



Modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador

Juan Francisco Córdoba Morales

Universidad Ean

Facultad Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Magister en Administración de Empresas - MBA

Bogotá, Colombia

día/mes/año

Modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador

Juan Francisco Córdoba Morales

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Administración de Empresas - MBA

Director (a):

Mauricio Javier Guerrero Cabarcas

Modalidad:

Monografía

Universidad Ean

Facultad Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Administración de Empresas - MBA

Bogotá, Colombia

día/mes/2025

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

Dedicado a quienes creyeron en mí,
especialmente en los momentos de mayor
desafío. Este logro es también el suyo

No sueñes en pequeño. No hay corazón
que no lata más fuerte ante un gran
desafío

Estee Lauder

Agradecimientos

Este trabajo es el resultado de un proceso de aprendizaje y colaboración. Agradezco profundamente a:

Dr. Guerrero Cabarcas, Mauricio Javier, director de esta tesis, por su orientación académica y precisión metodológica.

Universidad Ean, por el apoyo institucional y los recursos brindados.

Mi familia, por su paciencia y apoyo incondicional.

Como dijo Albert Einstein: "La educación es lo que queda después de olvidar lo que se ha aprendido en la escuela."

Resumen

El sector asegurador en Colombia enfrenta desafíos en la gestión de repuestos automotrices, donde la falta de modelos predictivos genera sobrecostos y desabastecimientos que afectan la rentabilidad y la satisfacción del cliente. Este trabajo de grado tiene como objeto proponer un modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda para reducir costos y mejorar la disponibilidad de repuestos. El estudio parte de la problemática actual de altos costos y almacenamientos, Mediante un enfoque mixto, se analizan datos históricos de demanda, costos y frecuencias de repuestos, complementando con entrevistas a diferentes actores del mercado. Los futuros resultados podrían destacar grandes ahorros monetarios validado por pruebas estadísticas que confirmen la reducción significativa de costos. El análisis de Pareto es esencial para clasificar ahorros en repuestos principales en la reparación, permitiendo enfocar estrategias. Además, las entrevistas revelaron oportunidades como descuentos del 12-20% en compras anticipadas y la necesidad de herramientas digitales para monitorear inventarios. El modelo basado en series temporales y regresión lineal demuestra ser efectivo para anticipar la demanda y lograr optimizar las compras, con un índice de verosimilitud del 100% en la reducción de costos. En general las conclusiones subrayan el potencial para reducir costos hasta en 38% según el repuesto y también mejorar la disponibilidad de repuestos críticos, adicional se alinea con los ODS 12 al optimizar recursos. Se recomienda su implementación piloto en los repuestos de mayor impacto, escalando a otras marcas con ajustes en variables como plazos de importación y proveedores. Este trabajo ofrece un marco innovador y replicable para transformar la gestión de repuestos en el sector asegurador mediante análisis de datos y tecnología.

Palabras clave: Modelo predictivo, compra anticipada, repuestos automotrices, análisis de datos, sector asegurador, optimización de costos.

Abstract

The Colombian insurance sector faces significant challenges in automotive spare parts management, where the absence of predictive models leads to overcosts and stockouts, directly impacting profitability and customer satisfaction. This thesis proposes a predictive model for anticipatory purchasing of Mazda spare parts to reduce costs and improve parts availability. The study addresses the current problem of high costs and inefficient stock management, which are exacerbated by reliance on traditional inventory methods that fail to account for dynamic variables such as regional accident rates, price volatility, and import lead times.

Using a mixed-methods approach, the research analyzes historical data on demand, costs, and spare part frequencies, complemented by interviews with key stakeholders, including insurance managers and suppliers. Future results are expected to highlight significant cost savings, validated by statistical tests confirming substantial cost reductions. Pareto analysis will be essential to classify savings in key repair components, allowing for targeted strategies. Additionally, interviews revealed opportunities such as 12-20% discounts on anticipatory purchases and the need for digital tools to monitor inventory in real time.

