las políticas de inventario actual al mismo tiempo que mitigan el riesgo de faltantes de materiales.

Asimismo, se consultó la investigación realizada por Mira Segura *et al.* (2018), enfocada en una empresa de cosméticos con más de 36 mil productos, entre los des-

afíos que reportan se encuentran el control de inventarios y el cumplimiento a los requerimientos de los clientes. Para esta investigación, inicialmente analizaron el historial de ventas de los productos por mes durante un año y posteriormente realizaron la clasificación ABC para catalogar dichos productos e identificar los más relevantes para la empresa. Una vez identificados los productos a examinar, aplicaron el modelo Holt-Winters mencionando el beneficio que brinda de facilitar el análisis de tendencia futura y la estipulación de un inventario de seguridad. Con este estudio pudieron concluir que los productos relevantes seleccionados para el estudio presentaron demanda con una aleatoriedad menor habilitando un resultado más exacto, recomendando aplicar este modelo específicamente en productos que muestren demanda estacional. Con la realización este trabajo de investigación, se presentan los beneficios de contar con un modelo de control de inventarios, de identificar niveles de inventarios de seguridad y pronosticar demanda de los artículos de mayor beneficio para ellos.

En este mismo sentido, el caso de estudio de Heredia Armijos (2021), se basa en una empresa designada a la venta de refacciones automotrices que presenta diversas complicaciones dentro del almacén por un control de inventario ineficiente causando demoras en pedidos. Para iniciar realizó una clasificación ABC de los artículos almacenados, continuando con realizar el pronóstico de la demanda de los artículos clasificación A y B, para finalizar diseñando una política de inventario adecuada para la empresa. Se identifica que los artículos del estudio presentan una demanda probabilística, aplicando los datos y con apoyo del software RStudio ejecutaron diversos modelos de pronóstico tales como el Holtwinters Aditivo, Multiplicativo, ARIMA; identificando que el modelo ARIMA fue el mejor evaluado. Concluye su proyecto aplicando el modelo DDMRP fungiendo como una política de inventario con el propósito de controlar el aprovisionamiento e inventarios a conservar en el almacén para cumplir con la demanda pronosticada.

A este respecto, la tesis de doctorado de Anderson (2021), examina un fabricante de refacciones para automóviles y busca determinar cuánto inventario ordenar

para minimizar los costos totales mientras se mantiene un nivel de servicio al cliente del 95 %; para esto se centra en el pronóstico de la demanda utilizando la actualización dinámica de parámetros del modelo para suavizamiento exponencial (ES), sus variantes doble ES, triple ES; regresión lineal, autocorrelación utilizando la transformación de Prais-Winsten y algunos métodos de series de tiempo más sencillos y de promedio móvil simple (SMA). Los resultados arrojaron que el modelo Prais-Winsten fue el de mayor precisión pero incurrió en costos superiores. Debido a que se estudiaron el total de los productos, no todos presentaban el mismo comportamiento en la demanda, por lo que la recomendación del escritor es clasificar los productos y aplicar modelos específicos para cada tipo de productos.

Con una estrategia similar a las dos investigaciones previas, Reyna Villarreal (2019), basa su ejercicio de investigación en una planta de manufactura especializada en tractocamiones que presenta niveles de inventario excedentes de hasta 6 meses en algunos componentes, un nivel de servicio menor al objetivo de la compañía y altos costos de transportes expeditados para movimientos urgentes relacionados a faltantes de materiales; para ello propone brindar un pronóstico más preciso y establecer una política de inventario a través de recopilar datos, realizar una simulación de pronósticos y elección del más idóneo y aplicar el método EOQ para poder comparar resultados. Para el estudio se seleccionaron 10 artículos de un componente crítico. La solución propuesta muestra que para la mayoría de los artículos estudiados el pronóstico más certero fue el de suavización exponencial, mientras para otro artículo fue el pronóstico de promedio móvil ponderado, siendo el pronóstico promedio móvil simple para el último artículo; finalmente se seleccionó el modelo de pronóstico más apto para la mayoría de los artículos representando un ahorro posible de más de \$250 mil USD, puntualizando así que es trascendental analizar y seleccionar el modelo de pronóstico adecuado que colabore al éxito de la empresa.

También se consultó el trabajo publicado por Chamorro Corea *et al.* (2018), ellos evalúan la política de inventarios mínimos y máximos en una compañía de distribución de fármacos; inician el trabajo de investigación realizando una clasificación

ABC para después seleccionar el artículo muestra para el desarrollo de la investigación, eligiendo así el artículo que registró el mayor número de ventas, posteriormente estudiaron diversos métodos de pronóstico y seleccionaron el que registró un error de precisión de menor, más adelante, implementaron una política de ordenamientos estándar mínimos y máximos contemplando cuatro categorías principales: nivel mínimo, nivel máximo, punto de pedido de emergencia e inventario de seguridad. Como resultado, lograron obtener niveles de servicio superiores al 99 %.

2.11 CONCLUSIÓN

A partir del análisis precedente se pudo observar que hoy en día las empresas enfrentan grandes retos tales como demandas fluctuantes y altas exigencias de los clientes. En términos generales, las publicaciones y estudios son claros en que las empresas, para permanecer competitivas, requieren mantener un buen nivel de servicio y mayormente, gestionar sus recursos de forma sensata buscando siempre incrementar las ganancias y beneficios para la empresa.

En ese marco, podemos resaltar la relevancia de implementar estrategias orientadas a pronosticar la demanda y a las políticas de inventarios, siendo ambos factores clave para definir el éxito de una empresa. Dada la trascendencia y alcance de estos temas, pudimos encontrar en la literatura numerosas investigaciones y casos de estudio que profundizan este contenido y que se tomarán en cuenta para resolver la problemática expuesta en este trabajo de investigación.

Por tanto, se destacan los resultados favorables de hacer una comparación de diversos métodos de pronóstico para poder seleccionar el método con más precisión, así como realizar clasificación ABC para identificar los artículos de mayor impacto y beneficio en las organizaciones, así también el implementar políticas de inventario; para así conjuntamente, brindar a los agentes de las cadenas de suministros, una herramienta que otorga oportuna visibilidad para la toma de decisiones de la empre-

sa, influyendo de forma positiva la disponibilidad de inventario de materia prima, mitigando impactos en líneas de producción y favoreciendo en el nivel de servicio y beneficios de las compañías; por este motivo, se selecciona como la base de la metodología y análisis del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

El presente capítulo tiene el propósito de desarrollar la metodología de investigación propuesta para abordar el problema identificado en la planeación y gestión de requerimientos a proveedor de los componentes de acero que se utilizan como materia prima en la empresa del caso de estudio. La propuesta de esta metodología está basada en la revisión de literatura expuesta en el capítulo dos y busca analizar el desenvolvimiento de diversos pronósticos de la demanda para elegir el más adecuado como posible solución y herramienta para la planeación y compra de materia prima.

La metodología propuesta para la ejecución del presente trabajo de investigación está conformada por cinco etapas mostradas en la figura 3.1, las cuales se desarrollarán dentro de este capítulo.

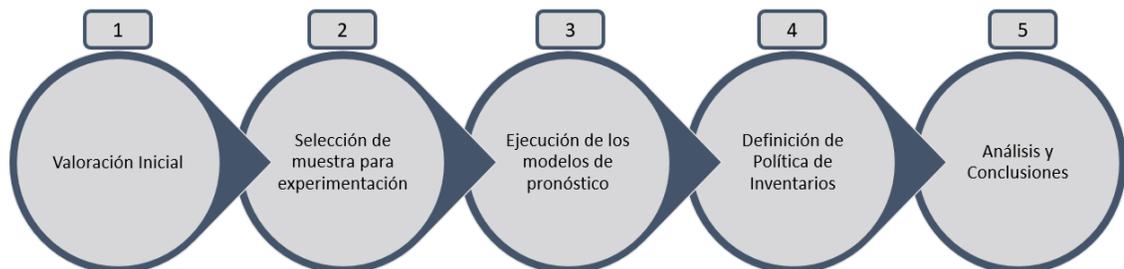


FIGURA 3.1: Metodología propuesta

Fuente: Elaboración propia

3.1 VALORACIÓN INICIAL

El paso inicial de la metodología consiste en recabar información y profundizar en el escenario actual de la empresa del caso de estudio con el objetivo de tener mayor visibilidad y comprensión sobre el control y gestión de materiales a través de un análisis cuantitativo y cualitativo. El observar y analizar los procesos y prácticas que se llevan a cabo dentro de la empresa del caso de estudio, permitirá distinguir las posibles causas o áreas de oportunidad dentro de la operación, con el fin de abordarlos para la implementación del presente trabajo de investigación.

3.1.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo de la valoración inicial es crucial que se recopile información relevante que desencadene el entendimiento y análisis de las actividades que se realizan a través del departamento de planeación de materiales, siendo este departamento el responsable de planear, comprar y controlar la materia prima dentro de la empresa.

Se expone ante el equipo de liderazgo y miembros del departamento la necesidad de consultar reportes, bases de datos y registros históricos que consientan reconocer la existencia de productos con una planeación deficiente, que tengan una variabilidad de la demanda alta, que representen un impacto en el nivel de servicio o en los niveles de inventario y que tengan gran relevancia en la operación de la empresa; se crea una base de datos con la información recabada.

Una vez identificado el grupo de productos que presenta una área de oportunidad en la planeación de requerimientos, es necesario continuar con la recopilación de información específica y detallada de dicho grupo de productos con el propósito de determinar el impacto o relevancia de cada uno de los productos dentro de la operación de la empresa, facultando así, el enfoque a los productos de mayor

trascendencia; los datos relevantes a obtener son:

- Número de parte y descripción del producto
- Costo del producto
- Unidad de medida del producto
- Tiempo de entrega de proveedor
- Frecuencia de reposición
- Cantidad mínima de pedido (MOQ)
- Cantidad de empaque del producto
- Consumo durante el año fiscal a analizar

Es imprescindible indicar que debido a que la experimentación de este trabajo de investigación analizará el comportamiento del producto durante el año fiscal 2023 con la propuesta del pronóstico que se seleccione, la información y análisis se realizará contemplando un periodo anual.

3.2 SELECCIÓN DE MUESTRA PARA EXPERIMENTACIÓN

Una vez compendiada y analizada la información relevante, el siguiente paso consiste en elegir el producto destacado para el desarrollo de la experimentación, para esta decisión se tomará en cuenta paralelamente la retroalimentación del equipo de liderazgo y miembros del equipo de la corporación.

3.2.1 CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO Y SELECCIÓN DE MUESTRA

El grupo de productos seleccionados para esta investigación está compuesto por diecisiete números de parte; siguiendo el Principio de Pareto, que establece que el 20 % de artículos generan un 80 % de los beneficios, se aplicará la clasificación ABC.

Para realizar la clasificación ABC, se consolidará en una hoja de cálculo una tabla dinámica con la información de cada producto: número de parte, demanda anual monetaria, ordenada de mayor a menor valor, y el porcentaje que representa cada número de parte a la demanda total. A continuación, se agregarán dos columnas adicionales hacia la derecha, la primera columna para agregar el porcentaje acumulativo de demanda y la segunda columna para asignar la clasificación correspondiente a cada producto; siendo tipo A, los productos que están en el rango hasta 80 %, tipo B, corresponde al 15 % siguiente y tipo C los productos del 5 % restante.

El proceso que se seguirá para determinar el porcentaje de relevancia que representa cada producto consiste en sumar la demanda total anual de los diecisiete números de parte; una vez obtenido ese resultado, se considerará la demanda total anual de cada uno de los diecisiete números de parte y se dividirá entre la demanda total del grupo, dato previamente obtenido.

$$\% \text{ Relevancia } \$ \text{ por producto} = \frac{\text{Monto } \$ \text{ Demanda anual grupal}}{\text{Monto } \$ \text{ Demanda anual por producto}} \quad (3.1)$$

Ya que se conoce el porcentaje de relevancia que representa cada número de parte, podremos determinar cuáles productos representan la clasificación A, B o C, dato que hasta el momento no conoce la empresa y les ayudará a tomar decisiones sobre estos componentes más adelante; en tanto, la presente experimentación se focalizará en el principal producto dentro de la clasificación A.

3.3 EJECUCIÓN DE LOS MODELOS DE PRONÓSTICO

El desarrollo de esta sección del capítulo abarca la ejecución de los modelos de pronósticos seleccionados para la demanda del año 2019, siguiendo así la pauta marcada por la revisión de literatura previamente realizada, para ello se aplicará el promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial y modelo Holt-Winters con el objetivo de visibilizar la conducta de cada uno de ellos.

- Cálculo Promedio móvil simple: para ello se aplicará la fórmula correspondiente a este modelo.

$$\hat{F}_t = \frac{X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-n}}{n} \quad (3.2)$$

Donde:

- \hat{F}_t : es igual al pronóstico promedio móvil simple para el siguiente lapso de tiempo
 - X_t : representa la demanda real en el periodo t
 - n : representa la cantidad de periodos contemplados
- Cálculo Promedio móvil ponderado: para ello se aplicará la fórmula correspondiente a este modelo.

$$F_t = w_1 X_{t-1} + w_2 X_{t-2} + \dots + w_n X_{t-n} \quad (3.3)$$

Donde:

- F_t : es igual al pronóstico promedio móvil ponderado para el siguiente lapso de tiempo
- w_1 : representa la ponderación correspondiente a la ocurrencia real del periodo $t - 1$

- w_2 : representa la ponderación correspondiente a la ocurrencia real del periodo $t - 2$
 - w_n : representa la ponderación correspondiente a la ocurrencia real del periodo $t - n$
 - X_t : representa la demanda real en el periodo t
 - n : representa la cantidad de periodos contemplados
- Cálculo Suavización exponencial: para ello se aplicará la fórmula correspondiente a este modelo.

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(X_t - F_{t-1}) \quad (3.4)$$

Donde:

- F_t : es igual al pronóstico suavizado exponencial para el siguiente lapso de tiempo
 - F_{t-1} : representa el pronóstico suavizado exponencial correspondiente a la ocurrencia anterior
 - α : representa la constante de suavización o el índice de respuesta deseado
 - X_{t-1} : representa la demanda real para la ocurrencia anterior
- Cálculo Modelo Holt-Winters: para ello se aplicará la fórmula correspondiente a este modelo.

$$FIT_t = F_t + T_t \quad (3.5)$$

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha(X_t - FIT_{t-1}) \quad (3.6)$$

$$T_t = T_{t-1} + \delta(F_t - FIT_{t-1}) \quad (3.7)$$

Donde:

- FIT_t : representa el pronóstico considerando la tendencia durante la ocurrencia t
- F_t : representa el pronóstico suavizado exponencial durante la ocurrencia t
- T_t : representa la tendencia suavizada exponencial durante la ocurrencia t
- FIT_{t-1} : representa el pronóstico considerando la tendencia obtenida durante la ocurrencia anterior
- α : representa el constante de suavización
- X_{t-1} : representa la demanda real para la ocurrencia anterior
- δ : representa el constante de suavización

3.3.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO

Durante esta etapa del trabajo de investigación y por medio del cálculo del error de pronóstico, se determinará cuál modelo de pronóstico es el de mayor confianza para la ejecución y toma de decisiones de la compañía; para ello se evaluarán tres medidas de error: error absoluto de la media (MAD), error cuadrático de la media (MSE) y error absoluto porcentual de la media (MAPE). Para ello se emplearán las siguientes fórmulas:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - F_t|}{n} \quad (3.8)$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n} \quad (3.9)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{|X_t|}}{n} \quad (3.10)$$

Una vez obtenidos los resultados, se elegirá el modelo de pronóstico que presente el menor porcentaje de error con relación a los registros de consumos reales proporcionados por la compañía durante la fase de recopilación de información.

3.4 DEFINICIÓN DE POLÍTICA DE INVENTARIOS

Dentro de esta etapa del trabajo de investigación se determinarán las cantidades máximas y mínimas a mantener en inventario, así como la cantidad de inventario de seguridad, esto con el propósito de definir cifras que den soporte a la operación de la empresa y colaboren para mantener un nivel de servicio competente.

Para definir el inventario de seguridad se aplicará la siguiente fórmula:

$$SS = Z\sigma\sqrt{LT} \quad (3.11)$$

Donde:

- Z = Valor Z de la distribución normal
- σ = Desviación estándar de la demanda
- LT = Tiempos de entrega

Para definir los niveles de inventarios mínimos y máximos, así como la cantidad de pedido, se aplicarán las siguientes fórmulas:

$$\text{Existencia mínima} = Cmn * Tr \quad (3.12)$$

$$\text{Existencia máxima} = (Cmx * Tr) + Emn \quad (3.13)$$

$$\text{Cantidad de Pedido} = Emx - E \quad (3.14)$$

Donde:

- Cp: consumo medio semanal
- Cmx: consumo máximo semanal
- Cmn: consumo mínimo semanal
- CP: cantidad de pedido
- Tr: tiempo de reposición de inventario (semana)
- E: existencia actual
- Emx: existencia máxima
- Emn: existencia mínima

3.5 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Esta última etapa del trabajo de investigación consiste en observar y examinar los resultados obtenidos una vez aplicados los métodos de pronósticos de la demanda; se comparará el comportamiento histórico del producto seleccionado para la experimentación durante el año pasado con los resultados de la simulación realizada; el principal enfoque será analizar el comportamiento del flujo de materiales utilizando ambas estrategias.

El desarrollo de esta fase permitirá concluir si la metodología propuesta en el presente trabajo de investigación, es una alternativa viable para solucionar el problema identificado en la empresa del caso de estudio, así como poder hacer observaciones

y resoluciones de la aplicación de la metodología en este trabajo; el siguiente capítulo muestra detalles de este análisis.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo presenta la empresa del caso de estudio que actúa como el escenario para implementar la metodología propuesta en el capítulo anterior. La empresa se localiza en Nuevo León, México, fue establecida a finales de la década de 1990 y forma parte del sector automotriz del país, dedicándose a la fabricación de vehículos pesados, en la cual se construyen 50 mil unidades en promedio al año.

Además de la planta de manufactura, la compañía es de la misma manera, una entidad financiera; paralelamente cuenta con puntos de venta de refacciones, reflejando así, ser una compañía líder en servicio del sector automotriz. El principal diferenciador de esta empresa es ofrecer a los clientes camiones customizados, permitiéndoles seleccionar dentro del catálogo, las especificaciones y características de las unidades que adquirirán.

4.1 VALORACIÓN INICIAL

Para arrancar con la valoración inicial, se conoce que el proceso de fabricación de camiones que se realiza en la empresa en cuestión consiste en cinco etapas dis-

tintas, empieza con el ensamble de la cabina, continúa con el proceso de pintura, prosigue el ensamble de motor y sus componentes, le sigue el ensamble de chasis y por último las instalaciones, acabados y pruebas en la fase de ensamble final, tal como se ilustra en la figura 4.1.

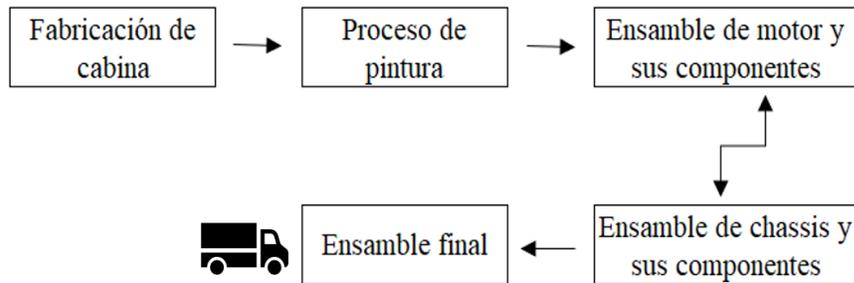


FIGURA 4.1: Proceso productivo en la empresa del caso de estudio

La visión de la compañía está orientada a la mejora continua y adaptación constante de nuevas tecnologías para sobresalir en la industria del transporte, siendo una visión que puede resultar retadora para el manejo y planeación de materiales debido a la constante transición entre números de parte nuevos y obsoletos.

El equipo de compras y planeación de materiales de la empresa cuenta con planeadores-compradores, analistas y jefes del área (uno para cada línea de producción); una de las tareas principales de los analistas consiste en monitorear las fechas de lanzamiento de nuevos números de parte, vigilar los niveles de inventario del universo de números de parte que maneja la compañía y reportarlo a los planeadores, actualizar estatus e informar a los jefes del área si se identifica alguna afectación severa, ya sea por materiales faltantes o excedentes; todo esto se lleva a cabo por medio de reportes y juntas de seguimiento.

4.1.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de datos inició verificando con el equipo de planeación y compras de la organización si identificaban algún material que estuviera generando pro-

blemas o que tuviera una área de oportunidad en el proceso de abastecimiento, distinguiendo que se cuenta con un grupo de productos de acero conformado por diecisiete números de parte, que implica planeación manual de las órdenes por parte del comprador - planeador, incluso dichos componentes de acero registraron afectaciones relevantes a la línea de producción por falta de material durante el año fiscal 2023, estos componentes además de impactar el nivel de servicio del departamento y de la empresa, han generado costos de transportación adicionales por el concepto de embarques expeditados. Los componentes de acero antes mencionados se utilizan para la manufactura de las cabinas y el registro de faltantes genera un cuello de botella en el primer proceso de manufactura de los camiones y repercute en el nivel de servicio, es por ello que se decide basar el trabajo de investigación en este grupo de materiales.

Para esta sección fue fundamental contar con acceso a reportes y base de datos de la empresa, para ello, el equipo gerencial autorizó el uso de datos del año fiscal 2023. Con el propósito de identificar el total de componentes que conforman el grupo de productos de acero; se obtiene la biografía de los números de parte, contemplando costo, MOQ, piezas por empaque, tiempo de entrega de proveedor, total de semanas con consumo en el año, total de piezas consumidas, consumo total en USD, así como los niveles de inventario para cada uno de los números de parte, los cuales se representan en las tablas 4.1 y 4.2.

Tomando en cuenta los datos recopilados, podemos observar el comportamiento de la demanda del grupo de productos de acero en el que centraremos la experimentación, los datos contemplan un periodo a partir del mes de octubre 2022 a septiembre 2023; confirmando la presencia de gran variabilidad en la demanda tal como se ilustra en las gráficas de las figuras 4.2 y 4.3.

Durante esta fase, se conoce que el almacén del proveedor se localiza en el mismo municipio en el que la planta de manufactura en cuestión está ubicada, el equipo de logística tiene programada una recolección en el almacén de proveedor

Artículo	Descripción	Costo	Empaque pzas.	Tiempo de entrega
35XX1X9-4	Placa de acero CM	\$57.85	70	1 semana
35XX1X8-4	Placa de acero HS	\$49.80	70	1 semana
35XX1X6-4	Placa de acero RT	\$41.44	50	1 semana
40XX1X4-1	Placa de acero EL	\$38.93	90	1 semana
35XX1X8-4	Placa de acero AN	\$35.43	50	1 semana
35XX1X7-1	Placa de acero BI	\$38.87	50	1 semana
35XX1X2-3	Anclaje de acero 78	\$17.81	120	Inmediata
35XX1X5-1	Placa de acero DW	\$41.57	50	1 semana
35XX1X6-1	Placa de acero PM	\$33.54	50	1 semana
35XX1X4-1	Anclaje de acero 21	\$13.06	238	Inmediata
35XX1X3-1	Anclaje de acero 94	\$13.06	238	Inmediata
41XX1X5-1	Pivote de acero ST	\$12.82	50	Inmediata
35XX1X6-1	Placa de acero RN	\$88.26	50	1 semana
35XX1X1-1	Placa de acero RTK	\$40.80	50	1 semana
41XX1X3-1	Pivote de acero LNI	\$1.24	240	Inmediata
35XX1X9-3	Placa de acero LN2	\$54.14	50	1 semana
35XX1X0-3	Placa de acero DW1	\$54.14	50	1 semana

TABLA 4.1: Datos recopilados 2023 I (Elaboración propia)

todos los lunes en la ventana de recolección de las 2p.m., lo que asegura que el material sea recibido en la planta el mismo día; asimismo, hay una ruta lechera los miércoles que se puede aprovechar en caso de que sea necesaria una segunda recolección durante la semana, sin embargo, ese segundo embarque implica un cargo «expeditado» a la empresa del caso de estudio. En la mayoría de los números de parte que conforman el grupo de componentes de acero seleccionados, el tiempo de entrega es de 1 semana para darle tiempo a proveedor de asegurar cobertura a pedidos de todos sus clientes y reabastecer su almacén.