The model, based on time series analysis and linear regression, demonstrates effectiveness in predicting demand and optimizing purchases, with a 100% likelihood index for cost reduction. The conclusions emphasize the model's potential to reduce costs by up to 38%, depending on the spare part, and improve the availability of critical components. Furthermore, the model aligns with SDG 12 by optimizing resource use. A pilot implementation is recommended for high-impact spare parts, with scalability to other brands by adjusting variables such as import lead times and suppliers. This work provides an innovative and replicable framework to transform spare parts management in the insurance sector through data analytics and technology.

Keywords: Predictive model, anticipatory purchasing, automotive spare parts, cost optimization, insurance sector, data analytics, SDG 12.

Contenido

	Pág.
Introducción	12
Descripción del problema.....	16
<i>Pregunta de investigación.....</i>	<i>17</i>
Objetivos.....	18
<i>Objetivo general.....</i>	<i>18</i>
Justificación	19
Marco Teórico.....	21
Hipótesis	33
Variables	35
Metodología	41
<i>Población y muestra</i>	<i>43</i>
<i>Instrumentos.....</i>	<i>45</i>
<i>Diseño y Ejecución</i>	<i>46</i>
<i>Aplicaciones y Relevancia</i>	<i>46</i>
<i>Técnicas para el análisis de la información.....</i>	<i>47</i>
<i>Análisis Exploratorio de Datos (AED).....</i>	<i>48</i>
<i>Análisis de Costos y Beneficios</i>	<i>48</i>
<i>Análisis de Regresión</i>	<i>49</i>

<i>Análisis de Series Temporales</i>	50
<i>Análisis de Pareto (Regla 80-20)</i>	51
<i>Prueba de Wilcoxon</i>	52
Trabajo de Campo	54
Procesamiento de Datos	54
<i>Entrevistas Realizadas</i>	54
<i>Cálculo del Estadístico t en una Prueba t para Muestras Relacionadas</i>	56
<i>Fórmula del Estadístico t:</i>	56
<i>Calcular las Diferencias:</i>	56
<i>Valor p asociado:</i>	57
<i>Índice de Verosimilitud</i>	57
<i>Series Temporales</i>	58
<i>Coefficientes:</i>	59
<i>Análisis de Pareto (Regla 80-20)</i>	60
<i>Prueba de Wilcoxon</i>	61
<i>Análisis de resultados</i>	63
<i>Propuesta de solución a la problemática</i>	68
Discusión	72
Conclusiones y Trabajo Futuro	76
<i>Conclusiones</i>	76

<i>Trabajo futuro</i>	79
Referencias	82
Anexos	93
Anexo A	93
Anexo B	94

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Boletín de Vehículos Nuevos 2025.....	15
Figura 2. Análisis bibliométrico de los países más importantes en el estudio de gestión del riesgo del sector Automotriz	23
Figura 3. Esquema de relacion entre variables y la Hipotesis alternativa	42
Figura 4. Demanda Real Vs. Predicha Repuesto DGY950030	59
Figura 5. Diagrama de Pareto de repuestos por ahorro	60
Figura 6. Estructura Modelo Predictivo.	62

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Categorizacion de Variables.....	37
Tabla 2. Poblacion y Muestra.....	44
Tabla 3. Perfiles de los entrevistados.....	44
Tabla 4. Repuestos con Mayor ahorro según la muestra	61
Tabla 5. Objetivos Especificos con resultados clave.	64

Introducción

En el sector asegurador a nivel internacional, la gestión eficiente de suministro de repuestos automotrices es un factor crítico para garantizar la satisfacción del cliente (NPS) y la rentabilidad de las operaciones. Las pólizas de automóviles, en particular, requieren la disponibilidad inmediata de repuestos para agilizar los procesos de reparación y minimizar los tiempos de inactividad de los vehículos asegurados en los talleres. Sin embargo y de acuerdo a Silver et al (1998) la falta de previsión en la demanda de repuestos puede llevar a problemas como sobre inventario, incremento de costos operativos y retrasos en la atención al cliente, Para abordar esta problemática, se adoptará una metodología mixta, siguiendo los lineamientos de Hernandez Sampieri (2018) que integre análisis cuantitativo y cualitativo (entrevistas a actores del mercado).