Artículo	MOQ	Semanas Uso	Qty Consumo	Inv. Seguridad	Total USD
35XX1X9-4	280	47	60,866	1,400	\$3,520,832.00
35XX1X8-4	280	44	58,120	1,400	\$2,893,207.68
35XX1X6-4	300	41	58,074	1,500	\$2,406,582.81
40XX1X4-1	360	40	57,461	1,080	\$2,237,241.60
35XX1X8-4	300	43	46,509	900	\$1,647,960.00
35XX1X7-1	200	39	41,806	600	\$1,625,184.00
35XX1X2-3	480	38	46,080	960	\$820,684.80
35XX1X5-1	300	34	18,602	600	\$773,202.00
35XX1X6-1	300	45	18,300	600	\$613,782.00
35XX1X4-1	952	43	45,696	952	\$596,789.76
35XX1X3-1	952	42	44,744	952	\$584,356.64
41XX1X5-1	200	41	43,200	1,800	\$195,144.00
35XX1X6-1	150	13	1,950	0	\$172,107.00
35XX1X1-1	400	7	2,801	0	\$114,268.00
41XX1X3-1	960	36	51,625	1,920	\$71,155.20
35XX1X9-3	200	4	809	0	\$43,799.26
35XX1X0-3	200	3	611	0	\$33,079.54

TABLA 4.2: Datos recopilados 2023 II (Elaboración propia)

4.2 SELECCIÓN DE MUESTRA PARA EXPERIMENTACIÓN

Una vez recolectada la información relevante sobre el grupo de componentes de acero bajo los cuales se centra este trabajo de investigación, se pudo determinar que dicho grupo de artículos lo conforman diecisiete números de parte, siendo estos componentes importantes dentro de la primera etapa del proceso productivo de un

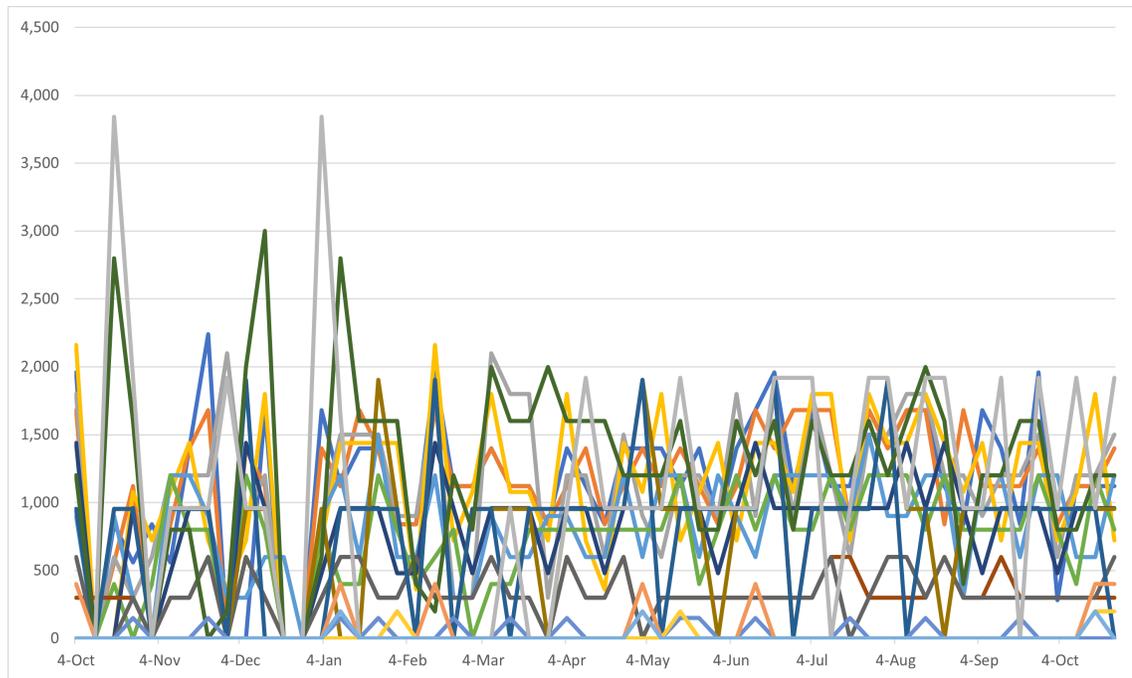


FIGURA 4.2: Comportamiento Demanda Productos. (2023)

tractocamión. Se analizó la relevancia de los diecisiete números de parte para poder seleccionar el producto con mayor impacto en la operación para tomarlo como base de la experimentación.

4.2.1 CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO Y SELECCIÓN DE MUESTRA

Se observó la información recabada de los componentes de acero de planeación manual y se analizaron los datos sobresalientes de los mismos, dichos datos se organizaron dentro de una tabla dinámica ordenándolos de manera ascendente por monto de demanda total anual, siendo el factor que los jefes de área sugirieron como opción para identificar el componente de mayor impacto económico en la empresa del caso de estudio y el de mayor relevancia para basar el trabajo.

El monto de la demanda total en USD del año fiscal 2023 del grupo de componentes de acero antes mencionados equivale a \$18,708,056.30 USD, cifra que se

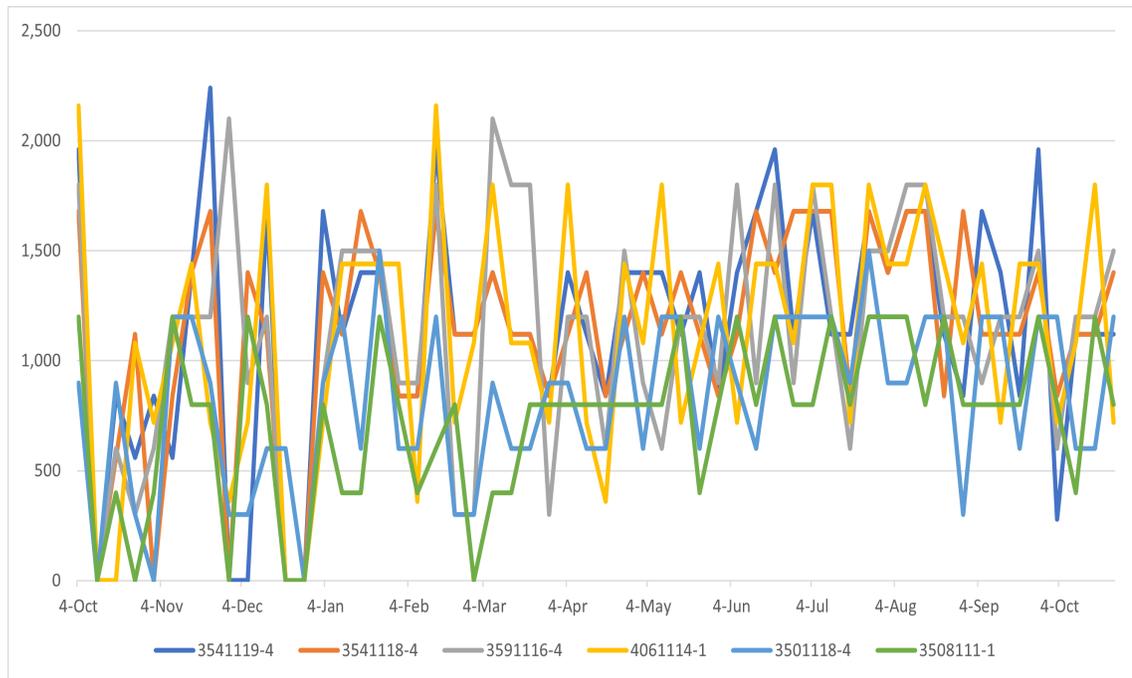


FIGURA 4.3: Comportamiento Demanda Productos A. (2023)

obtuvo sumando el monto de demanda anual de todos los productos, dato principal para la ejecución de la fórmula que refleja el porcentaje de relevancia para cada número de parte de la lista; los resultados obtenidos de la clasificación ABC se muestran en la tabla 4.3.

4.2.2 SELECCIÓN DE MUESTRA FINAL

Después de la clasificación ABC y las observaciones correspondientes, el siguiente paso consiste en la selección del artículo bajo el cual se centrará la experimentación. Es así que, tomando en consideración los resultados de la clasificación ABC previa, se seleccionará el primer artículo de la clasificación A para el desarrollo de la investigación, bajo el conocimiento y coincidiendo en que el mismo artículo estuvo incluido en la lista de materiales con mayor impacto a la línea de producción AB, siendo también el artículo con mayor volumen de demanda monetaria y con mayor periodicidad de consumo.

Artículo	Demanda Total Anual	% Demanda Total	% Acumulativo	Clasificación
35XX1X9-4	\$3,520,832.00	19 %	19 %	A
35XX1X8-4	\$2,893,207.68	15 %	34 %	A
35XX1X6-4	\$2,406,582.81	13 %	47 %	A
40XX1X4-1	\$2,237,241.60	12 %	59 %	A
35XX1X8-4	\$1,647,960.00	8.8 %	67.9 %	A
35XX1X7-1	\$1,625,184.00	8.7 %	76.6 %	A
35XX1X2-3	\$820,684.80	4.4 %	81 %	B
35XX1X5-1	\$773,202.00	4.1 %	85.1 %	B
35XX1X6-1	\$613,782.00	3.3 %	88.4 %	B
35XX1X4-1	\$596,789.76	3.2 %	91.6 %	B
35XX1X3-1	\$584,356.64	3.1 %	94.7 %	B
41XX1X5-1	\$553,824.00	3 %	97.7 %	C
35XX1X6-1	\$172,107.00	0.9 %	98.6 %	C
35XX1X1-1	\$114,268.00	0.6 %	99.2 %	C
41XX1X3-1	\$71,155.20	0.4 %	99.6 %	C
35XX1X9-3	\$43,799.26	0.2 %	99.8 %	C
35XX1X0-3	\$33,079.54	0.18 %	100 %	C

TABLA 4.3: Clasificación ABC

El artículo seleccionado para darle continuidad a la investigación se identifica con el número de parte 35XX1X9-4, el cual representa una placa de acero y es el principal artículo del grupo de componentes de acero que siguen un proceso manual para la planeación y manejo de requerimientos a proveedor. Para este artículo el proveedor definió una cantidad mínima de pedido (MOQ) de 280 piezas, la planta de administración le asignó un inventario de seguridad de 1,400 piezas, se registró un consumo total de 60,866 piezas durante 47 semanas del año fiscal evaluado, equivalente a un total de compra de \$3,520,832.00 USD; la demanda durante el año fiscal

se ilustra en la figura 4.4.

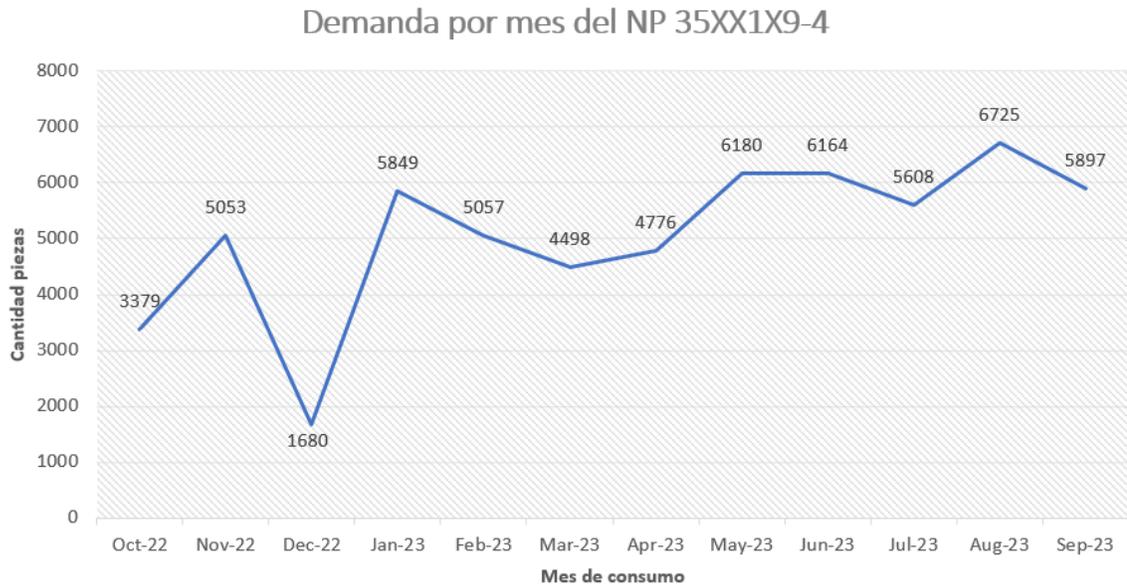


FIGURA 4.4: Comportamiento demanda NP 35XX1X9-4 (2023)

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la investigación refleja que en los reportes semanales de inventario los componentes de acero seleccionados, indicaban una gran variabilidad mostrando cantidades en existencias altas o bajas en repetidas ocasiones; el comportamiento de la demanda por mes y el nivel de inventario al cierre del mes del NP 35XX1X9-4 se ilustran en la figura 4.5, evidenciando que en algunas ocasiones el inventario final es más bajo que el MOQ definido. Los reportes reflejan que este artículo tuvo una demanda de 60,866 piezas durante el año 2023 y se impactaron 963 unidades por faltantes a lo largo del mismo periodo, representando un nivel de servicio de 98.418 %, siendo 99.5 % el objetivo del departamento. En el curso de esta fase se observa que generalmente el planeador reabastece material cuando está por terminarse su inventario; se conoce que las existencias en inventario del número de parte base de este caso de estudio eran 1,225 pzas. al inicio del año fiscal 2023.

Durante la entrevista con el equipo cuestionando información sobre el proveedor, se hace mención que el proveedor ha solicitado apoyo para que los pronósticos de compra que el planeador le hace llegar sean lo más precisos posibles ya que existe

una discrepancia considerable entre las sumas pronosticadas y los requerimientos reales, sugiriendo que eso puede reducir el número de embarques expeditados que no tienen contemplados en su programa de entregas pero hacen ajustes en las ventanas de recolección para dar soporte a la operación de su cliente, es decir, la planta de manufactura; la figura 4.6, ilustra el cargo por embarques expeditados durante el año fiscal 2023, totalizando un monto de \$56,400.00 USD.

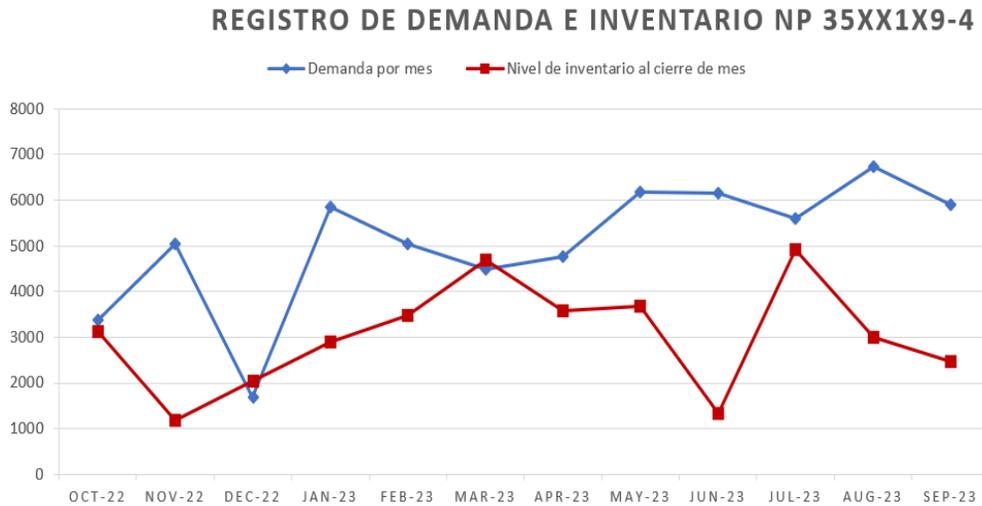


FIGURA 4.5: Demanda e inventario por mes NP 35XX1X9-4 (2023)



FIGURA 4.6: Cargos por Embarques Expeditados 2023 (Proveedor acero)

4.3 EJECUCIÓN DE LOS MODELOS DE PRONÓSTICO

Para el desarrollo de esta etapa de experimentación se utilizó el programa R Studio, en el cual se *corrieron* las fórmulas correspondientes para ejecutar el promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial y modelo Holt-Winters; reiterando que estos modelos de pronóstico fueron seleccionados de acuerdo con la revisión del marco teórico.

4.3.1 EJECUCIÓN DEL PROMEDIO MÓVIL SIMPLE

El resultado obtenido del promedio móvil simple de la serie temporal de demanda con una ventana de tamaño 3 ($n=3$):

- Cada valor subsiguiente es el promedio de los 3 valores de demanda consecutivos en la serie temporal, es decir, el tercer valor en la serie (938.0000) es el promedio de los primeros tres valores de demanda (1965, 0, 849). A medida que avanzas en la serie, cada valor de promedio móvil simple es calculado tomando tres valores consecutivos de la serie de demanda y promediándolos.
- El resultado de este promedio, faculta la visibilidad del cambio de la demanda a lo largo del tiempo de manera más suave. Al promediar los datos de demanda, se reduce el *ruido* en los datos y son más evidentes las tendencias generales.

Se ilustra en la figura 4.7, una gráfica donde la demanda original es representada por la línea azul, en tanto que, la línea roja representa el promedio móvil simple; de esta manera, es posible observar la tendencia general suavizada a lo largo del tiempo gracias al promedio móvil simple.

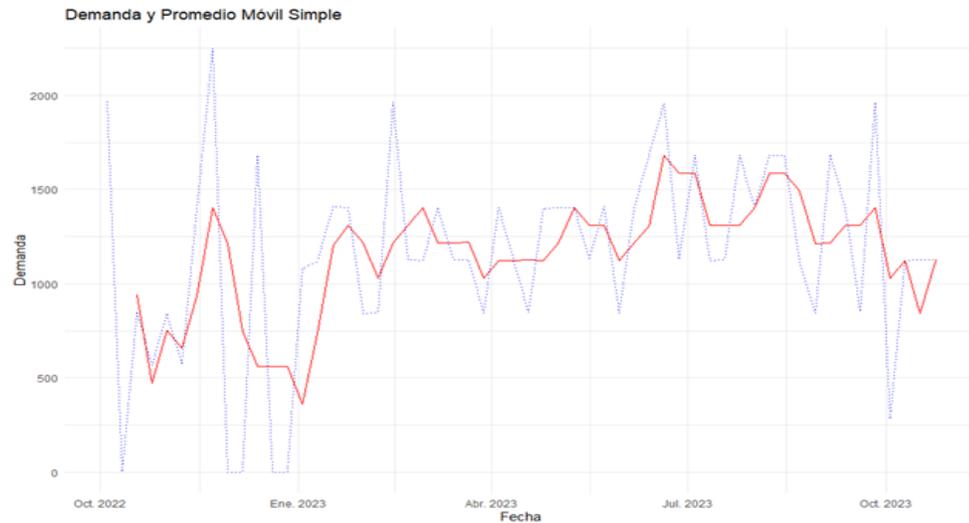


FIGURA 4.7: Demanda y Promedio Móvil Simple NP 35XX1X9-4 (2023)

4.3.2 EJECUCIÓN DEL PROMEDIO MÓVIL PONDERADO

Este promedio fue calculado con una ventana de tamaño 3 y los pesos 0.5, 0.3, y 0.2 brindan un suavizado de los datos originales al dar más peso a los valores más recientes dentro de cada ventana de tamaño 3:

- Los valores del promedio móvil ponderado suavizan la serie temporal original de la demanda. Los valores calculados son un promedio ponderado de los tres datos más recientes, lo que significa que los datos más recientes tienen un impacto mayor en el promedio en comparación a los más antiguos. Esto suaviza las fluctuaciones y ayuda a identificar tendencias generales.
- La aplicación de pesos que den una importancia mayor a los valores más recientes habilita que el promedio móvil ponderado responda de forma más ágil a los cambios recientes en la demanda; lo que colabora a identificar tendencias emergentes en la serie temporal.
- Este tipo de promedio faculta el observar tendencias en la demanda a lo largo del tiempo, reduciendo el impacto de las fluctuaciones aleatorias; siendo esto

útil para tomar decisiones informadas sobre la base de patrones subyacentes en la demanda.

Se ilustra en la figura 4.8, una gráfica donde la demanda original es representada por la línea azul, en tanto que, la línea roja representa el promedio móvil ponderado; de esta manera, es posible observar la tendencia general suavizada a lo largo del tiempo gracias al promedio móvil ponderado.

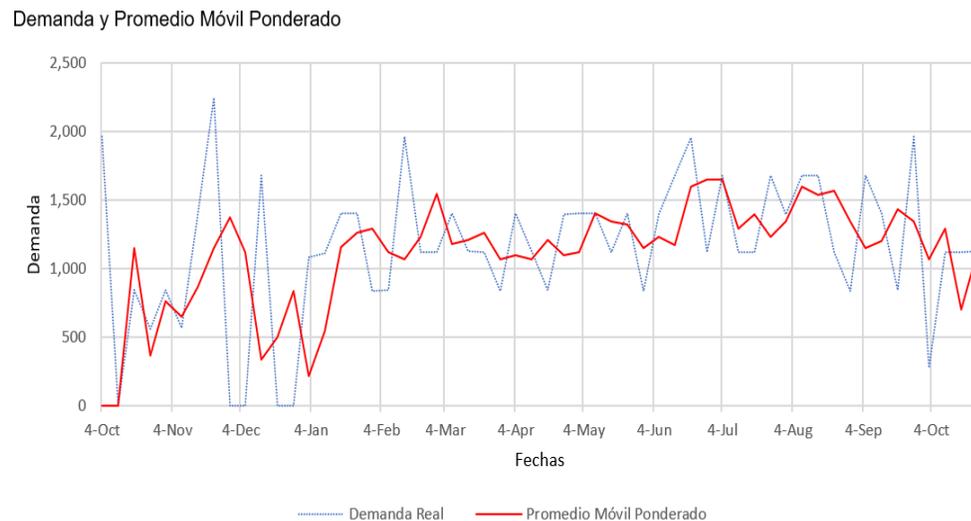


FIGURA 4.8: Demanda y Promedio Móvil Ponderado NP 35XX1X9-4 (2023)

4.3.3 EJECUCIÓN DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE

Este pronóstico fue calculado aplicando los siguientes parámetros de suavización:

- alpha: Parámetro de suavización que indica el grado de suavización aplicada a los datos; en esta instancia, alpha es aproximadamente 0.2423754, lo que significa que el modelo da más peso a los valores suavizados anteriores ($1 - \alpha = 0.7576246$) y menos peso a los datos más recientes (alpha).

- La configuración *FALSE*, valida que no se ejecute el modelo de suavización exponencial doble o suavización triple.
- El coeficiente «**a**» es el valor inicial suavizado estimado por el modelo; en esta instancia, se le atribuye un valor aproximado de 1135.902, lo que señala que la suavización inicia con un valor base estimado cercano a 1136 para la demanda.

La serie temporal suavizada permite observar una tendencia general en los datos, eliminando el ruido y las fluctuaciones aleatorias.