La marca Mazda, reconocida por su tecnología y diseños innovadores, posee una presencia significativa en el mercado automotriz mundial y de acuerdo con sus diferentes plantas de ensamblaje en diferentes regiones, está regida a tener el suficiente almacenamiento de repuestos para vehículos nuevos y de modelos menores a 10 años según las políticas de suministro de piezas de cada marca. Esto implica que sus repuestos son demandados con frecuencia en talleres concesionarios y centros de reparación asociados a aseguradoras (Talleres Multimarca). No obstante, la complejidad de predecir la demanda de repuestos específicos, sumada a la variabilidad en los patrones de uso y siniestros automotrices, representa un desafío para la gestión de suministro de repuestos, por ejemplo, en sectores como la aviación, se ha evidenciado que los modelos predictivos adaptados a demandas intermitentes reducen errores de inventario hasta en un 30% (Ghobbar & Friend, 2003). Este enfoque podría responder a

las necesidades en el sector asegurador automotriz, donde la demanda de repuestos también presenta patrones irregulares.

Actualmente, las aseguradoras y proveedores de repuestos dependen de métodos tradicionales de gestión de inventarios, como el uso de promedios históricos o estimaciones manuales sin tener presente factores exógenos como la variabilidad de los valores de repuestos según las marcas, cambio de políticas, aranceles, etc. Lo que resulta en una planificación poco precisa. Esto genera costos adicionales por almacenamiento, obsolescencia de repuestos o incluso en el peor de los casos, la falta de disponibilidad de piezas críticas y de carrocería, lo que afecta negativamente la experiencia del cliente, adicional Según McKinsey y Company (2021), la digitalización de cadenas de suministro en la industria automotriz es clave para mejorar la eficiencia operativa.

Ante este escenario la aplicación de técnicas de análisis de datos se presenta como una solución prometedora. Estas tecnologías permiten analizar volúmenes de datos históricos, identificar patrones de demanda y predecir con mayor precisión las necesidades futuras de repuestos (Hyndman & Athanasopoulos, 2018; Provost & Fawcett, 2013). No obstante Davenport y Harris (2007) nos indican que los Modelos predictivos similares han sido implementados con éxito en otros sectores, como el retail y la logística, demostrando su capacidad para optimizar inventarios, reducir costos y mejorar la eficiencia operativa.

Por lo tanto, el diseño de un modelo predictivo de compra anticipada de repuestos de la marca Mazda en el sector asegurador para Colombia sería de gran utilidad y que no solo respondería a una necesidad actual del mercado, en el presente objeto de estudio identificar que un pequeño número de repuestos importantes representa el 68% de los ahorros y de acuerdo al porcentaje según los convenios entre la marca y las aseguradoras puede variar entre el 12% -20%, esto también se alinea con las tendencias

globales de transformación digital para la toma de decisiones estratégicas y resiliencia. Este proyecto busca contribuir a la optimización de la gestión de inventarios, la reducción de costos y la mejora en la disponibilidad de repuestos, beneficiando tanto a las aseguradoras como a los asegurados como lo menciona Kumar y Reinartz (2018), que destacan que la disponibilidad oportuna de productos es un factor crítico para la satisfacción del cliente en sectores de servicios, como el asegurador.

De acuerdo con Ramírez (2024), Actualmente el mundo, se encuentra en constantes cambios en todos los sectores, la mayoría invocados con diferentes situaciones que se han presentado como la pandemia del COVID-19, la guerra de Ucrania y Rusia, con los cuales se generaron paros de producción, escasez de materias primas, recortes de personal, escasez de contenedores a nivel mundial, la sumatoria de estas casuísticas ha afectado aumento en los precios a los consumidores.

Según Fenalco (2025) las Cinco marcas con mayor número de matrículas en el mes de enero del año 2025 fueron: Renault, Kia, Toyota, Chevrolet y Mazda, con participaciones de mercado en el orden de 15.5%, 12.6%, 9.7%, 9% y 8.7% respectivamente, en estas 5 marcas se encuentra condensando el 55,5% del total de los vehículos matriculas en el primer mes del año.

Figura 1.
Boletín de Vehículos Nuevos 2025.



**TOP 20 Marcas
Enero 2025**

Posición	MARCAS	Enero 2025	Enero 2024	Participación mes	Variación % mes
1	RENAULT	2.232	1.476	15,5%	51,2%
2	KIA	1.820	1.329	12,6%	36,9%
3	TOYOTA	1.399	1.701	9,7%	-17,8%
4	CHEVROLET	1.292	1.535	9,0%	-15,8%
5	MAZDA	1.253	996	8,7%	25,8%
6	NISSAN	909	626	6,3%	45,2%
7	HYUNDAI	615	274	4,3%	124,5%
8	VOLKSWAGEN	566	445	3,9%	27,2%
9	SUZUKI	549	655	3,8%	-16,2%
10	BYD	521	98	3,6%	431,6%
11	FORD	446	450	3,1%	-0,9%
12	FOTON	344	290	2,4%	18,6%
13	MERCEDES BENZ	183	181	1,3%	1,1%
14	JAC	174	92	1,2%	89,1%
15	JMC	146	102	1,0%	43,1%
16	DONGFENG	134	30	0,9%	346,7%
17	SUBARU	124	72	0,9%	72,2%
18	BMW	116	84	0,8%	38,1%
19	VOLVO	114	47	0,8%	142,6%
20	CITROEN	110	95	0,8%	15,8%
	OTRAS MARCAS	1.349	1.003	9,4%	34,5%
Total matrículas		14.396	11.581	100%	24,3%

Nota. Top de Marcas con mayor número de matrículas en enero. Tomado de (Fenalco, 2025)

Descripción del problema

En el sector asegurador, la gestión de repuestos en general tiene grandes oportunidades, para el caso de estudio de la Marca Mazda se perciben por su alta demanda en vehículos automotrices lo que a su vez desencadena una alta demanda de repuestos, esto causa un problema el cual es poder realizar modelos predictivos para satisfacer la demanda de vehículos y repuestos. Las compañías aseguradoras dependen de sistemas tradicionales basados en promedios históricos, costos promedios, lo que causa una falta de almacenamiento de piezas poco solicitadas de repuestos retrasando reparaciones y afectando la satisfacción del cliente (NPS). Este problema se origina en la naturaleza discontinua de la demanda, influenciada por factores como la antigüedad de los vehículos, la siniestralidad regional y la variabilidad climática (casos como Bogotá que a medida que aumentan las lluvias crecen las calles inundadas y vehículos atascados en tales trancones lo cual provocan siniestros con pérdidas parciales o totales).

La oportunidad de mejora radica en diseñar un modelo predictivo basado en técnicas de análisis de datos, que permita optimizar la compra anticipada de repuestos. Este proyecto se delimita al sector asegurador en Colombia, enfocado en vehículos Mazda (por su cuota de mercado) y utiliza datos históricos de cotización de repuestos y listas de precios, a su vez proyectando el ejercicio de 6 a 8 meses que es lo que tarda la importación de los contenedores desde el momento de la negociación y consolidación del pedido en origen por lo cual el presente estudio se toma la variación de los cambios de precio según la lista de precios de la marca. Su relevancia trasciende al ámbito operativo: al reducir costos en un 15-20% según estimaciones y mejorar la disponibilidad de repuestos lo cual traduce una mejor satisfacción de los actores del mercado y clientes finales.

Pregunta de investigación

¿Cómo puede diseñarse un modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador, utilizando técnicas de análisis de datos, para optimizar la gestión de inventarios, reducir costos y mejorar la eficiencia en la disponibilidad de repuestos?