4.3.4 EJECUCIÓN DEL MODELO HOLT-WINTERS

Este pronóstico fue calculado aplicando los siguientes parámetros de suavización y coeficientes:

Parámetros de suavización:

- alpha (Nivel): Este es el parámetro de suavización para el nivel de la serie. En este caso, $\alpha = 0.0115$, lo que indica que el modelo otorga un peso relativamente bajo a las observaciones más recientes al ajustar el nivel de la serie.
- beta (Tendencia): Este es el parámetro de suavización para la tendencia de la serie. En este caso, $\beta = 1$, lo que indica que la tendencia se actualiza con cada observación nueva en su totalidad.
- gamma (Estacionalidad): Este es el parámetro de suavización para el componente estacional de la serie. En este caso, $\gamma = 0.8319$, lo que indica que el componente estacional tiene un peso considerable en el ajuste del modelo.

Coefficientes:

- a (Nivel inicial): Representa el nivel inicial estimado de la serie temporal. En este caso, $a = 1528.08$, lo que sugiere que el nivel inicial de la serie es bastante alto.
- b (Tendencia inicial): Representa la tendencia inicial estimada de la serie temporal. En este caso, $b = -24.69$, lo que sugiere una tendencia descendente inicial en la serie.
- s1 a s12 (Componentes estacionales): Representan los valores iniciales estimados para los componentes estacionales de cada periodo en el ciclo estacional (en este caso, 12 periodos). Los valores positivos y negativos indican fluctuaciones en los datos que se repiten cíclicamente en cada periodo estacional.

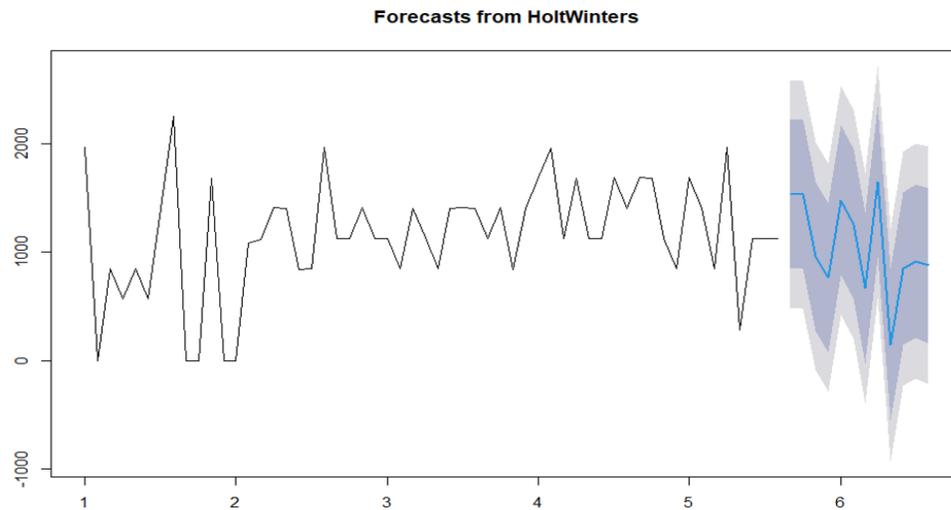


FIGURA 4.9: Gráfica Promedio Holt-Winters NP 35XX1X9-4

4.3.5 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO

En la tabla 4.4, se agruparon los resultados obtenidos posterior a la ejecución de las técnicas de promedio seleccionados para desarrollar en este trabajo de investigación, enlistando los resultados del promedio móvil simple (PMS), promedio móvil ponderado (PMP), suavización exponencial (SE) y Holt-Winters. En la figura

Mes	Demanda Real	PMS	PMP	SE	Holt Winters
Oct-22	3379	1409.3	1520	4458.7	2577.3
Nov-22	5053	4964.2	4807	4732	2578.7
Dic-22	1680	2428.3	2802.5	3349.3	2011.3
Ene-23	5849	4820.9	4475.2	3390.5	1815.8
Feb-23	5057	4961.2	4969.9	4347.6	2527.8
Mar-23	4498	4685.2	4722.8	4782.4	2309.3
Abr-23	4776	4497.8	4470.4	4524	1725.9
May-23	6180	6364.8	6345.7	6152	2705.7
Jun-23	6164	5790.1	5660.5	5214.4	1213.3
Jul-23	5608	5514.4	5579.4	5569.2	1918.6
Ago-23	6725	7286.9	7400	7236.7	1997.6
Sept-23	5897	5240.4	5136.5	5307.1	1969.3

TABLA 4.4: Consolidado Resultados de Pronósticos

4.10, también se ilustra una gráfica con el comportamiento de la demanda real y los pronósticos de la demanda obtenidos.

Para sustentar la selección del pronóstico de mayor confianza, se evaluarán tres medidas de error: error absoluto de la media (MAD), error cuadrático de la media (MSE) y error absoluto porcentual de la media (MAPE) para validar los pronósticos obtenidos en la fase previa.

La tabla 4.5 muestra los resultados obtenidos para cada promedio evaluado, reflejando que el promedio móvil simple representa un pronóstico más confiable en comparación de los tres modelos evaluados de forma paralela.

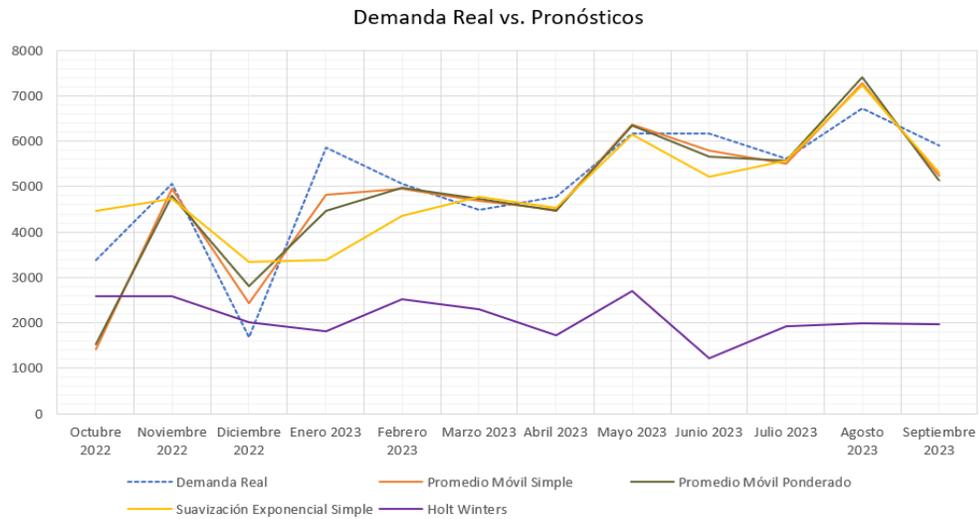


FIGURA 4.10: Gráfica Demanda real y Resultados de los Promedios Aplicados

Promedio	Sesgo	MAD	MSE	MAPE
Promedio Móvil Simple	241.875	522.241	546310.927	13.688
Promedio Móvil Ponderado	248.008	612.675	677584.537	16.466
Suavización Exponencial Simple	150.175	741.025	1021755.170	19.957
Holt Winters	2959.616	3014.833	10966559.753	55.260

TABLA 4.5: Resultado de Errores de Pronóstico

4.4 DEFINICIÓN DE POLÍTICA DE INVENTARIOS

Parte de los datos recabados durante la fase de recopilación de información se centró en referencias e informes relacionados al proveedor de componentes de acero, así como, los acuerdos establecidos entre la empresa y proveedor, la forma de trabajo actual, los recursos logísticos con los que se cuenta y la existencia de alguna restricción; es por ello que se conoce que:

- el tiempo de entrega de proveedor es de 1 semana
- para no generar cargos extraordinarios definidos como «expeditados», se cuenta

solo con 1 recolección por semana establecida los días lunes

- el tiempo de tránsito para recibir el material una vez recolectado oscila entre 1 y 2 horas por la cercanía del almacén de proveedor y la planta de manufactura
- el nivel de servicio general de la empresa es de 96 %; no obstante, el nivel de servicio definido para el departamento de planeación de materiales es de 99.5 %.

Para iniciar esta fase se definió el inventario de seguridad con el propósito de validar si el que tienen asignado actualmente cumple con asegurar existencias en almacén para garantizar el cumplimiento de la demanda y así, cumplir o superar el nivel de servicio establecido por el área y evitar cargos adicionales por agregar una recolección adicional o expeditar material.

De acuerdo con la tabla de la distribución normal, el 98 % del nivel de servicio que se desea obtener se encuentra en las coordenadas que suman 2.06, así mismo, la fórmula « =NORM.S.INV(98 %) » en Excel arroja 2.0537, por lo tanto, el valor de Z es igual a 2.0537.

Debido a la gran variabilidad de la demanda observada durante el año fiscal 2023, se optó por dividir el registro de la demanda proporcionada por la planta en trimestres para realizar el cálculo del inventario de seguridad y así obtener un resultado más acertado para cada periodo, los datos obtenidos se reflejan en la tabla 4.6.

Se procedió a calcular las cantidades de inventario mínimas y máximas a mantener por trimestre, aunque no se observan diferencias sustanciales entre cada bloque, se consolidan los resultados en la tabla 4.7.

Trimestre	Oct a Dic	Ene a Mar	Abr a Jun	Jul a Sept
Media	778	1185	1317	1402
Desviación Estándar	810.503	306.670	309.395	360.517
Inventario de Seguridad	1665	630	635	740
Punto de Reorden	2442	1815	1952	2143

TABLA 4.6: Resultados Inventario de seguridad y Punto de Reorden

Trimestre	Oct a Dic	Ene a Mar	Abr a Jun	Jul a Sept
Existencia mínima	565	841	840	842
Existencia máxima	2810	2803	2799	2804
Cantidad de Pedido	1585	1578	1574	1579

TABLA 4.7: Resultados Niveles Mínimos y Máximos

4.5 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

A través del desarrollo de este trabajo de investigación fue posible conocer que la empresa del caso de estudio presenta problemas con la gestión de pedidos e inventarios de una categoría de productos de acero que registró faltantes y costos por transportación para expeditar entregas, evidenciando una área de oportunidad en el proceso manual que llevan de planeación y gestión de pedidos.

La recopilación de datos nos permitió confirmar que la demanda que presentan los componentes de acero que se planean de forma manual es estocástica, lo que puede representar un grado de complejidad para los cálculos manuales que se realizan para definir las cantidades de compra, siendo un factor que a su vez puede explicar el por qué durante el año registrado se presentaron impactos a la línea de producción y cargos por embarques expeditados.

Fue posible determinar que el modelo de pronóstico con mayor fiabilidad para el número de parte estudiado es el pronóstico móvil simple, por tanto, el cálculo de las políticas de inventario estimadas se analizaron contemplando la demanda real y las pronosticadas por la técnica PMS; en las figuras 4.11, 4.12 y 4.13, se puede observar que la cantidad establecida para el inventario mínimo más el nivel definido para el inventario de seguridad se ajustan a los requerimientos de la demanda pronosticada por el modelo móvil simple, garantizando cobertura a la línea de producción y un óptimo nivel de servicio, a excepción de eventualidades en junio, julio y agosto; si se compara con la demanda real, se presentan faltantes principalmente en el mes de febrero y junio; mientras que la alternativa sugerida para el inventario máximo más el inventario de seguridad cubren la demanda real y la demanda pronosticada, sin embargo, esta alternativa podría representar la adquisición de inventario excedente, en tanto, si se mantiene en existencias únicamente las cantidades establecidas como nivel máximo de inventario, se cubren sin excepción todos los requerimientos de la demanda real y la demanda pronosticada, asegurando material disponible en la línea de producción y un nivel de servicio del 100 %.

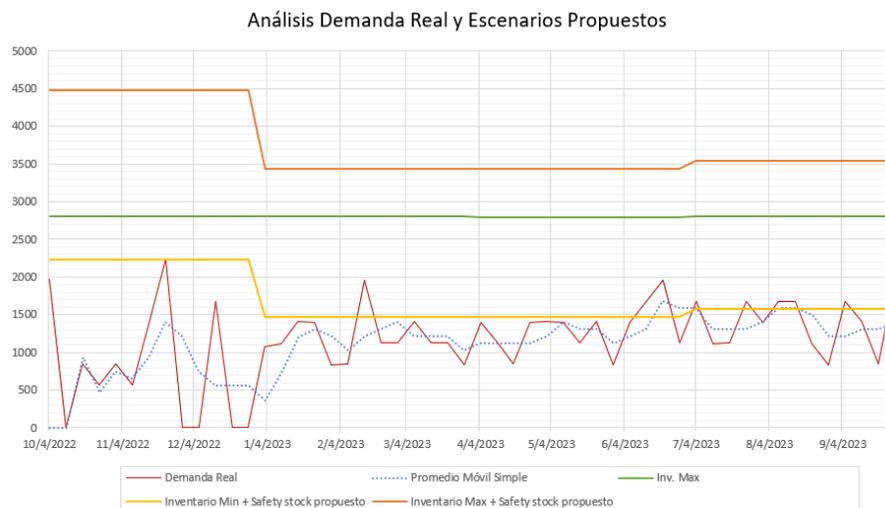


FIGURA 4.11: Análisis demanda real y escenarios propuestos

Se comprende que durante el año fiscal hubieron 963 unidades impactadas por falta del número de parte estudiado, es así que contemplando la demanda obtenida

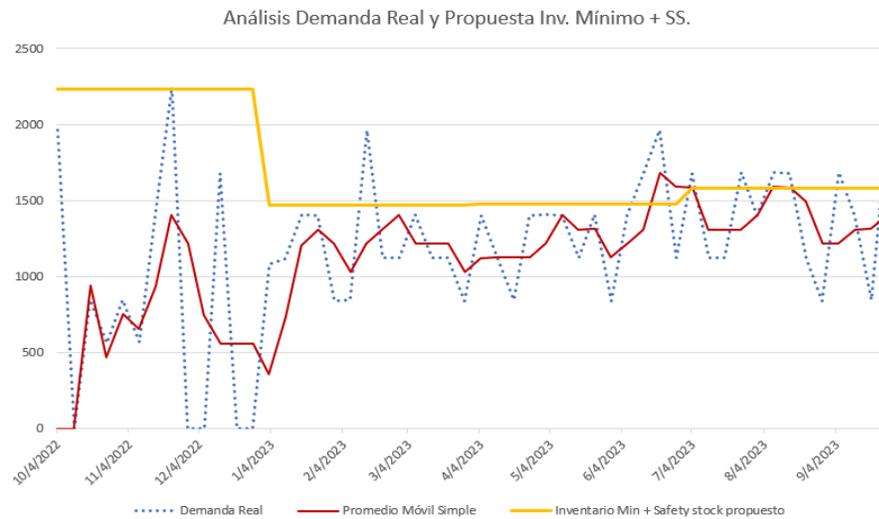


FIGURA 4.12: Análisis Demanda real y Propuesta Inv. Mínimo + SS

como resultado del pronóstico promedio móvil simple previamente seleccionado y aplicando los niveles de inventario mínimo en conjunto con el inventario de seguridad, inventario máximo en conjunto con el inventario de seguridad, así como, inventario máximo por si solo, se alcanzan mejores resultados. La tabla 4.8 expone que con la alternativa de mantener el nivel mínimo de inventario en conjunto con el inventario de seguridad, se registran 336 piezas faltantes, con ello, se impactarían 336 unidades, 627 unidades menos que el registro acontecido durante el 2023 en la planta del caso de estudio, en tanto que, la alternativa de utilizar las cantidades definidas como inventario máximo, con o sin inventario de seguridad, representan cero impactos a la línea de producción, ilustrado así en la figura 4.14.

El nivel de servicio es un factor sustancial para el departamento de planeación de materiales, el cual le asignó a este rubro el objetivo de alcanzar un mínimo de 99.5%, aun cuando con la propuesta de manejar la cantidad del nivel mínimo de inventario hay una mejora significativa en la cantidad de unidades sin impacto, no es suficiente para alcanzar el 99.5% establecido como objetivo, quedando 0.08% por debajo con 99.420%, resaltando que si se considera el nivel de inventario máximo, se puede alcanzar el 100% de nivel de servicio, superando el métrico establecido por el área y evitando cargos adicionales por expeditar material, recordando que durante

Faltantes	PMS. Inv Min + SS	PMS. Inv Max + SS.	PMS. Inv Max
Octubre 2022	Cubierto	Cubierto	Cubierto
Noviembre 2022	Cubierto	Cubierto	Cubierto
Diciembre 2022	Cubierto	Cubierto	Cubierto
Enero 2023	Cubierto	Cubierto	Cubierto
Febrero 2023	Cubierto	Cubierto	Cubierto
Marzo 2023	Cubierto	Cubierto	Cubierto
Abril 2023	Cubierto	Cubierto	Cubierto
Mayo 2023	Cubierto	Cubierto	Cubierto
Junio 2023	-318 pzas.	Cubierto	Cubierto
Julio 2023	-6 pzas.	Cubierto	Cubierto
Agosto 2023	-12 pzas.	Cubierto	Cubierto
Septiembre 2023	Cubierto	Cubierto	Cubierto
Total	336 pzas. faltantes	0 faltantes	0 faltantes

TABLA 4.8: Análisis de Faltantes en Escenarios Propuestos



FIGURA 4.13: Análisis Demanda real y Propuesta Inv. Máximo

el año fiscal 2023 se generaron cargos por \$56,400 USD por este concepto.

Escenario	Demanda Real 2023	PMS - Inv Min + SS	PMS - Inv Max + SS
Nivel de servicio	98.418 %	99.420 %	100 %

TABLA 4.9: Nivel de servicio Demanda Real y Escenarios Propuestos

Podemos concluir que el presente trabajo de investigación formalizó el objetivo propuesto al inicio del desarrollo de la exploración y confirma la hipótesis establecida previamente, definiendo con ello que para que la planta de manufactura del caso de estudio puede alcanzar un 100% de nivel de servicio necesita establecer políticas de compra alineadas a la operación de la misma; por lo tanto, si se conservan en existencia los niveles máximos de inventario obtenidos en la experimentación y se monitoriza la cobertura y los pedidos a proveedor de forma semanal, se podrán satisfacer los requerimientos de la línea de producción en tanto se cumple con el métrico del nivel de servicio.

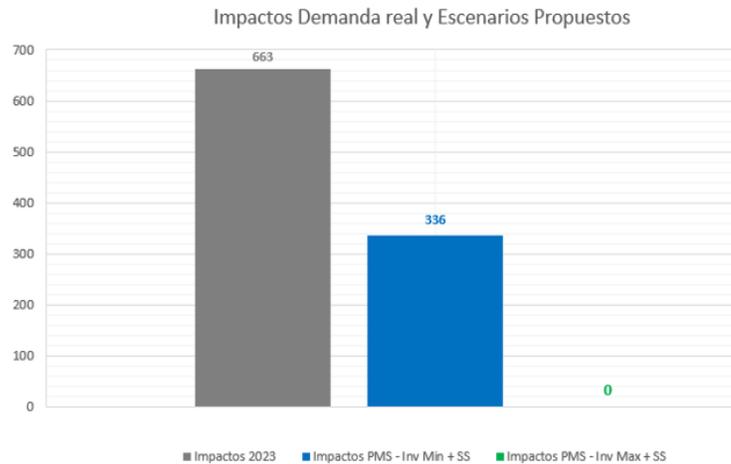


FIGURA 4.14: Impactos Demanda Real y Escenarios Propuestos

4.5.1 TRABAJO A FUTURO Y RECOMENDACIONES

Para la experimentación de esta tesis, sólo se seleccionó el primer artículo clase A del grupo de productos de acero analizado, como trabajo a futuro podría implementarse la metodología propuesta sobre el resto de los números de parte.

Dada la cercanía del proveedor y la planta de manufactura del caso de estudio, se podría analizar el costo - beneficio de reducir el inventario en planta y definir una segunda recolección haciendo uso de la ruta lechera que se ha utilizado como forma de expedir material, bajo una tarifa de servicio más accesible; validando así la posibilidad de reducir la cantidad de componentes almacenados esperando su consumo e incrementar la frecuencia de la recepción de material en almacén.

En el curso del trabajo de investigación, inicialmente representó un desafío obtener información histórica de los números de parte a analizar, asimismo, fue complicado entender el proceso manual que se sigue debido a que no existe un procedimiento definido para el cálculo de cantidades a ordenar de proveedor, otorgando absoluta confianza al criterio y experiencia del comprador; se considera imprescindible y se invita a que se genere una hoja de trabajo estandarizado que conceda

a cualquier otro miembro del equipo, las bases para gestionar los componentes de acero y el proceso manual que conllevan.

Es preciso considerar que se debe realizar una revisión periódica de los cambios de demanda, así como, registrar si existe algún cambio en la frecuencia de recolecciones establecidas por el departamento de logística, registrar si hay alguna actualización en los tiempos de entrega de proveedor o el tiempo de tránsito, asimismo, hacer los ajustes pertinentes en las fórmulas correspondientes para que los cálculos y resultados se apeguen más al escenario que se presente en ese momento.

En la actualidad no hay un día específico para generar los pedidos a proveedor, definir un día de la semana para esta actividad, facilitaría que el inventario de seguridad no llegue a nivel cero, así como establecer un proceso de pedido robusto y estandarizado, generando un compromiso por parte del planeador - comprador que puede mejorar la comunicación con el proveedor.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

En este capítulo final se muestran las deducciones derivadas de la ejecución de esta disertación. Por medio de este trabajo de investigación, podemos concluir que si es posible alcanzar un nivel de servicio satisfactorio por medio de un abastecimiento de materia prima oportuno, recurriendo a la aplicación de un pronóstico de la demanda apropiado y confiable, alineado a su vez, con la política de inventarios.

El factor humano tiene gran impacto en una organización y ha sido valioso considerar que no importa qué tan grande sea una empresa o cuánto *expertise* se tenga en alguna área, siempre habrá oportunidad para realizar mejoras en los procesos. Resulta favorable hacer una pausa y darle oportunidad a más personas de observar y conocer un procedimiento que está dando resultados quizá no excelentes y en conjunto, con bases en la literatura, conocimientos y experiencia, definir una mejor estrategia de trabajo para llegar al objetivo deseado.

Ha sido visible que los procedimientos dentro de una empresa son primordiales y dan estructura a las áreas que la conforman, en este caso, la ausencia de un procedimiento firmemente establecido y el uso del criterio y experiencia del comprador para calcular los requerimientos a proveedor han permitido que la operación de la planta del caso de estudio avance, sin embargo, con impactos a la línea de producción, afectaciones en el nivel de servicio y cargos de transportación que pueden ser

mitigados; siendo así, incuestionable que cada decisión que se tome tendrá un efecto económico para la empresa, en su beneficio o perjuicio.

El examinar diversos modelos de pronósticos resultó propicio para validar cuál técnica se adaptaba más a la naturaleza de los datos recabados, buscando así, la manera más segura de calcular la demanda futura. Asimismo, analizar las cantidades sugeridas por las políticas de inventario que resultaron de este trabajo de investigación ha concedido comprobar que el objetivo e hipótesis planteados al inicio de la investigación son factibles.

La propuesta final de este trabajo de investigación consiste en mantener en inventario las cantidades definidas como nivel máximo, definiendo un día a la semana para validar existencias y definir pedidos con proveedor, cualificando así la protección de un nivel de servicio del 100 %. También se abre la pauta para explorar en un futuro como opción alternativa el incrementar el número de recolecciones para elevar el flujo de material y disminuir el inventario en almacén en espera de ser consumido.

5.1 CONTRIBUCIONES

En el presente proyecto se plantea una alternativa enfocada en el cumplimiento del nivel de servicio teniendo en mente el cumplimiento con el cliente como principal incentivo; la metodología desarrollada otorga seguridad de existencias disponibles garantizando así un flujo en la línea de producción sin interrupciones, mitigando costos prescindibles.

Se aporta una herramienta que colabora con la disminución de operaciones y gastos extraordinarios en una empresa, tales como: paros de línea de producción, tiempo extra para cumplimiento de ordenes atrasadas, embarques expeditados e incluso retrabajos por incumplimientos de calidad originados por obstáculos en el proceso de producción.