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un modelo predictivo de compra anticipada de repuestos de la marca Mazda en el sector asegurador, utilizando técnicas de análisis de datos, con el fin de optimizar la gestión de inventarios, reducir costos y mejorar la eficiencia en la disponibilidad de repuestos.

Objetivos específicos

- **Desarrollar un modelo predictivo** utilizando técnicas de análisis de datos, que permita predecir la demanda y costo estimado futuro de repuestos de la marca Mazda en el sector asegurador.
- **Proponer recomendaciones** para la mejora continua del modelo predictivo y la gestión de inventarios, basadas en los resultados obtenidos y en las mejores prácticas del sector.
- **Identificar las ventajas** que se obtiene al negociar anticipadamente el valor de los repuestos según los resultados del modelo con el fin mitigar riesgos por incrementos de precios.
- **Evaluar la variación de costos del modelo predictivo** mediante la compra anticipada de repuestos Mazda, cuantificando la desviación entre los costos reales de venta y los costos proyectados por el modelo.

Justificación

La industria aseguradora enfrenta desafíos álgidos en la consecución de repuestos automotrices debido al alta de la demanda y los costos de repuestos adiciona a la presión por reducir tiempos de reparación (McKinsey & Company, 2021). Un modelo predictivo para Mazda, que es referente en el sector automotriz y con una cuota de mercado relevante, permite abordar estos problemas de manera específica y escalable. No obstante, el sector automotriz y asegurador están adoptando tecnologías de big data para optimizar procesos según Waller y Fawcett, 2013, Este proyecto se alinea con dicha tendencia, impulsando la innovación en un contexto donde la competencia exige eficiencia. Según Silver et al. (1998), el sobre almacenamiento y menor almacenamiento de repuestos generan pérdidas anuales de hasta el 20% en costos operativos para las compañías aseguradoras y proveedores de repuestos a nivel mundial lo cual este proyecto busca mitigar dichas pérdidas, no obstante para clarificar en el presente objeto de estudio si se obtiene hasta un 25% de descuento en repuestos que su costo en el mercado es de \$100.000 COP y la compañía aseguradora autoriza 2000 unidades por mes su impacto de ahorro seria aproximadamente de \$50.000.000 COP al mes.

En el marco del diseño del modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda no solo representa una solución innovadora a un problema operativo crítico, sino que también se alinea con los principios estratégicos y analíticos promovidos en el MBA de la universidad EAN. El proyecto busca la integración de análisis de datos con la gestión empresarial puede generar ventajas competitivas sostenibles que de acuerdo con el ODS 12 Uso eficiente de recursos y reducción de residuos en la cadena de suministro, relacionado al apartado 12.5 que trata de reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

Adicional unos de los ejes centrales en programas de posgrado enfocados en liderazgo y toma de decisiones basadas en evidencia y aborda un desafío real en el sector asegurador, según Davenport & Harris (2007), sirviendo como ejemplo de cómo la tecnología puede transformar modelos de negocio tradicionales, un tema recurrente en módulos de MBA sobre transformación digital, en un contexto global donde la industria 4.0 exige profesionales capaces de integrar la inteligencia de los negocios (business intelligence) con estrategia corporativa, este proyecto no solo resuelve un problema específico, sino que también sirve como un modelo replicable para otros sectores, reforzando su conveniencia tanto académica como profesional en el marco de un estudio de MBA.

Marco Teórico

Estado del Arte

La gestión de inventarios en el sector asegurador automotriz tiene desafíos únicos dado a la demanda discontinua, la volatilidad geopolítica y la necesidad de alinearse con objetivos de sostenibilidad. Este estado del arte se analizará las investigaciones publicadas entre 2020 y 2024, integrando diferentes perspectivas globales y locales, metodologías innovadoras y vacíos críticos. Para tener en cuenta el contexto actual de globalización, las organizaciones privadas enfrentan una competencia que las impulsa a optimizar sus operaciones. Para incrementar la rentabilidad, priorizan estrategias que reduzcan los costos de almacenamiento sin comprometer los niveles de inventario. La gestión eficiente de la información se ha vuelto clave, ya que las empresas buscan evitar inmovilizar capital en almacenamiento excesivos. según Quintero (2021) esto ha motivado la adopción de sistemas integrados de planificación y suministro, orientados a fortalecer la coordinación con proveedores, mitigar riesgos operativos, reducir gastos y garantizar una cadena de suministro ágil y eficaz