Fecha	Error	Error Absoluto	Error Cuadrático de la media	% del Error
Octubre 2022	1969.7	1969.7	3879718.1	58.3
Noviembre 2022	88.8	88.8	7885.4	1.8
Diciembre 2022	-748.3	748.3	559952.9	44.5
Enero 2023	1028.1	1028.1	1056989.6	17.6
Febrero 2023	95.8	95.8	9177.6	1.9
Marzo 2023	-187.2	187.2	35043.8	4.2
Abril 2023	278.2	278.2	77395.2	5.8
Mayo 2023	-184.8	184.8	34151.0	3.0
Junio 2023	373.9	373.9	139801.2	6.1
Julio 2023	93.6	93.6	8761.0	1.7
Agosto 2023	-561.9	561.9	315731.6	8.4
Septiembre 2023	656.6	656.6	431123.6	11.1
Error	Sesgo	MAD	MSE	MAPE
Total	241.9	522.2	546310.9	13.7

TABLA A.1: Promedio Móvil Simple - Resultados de Errores de Pronóstico por mes

Fecha	Error	Error Absoluto	Error Cuadrático de la media	% del Error
Octubre 2022	1859.0	1859	3455881.0	55.0
Noviembre 2022	246.0	246	60516.0	4.9
Diciembre 2022	-1122.5	1122.5	1260006.3	66.8
Enero 2023	1373.8	1373.8	1887326.4	23.5
Febrero 2023	87.1	87.1	7586.4	1.7
Marzo 2023	-224.8	224.8	50535.0	5.0
Abril 2023	305.6	305.6	93391.4	6.4
Mayo 2023	-165.7	165.7	27456.5	2.7
Junio 2023	503.5	503.5	253512.3	8.2
Julio 2023	28.6	28.6	818.0	0.5
Agosto 2023	-675.0	675	455625.0	10.0
Septiembre 2023	760.5	760.5	578360.3	12.9
Error	Sesgo	MAD	MSE	MAPE
Total	248.0	612.7	677584.5	16.5

TABLA A.2: Promedio Móvil Ponderado - Resultados de Errores de Pronóstico por

mes

Fecha	Error	Error Absoluto	Error Cuadrático de la media	% del Error
Octubre 2022	-1079.7	1079.7	1165752.1	32.0
Noviembre 2022	321.0	321	103041.0	6.4
Diciembre 2022	-1669.3	1669.3	2786562.5	99.4
Enero 2023	2458.5	2458.5	6044222.3	42.0
Febrero 2023	709.4	709.4	503248.4	14.0
Marzo 2023	-284.4	284.4	80883.4	6.3
Abril 2023	252.0	252	63504.0	5.3
Mayo 2023	28.0	28	784.0	0.5
Junio 2023	949.6	949.6	901740.2	15.4
Julio 2023	38.8	38.8	1505.4	0.7
Agosto 2023	-511.7	511.7	261836.9	7.6
Septiembre 2023	589.9	589.9	347982.0	10.0
Error	Sesgo	MAD	MSE	MAPE
Total	150.2	741.0	1021755.2	19.96

TABLA A.3: Promedio Suavización Exponencial Simple - Resultados de Errores de

Pronóstico por mes

Fecha	Error	Error Absoluto	Error Cuadrático de la media	% del Error
Octubre 2022	801.7	801.7	642722.9	23.7
Noviembre 2022	2474.3	2474.3	6122160.5	49.0
Diciembre 2022	-331.3	331.3	109759.7	19.7
Enero 2023	4033.2	4033.2	16266702.2	69.0
Febrero 2023	2529.2	2529.2	6396852.6	50.0
Marzo 2023	2188.7	2188.7	4790407.7	48.7
Abril 2023	3050.1	3050.1	9303110.0	63.9
Mayo 2023	3474.3	3474.3	12070760.5	56.2
Junio 2023	4950.7	4950.7	24509430.5	80.3
Julio 2023	3689.4	3689.4	13611672.4	65.8
Agosto 2023	4727.4	4727.4	22348310.8	70.3
Septiembre 2023	3927.7	3927.7	15426827.3	66.6
Error	Sesgo	MAD	MSE	MAPE
Total	2959.6	3014.8	10966559.8	55.3

TABLA A.4: Promedio Holt-Winters - Resultados de Errores de Pronóstico por mes

APÉNDICE A

APÉNDICE 1

-
- A.1 PROMEDIO MÓVIL SIMPLE - RESULTADOS DE
ERRORES DE PRONÓSTICO POR MES
- A.2 PROMEDIO MÓVIL PONDERADO - RESULTADOS
DE ERRORES DE PRONÓSTICO POR MES
- A.3 PROMEDIO SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE
- RESULTADOS DE ERRORES DE PRONÓSTICO POR MES
- A.4 PROMEDIO HOLT-WINTERS - RESULTADOS DE
ERRORES DE PRONÓSTICO POR MES
- A.5 RESULTADOS INVENTARIO DE SEGURIDAD Y
PUNTO DE REORDEN POR MES
- A.6 RESULTADOS NIVELES MÍNIMOS Y MÁXIMOS
POR TRIMESTRE

Semana	Oct, Nov, Dic	Ene, Feb, Mar	Abr, May, Jun	Jul, Ago, Sept
1	1965	1081	1403	1679
2	0	1118	1129	1122
3	849	1407	845	1125
4	565	1402	1399	1682
5	843	841	1405	1401
6	568	847	1402	1682
7	1397	1962	1125	1681
8	2245	1125	1408	1119
9	0	1123	840	842
10	0	1405	1398	1683
11	1680	1126	1682	1404
12	0	1125	1959	848
13	0	842	1125	1962
Media	778	1185	1317	1402
Desviación	810.503	306.670	309.395	360.517
SS	1665	630	635	740
R	2442	1815	1952	2143

TABLA A.5: Resultados Inventario de seguridad y Punto de Reorden por mes

Datos	Trimestre 1
Cmn	565
Tr	1
C_p	778
Cmx	2245
Emm	565
Emx	2810
E	1225
CP	1585

TABLA A.6: Resultados Mínimos y Máximos: Oct, Nov, Dic 2022

Cmn	841
Tr	1
C_p	1185
Cmx	1962
Emm	841
Emx	2803
E	1225
CP	1578

TABLA A.7: Resultados Mínimos y Máximos: Ene, Feb, Mar 2023

Cmn	840
Tr	1
C_p	1317
Cmx	1959
Emm	840
Emx	2799
E	1225
CP	1574

TABLA A.8: Resultados Mínimos y Máximos: Abr, May, Jun 2023

Cmn	842
Tr	1
C_p	1402
Cmx	1962
Emm	842
Emx	2804
E	1225
CP	1579

TABLA A.9: Resultados Mínimos y Máximos: Jul, Ago, Sept 2023

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR RANGEL, E. R. (2020), *Desarrollo de un proceso de selección de proveedores de partes para la elaboración de lámparas en el sector automotriz*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- ÁLVAREZ, J. C., M. B. JIMÉNEZ y M. A. V. ZACARÍAS (2015), «El estilo de gobernanza en la cadena de valor de la industria del acero en México», *Mercados y Negocios*, **16**(2), págs. 41–55.
- ANDERSON, C. J. (2021), *Forecasting Demand for Optimal Inventory with Long Lead Times: An Automotive Aftermarket Case Study*, Tesis Doctoral, University of Missouri–St. Louis.
- ARROYO PÉREZ, R. (2016), «Problemas en la gestión de la cadena de suministro en las pymes de la construcción: una revisión de la literatura», .
- AZZAMOURI, A., P. BAPTISTE, G. DESSEVRE y R. PELLERIN (2021), «Demand driven material requirements planning (DDMRP): a systematic review and classification», *Journal of Industrial Engineering and Management*, **14**(3), págs. 439–456.
- BAYAS, I. Y. G. y M. C. MARTÍNEZ (2017), «La gestión de inventario como factor estratégico en la administración de empresas», *Negotium: revista de ciencias gerenciales*, **13**(37), págs. 109–129.
- BERNALES, R. F. *et al.* (2014), «La Gestión de Relación con los Proveedores en la Cadena de Abastecimiento», *Sinergia e innovación*, **2**(2), págs. 118–122.

- BLANCHARD, D. (2021), *Supply chain management best practices*, John Wiley & Sons.
- BOWERSOX, D. J., D. J. CLOSS y M. BIXBY COOPER (2005), *Administración y logística en la cadena de suministros*, McGraw Hill.
- CADENA LOZANO, J. (2016), *Gestión del Pronóstico Estratégico: una herramienta de planificación en las empresas*, tomo 1, CESA.
- CAJAMARCA TORRESTAGLE, F. X. (2020), *Diseño y propuesta de implementación de un modelo de estión Demand Driven-MRP para los proceso de abastecimiento y gestión de inventarios de una empresa procesadora y comercializadora de productos para la nutrición animal*, Tesis de Maestría, ESPOL. FCNM.
- CALATAYUD, A. y R. KATZ (2019), *Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina*, tomo 744, Inter-American Development Bank.
- CAMPOS-ROMERO, H. y Ó. RODIL-MARZÁBAL (2021), «Las dos caras de la inserción de México en la cadena de valor automotriz: dimensión económica e impacto medioambiental», *El trimestre económico*, **88**(352), págs. 1153–1187.
- CARREÑO, A. (2018), *Cadena de suministro y logística*, Fondo Editorial de la PUCP.
- CASTILLO, A. B. y J. M. ORTEGA (2020), «Posición de México en las cadenas globales de valor de compañías multinacionales del sector automotriz», *Cadenas globales de valor*, págs. 259–298.
- CELMA, M. E. S., Y. D. BUSSIÈRE y E. B. CEVADA (2021), «Evolución de la industria automotriz en México», *TRANSITARE*, **7**(2), págs. 16–36.
- CHAMORRO COREA, J. L., J. E. DÍAZ CAMEJO, O. D. FUENTES ESPINOZA y H. Y. LOVO GUTIÉRREZ (2018), «Política de Inventarios Máximos y Mínimos en Cadenas de Suministro Multinivel. Caso de Estudio: Una Empresa de Distribución Farmacéutica», *Nexo Revista Científica*, **31**(02).

- CHASE, C. W. (2013), *Demand-driven forecasting: a structured approach to forecasting*, John Wiley & Sons.
- CHAVEZ, J. H. (2012), *Supply Chain Management (Gestión de la cadena de suministro)*, RIL editores.
- CHRISTOPHER, M. (2016), *Logistics & supply chain management*, Pearson Uk.
- CHUNG, K.-J. y L. E. CÁRDENAS-BARRÓN (2013), «The simplified solution procedure for deteriorating items under stock-dependent demand and two-level trade credit in the supply chain management», *Applied Mathematical Modelling*, **37**(7), págs. 4653–4660.
- COYLE, J. J. (2018), *Administración de la cadena de suministros: una perspectiva logística*, Cengage Learning.
- CUARTAS, C. y J. AGUILAR (2022), «Hybrid algorithm based on reinforcement learning for smart inventory management», *Journal of Intelligent Manufacturing*, págs. 1–27.
- CUBILLOS, A. A. E., D. C. M. ROA y H. A. Á. OVALLE (2019), «Importancia de la planeación y control de la producción, para la toma de decisiones en empresa del sector textil», *Semilleros*, **5**(9), págs. 56–69.
- DE DIEGO MORILLO, A. (2022), *Gestión de pedidos y stock*, Editorial Paraninfo.
- DE GUEVARA, M. Á. L. (2020), *Gestión de inventarios. UF0476.*, Tutor formación.
- DURÁN, Y. (2012), «Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas», *Visión gerencial*, (1), págs. 55–78.
- EAGLE, S. (2017), *Demand-driven supply chain management: Transformational performance improvement*, Kogan Page Publishers.
- EMMETT, S. y B. CROCKER (2016), *The relationship-driven supply chain: creating a culture of collaboration throughout the chain*, Routledge.