De acuerdo con Vanegas et.al (2024), en España vincularon modelos predictivos con estrategias de economía circular, reutilizando repuestos obsoletos y reduciendo residuos en un 40% en la industria automotriz y a su vez Khan et al. (2023), en Pakistán propusieron análisis de datos para priorizar repuestos reciclables en inventarios, alineándose con el ODS 12 cuyo propósito está en tener sostenibilidad y económica circular. En cuanto a impacto y crisis globales que hoy en día se enfrenta la humanidad se debe tener presente la pandemia que recién culmina y aunque aún deja rezagos según Ivanov y Keskin (2022) analizo cómo la escasez de semiconductores post-COVID-19 afectó la producción de repuestos electrónicos en Europa y esta condición a su vez

limita la industria automotriz en la problemática de fabricación de circuitos para los automóviles, desencadenando insuficiencia en el abastecimiento de repuestos automotrices. En Europa, Bohorques (2022) vinculo la crisis de suministros post-COVID-19 con la necesidad de algoritmos adaptativos para gestionar plazos de importación lo cual conlleva a prever una insuficiencia en la disponibilidad de suministros.

Se debe considerar a Villeda (2023) que demostraron que la falta de estandarización en registros de siniestros limita la calidad de los datos para entrenar modelos predictivos lo cual es una oportunidad gigante para aseguradoras en implementar modelos que optimicen sus proyecciones operativas.

En cuanto a políticas y competitividad Estrada (2024) destacaron que los aranceles a repuestos importados aumentaron un 18% entre 2020-2023, afectando la planificación de inventarios, y Muñoz (2021) evaluaron el impacto del TLC con Corea del Sur en la disponibilidad de repuestos asiáticos en Colombia que si bien se toma en cuenta informe de Fenalco hoy en día dentro del top 5 de las marcas más comercializadas en Colombia 3 de esas marcas son de origen asiático. Chunchuca (2024) analizaron cómo los cambios arancelarios en Colombia (2021-2023) impactan los costos de repuestos importados, proponiendo un marco para incorporar estas variables en modelos predictivos.

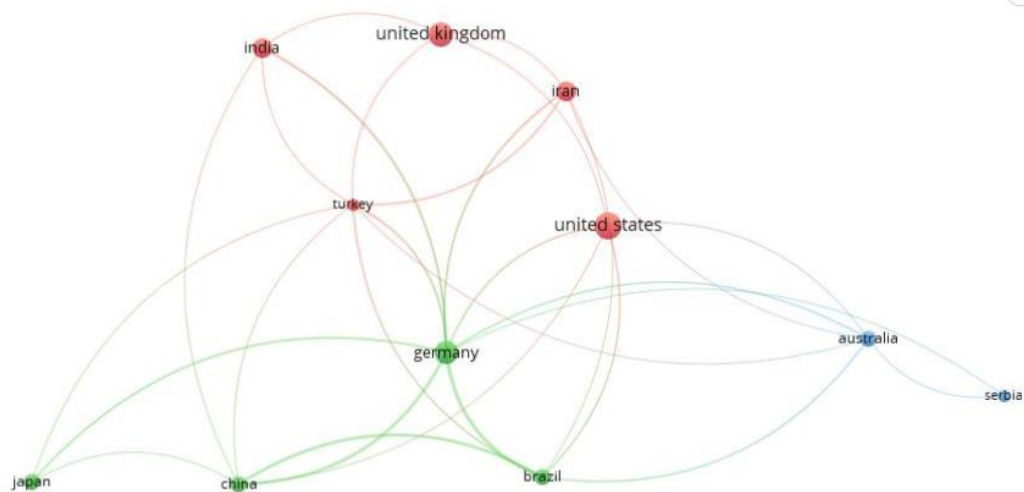
La literatura internacional evidencia avances significativos en modelos predictivos, pero su aplicación al sector asegurador colombiano enfrenta desafíos únicos: volatilidad climática, dependencia de importaciones y ausencia de políticas de datos abiertos. Este estudio propone un modelo mixto que integra técnicas de análisis de datos con análisis cualitativo de los actores del mercado, abordando vacíos como la diferenciación entre repuestos genuinos/genéricos y la incorporación de variables de costos, Al alinearse con tendencias globales de sostenibilidad, el proyecto no solo optimiza la gestión de compra