- ESPINOZA, L. F., R. L. CAVAZOS y J. G. C. ÁLVAREZ (2019), «Modelo de competitividad de la industria del acero: Un análisis comparativo entre el líder industrial y México», *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, **13**, págs. 148–168.
- FERNÁNDEZ, A. C. (2018), *Gestión de inventarios. COML0210*, IC editorial.
- GALLEGOS TORRES, E. R. (2019), *Disminucion de desabasto mediante un pronostico de demanda y una politica de inventarios*, Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- GONZÁLEZ, M. J. S. (2018), *Gestión de pedidos y stock. COML0309*, IC Editorial.
- HAEKAL, J. y I. SETIAWAN (2020), «Comparative Analysis of Raw Materials Control Using JIT and EOQ method For Cost Efficiency of Raw Material Supply in Automotive Components Company Bekasi, Indonesia», *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology (IJERAT)*, **6**(10).
- HEREDIA ARMIJOS, P. A. (2021), *Propuesta de una política de inventario y gestión del almacenamiento para la bodega principal de una empresa comercializadora de repuestos automotriz*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Departamento de Investigación y Postgrado.
- HERNÁNDEZ MARÍN, N. J. (2019), *Planeación de los materiales de una cadena de suministro impulsada por la demanda.*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- HINES, T. (2014), *Supply chain strategies: Demand driven and customer focused*, Routledge.
- HUGOS, M. (2024), *Essentials of Supply Chain Management*, tomo 5th edition, John Wiley and Sons.
- IHME, M. y R. STRATTON (2015), «Evaluating demand driven MRP: a case based simulated study», *Nottingham Trent University*.

- IZAR-LANDETA, J. M., C. B. YNZUNZA-CORTÉS, A. CASTILLO-RAMÍREZ y R. HERNÁNDEZ-MOLINAR (2016), «Estudio comparativo del impacto de la media y varianza del tiempo de entrega y de la demanda en el costo del inventario», *Ingeniería, investigación y tecnología*, **17**(3), págs. 371–381.
- JAVADIAN KOOTANAEI, A., K. N. BABU y H. TALARI (2013), «Just-in-time manufacturing system: from introduction to implement», *Available at SSRN 2253243*.
- JUÁREZ, A. C., C. A. ZUÑIGA, J. L. M. FLORES y D. S. PARTIDA (2016), «Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos», *Estudios Gerenciales*, **32**(141), págs. 387–396.
- KORTABARRIA, A., U. APAOLAZA y A. LIZARRALDE (2019), «Demand Driven MRP-Nuevo método para la gestión de la Cadena de Suministro: un estudio de caso», *Dirección y Organización*, (67), págs. 22–29.
- LANGLEY, C. J., R. A. NOVACK, B. GIBSON y J. J. COYLE (2020), *Supply chain management: a logistics perspective*, Cengage Learning.
- LEAVEN, L., K. AHMMAD y D. PEEBLES (2017), «Inventory management applications for healthcare supply chains», *International Journal of Supply Chain Management*, **6**(3), págs. 1–7.
- LEE, C.-J. y S.-C. RIM (2019), «A mathematical safety stock model for DDMRP inventory replenishment», *Mathematical Problems in Engineering*, **2019**.
- LEÓN PALADINES, K. C., V. P. MORENO NARVÁEZ y J. F. DÍAZ CÓRDOVA (2020), «El control de inventarios en el sector camaronero y su aporte en los estados financieros», *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, **5**(Extra 4).
- LUIS, M. N. M. A., T. Q. JULIA, T. L. A. MARCELINO y F. M. J. ALBERTO (2019), «Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica», .

- MADHANI, P. M. (2015), «Demand chain management: enhancing customer lifetime value through integration of marketing and supply chain management», *The IUP Journal of Business Strategy*, **12**(3), págs. 7–26.
- MAHDI, A., B. ERIC, T. GARTH y R. GERLACH (2020), «Demand forecasting in supply chain: The impact of demand volatility in the presence of promotion», *Computers and Industrial Engineering*, **142**(106380).
- MANRIQUE, M., J. TEVES, A. TACO y J. FLORES (2019), «Supply chain management: a look from the theoretical perspective», *Revista Venezolana de Gerencia, Universidad del Zulia*, **24**(88), págs. 1136–1146.
- MANRÍQUEZ, D. B. (2021), «La industria automotriz en México y los retos para la sociedad y el gobierno: Un intento de visión y prospectiva ciudadana», *Nextia*, (4), págs. 8–9.
- MARÍN LÓPEZ, P. A. (2022), *Programación de la producción de resortes automotrices basado en la teoría de restricciones en la empresa Vanderbilt*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador.
- MATA PÉREZ, M., F. HEREDIA, C. M. MORALES CARREÓN *et al.* (2016), «Optimización de costos logísticos: un caso de estudio de una empresa de plásticos», en *Sesiones técnicas II. CILOG2016.*, págs. 38–46.
- MEANA C., P. P. (2017), *Gestión de inventarios*, Ediciones Paraninfo, SA.
- MEJÍA VILLAMIZAR, J. C., Ó. PALACIO LEÓN y W. ADARME JAIMES (2013), «Efecto látigo en la planeación de la cadena de abastecimiento, medición y control», *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, **23**(2), págs. 37–54.
- MENDES, P. (2011), *Demand driven supply chain: A structured and practical roadmap to increase profitability*, Springer Science & Business Media.
- MERCHÁN, M. V. N. y M. F. G. BERREZUETA (2018), «Análisis de una cadena de suministro de autopartes.», *INNOVA Research Journal*, **3**(10), págs. 123–134.

- MIRA SEGURA, L. L., A. TREJO MARTÍNEZ y D. LÓPEZ CRUZ (2018), «Aplicación de Holt-Winters para pronósticos de inventarios», *Ciencia UANL*, **21**(90).
- MUCHARRAZ, Y. *et al.* (2021), «Liderazgo y resiliencia organizacional en un escenario catastrófico: estudio empírico», *The Anáhuac Journal*, **21**(1), págs. ágs–40.
- MULLER, M. (2019), *Essentials of inventory management*, HarperCollins Leadership.
- NIRMALA, D. A. R., V. KANNAN, M. THANALAKSHMI, S. J. P. GNANARAJ y M. APPADURAI (2022), «Inventory management and control system using ABC and VED analysis», *Materials Today: Proceedings*, **60**, págs. 922–925.
- OJEDA PÉREZ, R. K. (2020), *Desarrollo de un Modelo de Gestion de Inventarios enfocado a la Cadena de Suministro*, Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- OLIVIER Y CARMONA, L. G., P. M. GARCÍA CAUDILLO y O. CASTILLO CABALLERO (2021), «Retos y oportunidades de la industria del acero en México con la entrada del TMEC», .
- ORUE-IRASUEGUI, A., A. LIZARRALDE AIASTUI y A. KORTABARRIA IGARTUA (2020), «Demand Driven MRP–The need to standardise an implementation process», .
- OSPINA VASCO, E. (2020), «Administración logística de la cadena de abastecimiento basada en DDMRP», .
- PACHECO VELÁSQUEZ, E. A. (2013), «Un modelo para la optimización de políticas de inventario conjuntas en cadenas de suministro», *Inge Cuc*.
- PARRA FRANCO, J. E. (2018), «Planeación de la demanda en una empresa de venta directa», .

- PARRA RODRIGUEZ, C. A. (2019), *Implementación Plan de Mejora para Reducción y Control de Inventario, Weatherford Colombia Limited*, Tesis de Maestría, Facultad de Negocios, Gestión y Sostenibilidad.
- PRINIOTAKIS, G. y P. ARGYROPOULOS (2018), «Inventory management concepts and techniques», en *IOP conference series: Materials Science and Engineering*, tomo 459, IOP Publishing, pág. 012060.
- REYNA VILLARREAL, G. (2019), *Reducción de costos de una cadena de suministro con demanda variable*, Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- ROY, R. N. (2020), «Implementing just-in-time-based supply chain for the bulk items in an integrated steel plant», *International Journal of Intelligent Enterprise*, **7**(4), págs. 405–422.
- ROŽANEC, J., B. KAŽIČ, M. ŠKRJANC, B. FORTUNA y D. MLADENIC (2021), «Automotive OEM Demand Forecasting: A Comparative Study of Forecasting Algorithms and Strategies», *Applied Sciences*, **6787**(11).
- SABRIÀ, F. *et al.* (2004), *La cadena de suministro*, Marge Books.
- SALAS-FIERRO, T. E., J. A. SAUCEDO-MARTINEZ, R. RODRIGUEZ-AGUILAR y J. M. VELA-HARO (2020), «Demand prediction using a soft-computing approach: a case study of automotive industry», *Applied Sciences*, **10**(3), pág. 829.
- SALAZAR, M. A. y M. CABRERA (2007), «Pronóstico de demanda por medio de redes neuronales artificiales», *UANL Repositorio Académico Digital*, **10**(35), págs. 6–12.
- SÁNCHEZ-SUÁREZ, Y., J. A. PÉREZ CASTAÑEIRA, N. SANGRONI LAGUARDIA, C. CRUZ BLANCO y Y. E. MEDINA NOGUEIRA (2021), «Retos actuales de la logística y la cadena de suministro», *Ingeniería Industrial*, **42**(1), págs. 169–184.
- SANTAMARÍA PERAZA, R. (2012), «La cadena de suministro en el perfil del Ingeniero Industrial: una aproximación al estado del arte», *Ingeniería Industrial. Actualidad y nuevas tendencias*, **III**(8).

- SCHMIDT, C. (2015), *Multiple supplier/delivery inventory models. A review from an after-market perspective*, Tesis de Maestría, Synchron International AB.
- SCHROEDER, R. G., S. MEYER GOLDSTEIN y M. J. RUNGTUSANATHAM (2011), *Administración de operaciones Conceptos y casos contemporáneos*, quinta edición, McGraw Hill.
- SEYEDAN, M. y F. MAFAKHERI (2020), «Predictive big data analytics for supply chain demand forecasting: methods, applications, and research opportunities», *Journal of Big Data*, **7**(1), págs. 1–22.
- SHOFA, M. J. y W. O. WIDYARTO (2017), «Effective production control in an automotive industry: MRP vs. demand-driven MRP», en *AIP Conference Proceedings*, tomo 1855, AIP Publishing LLC, pág. 020004.
- SIDIQ SAPUTRA, W., R. ERNAWATI y W. ANGGRAINI WULANSARI (2021), «Analysis of Raw Material Inventory Control Using Economic Order Quantity (EOQ) Method at CV. XYZ», *International Journal of Computer and Information System (IJCIS)*, **2-3**(2745-9659).
- SYNTETOS, A. A., Z. BABAI, J. E. BOYLAN, S. KOLASSA y K. NIKOLOPOULOS (2016), «Supply chain forecasting: Theory, practice, their gap and the future», *European Journal of Operational Research*, **252**(1), págs. 1–26.
- TECHT, U. (2016), *Goldratt y la teoría de restricciones: El Salto Cuántico en Gerencia*, tomo 5, ibidem-Verlag/ibidem Press.
- VALDEMORO, S. V. y J. R. FERRER (2012), *Gestión de pedidos y stock*, Ministerio de Educación.
- VASQUEZ, J. P. R., D. C. CÁRDENAS, M. G. G. CARRILLO y C. H. S. ROSE-RO (2015), «Modelo de programación lineal para planeación de requerimiento de materiales», *Revista Tecnológica-ESPOL*, **28**(2).
- VIDAL H., C. J. (2010), *Fundamentos de control y gestión de inventarios*, Programa Editorial UNIVALLE.

-
- WANG, X. y S. M. DISNEY (2016), «The bullwhip effect: Progress, trends and directions», *European Journal of Operational Research*, **250**(3), págs. 691–701.
- ŽIC, J. y S. ŽIC (2020), «Multi-criteria decision making in supply chain management based on inventory levels, environmental impact and costs», *Advances in Production Engineering & Management*, **15**(2), págs. 151–163.

Autobiografía

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Lilian Saucedo Pérez

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

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

MODELO DE GESTIÓN DE PEDIDOS ENFOCADO EN EL NIVEL DE
SERVICIO

Nacida en la Ciudad de México el 2 de noviembre de 1989, hija de María Concepción Pérez García e Ignacio Saucedo Torres. Egresada en el 2012 de la Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con el título de Licenciada en Relaciones Internacionales con Acentuación en Comercio Exterior y Aduanas. Mi experiencia profesional ha abarcado las áreas de compras de materia prima directas, compras de material indirecto, así como logística nacional e internacional. Actualmente desempeño el puesto de Coordinadora de Compras de nuevos proyectos en una empresa del giro automotriz.