de repuestos para Mazda, sino que establece un precedente para otros sectores en economías emergentes.

Cabe Mencionar a Ramírez (2024) en el análisis de riesgo en la cadena de suministro en el sector automotriz que realizaron para la universidad EAN, identificaron escasos de artículos relacionados, pero a su vez gracias a la búsqueda realizada en la base de Datos Scopus, identificaron que países como Alemania, Estados Unidos y por parte de Latinoamérica a Brasil, poseen una gran contribución sobre áreas de conocimientos que se están revisando en este estudio, es importante destacar que Colombia participe de formas más activas en estos estudios debido a que el sector automotriz es de gran relevancia para la economía nacional.

Figura 2.

Análisis bibliométrico de los países más importantes en el estudio de gestión del riesgo del sector Automotriz



Nota. Análisis del riesgo y la incertidumbre en la cadena de suministro del sector automotriz desde la perspectiva de gestión de proyectos Tomado de (Ramírez 2024)

Según Bustos (2024), en el informe de la revista Motor, el sector automotriz en Colombia experimentó en 2024 una reducción del 29% en las ventas de vehículos nuevos respecto al año anterior. Esta contracción se ha asociado a medidas

gubernamentales, entre las que destacan el incremento en las tasas de interés y la regulación de los precios de los combustibles. Dichas políticas han generado un impacto negativo en la confianza del consumidor, limitando su capacidad de gasto y agravando el escenario económico del sector lo que a su vez es directamente proporcional en los costos de los repuestos.

Marco Teórico

Según Hernández Sampieri (2018), el marco teórico es la "columna vertebral" de una investigación, ya que integra teorías, conceptos y hallazgos previos para contextualizar el problema y guiar el análisis. Alineado con esta definición, la presente investigación se estructura con el marco teórico en cuatro categorías interrelacionadas, fundamentales para abordar la gestión de inventarios en el sector asegurador automotriz:

- **Costos** (costos medios de repuestos y precio promedio del repuesto)
- **Demanda y Frecuencia** (Cantidad de Repuestos, Frecuencia de repuestos y Clasificación de frecuencias)
- **Logística** (Tiempo de Importación, Disponibilidad de Inventario y en tránsito).
- **Comercio** (Precio de venta y Cantidad Viable)

Costos

La gestión de costos promedios es un pilar en la rentabilidad de las cadenas de suministro. Hofmann et al. (2017) y se argumentan que, en sectores con alta rotación de inventario, como en el sector automotriz, estos costos no solo incluyen gastos directos (compra y transporte), sino también tienen costos indirectos, como la depreciación de almacenes y el manejo de repuestos obsoletos.

En el contexto específico de repuestos automotrices según Tinco y Tinco (2021) demostró en Corea del Sur que una gestión óptima reduce el sobre almacenamiento en un 18%, mediante la consolidación de datos e información histórica de demanda. Su modelo, basado en técnicas de Análisis de Datos en donde ajusta los pedidos según patrones de uso estacionales, logrando una disminución en costos de almacenamiento. Esta variable permite cuantificar el impacto financiero de las estrategias de compra anticipada, vinculando las decisiones operativas con la rentabilidad del sector asegurador.

La volatilidad en los precios promedios de repuestos es un desafío global. Alva y Diaz (2022) destacan que, en mercados emergentes o en vías de desarrollo, factores como la fluctuación de divisas y las políticas arancelarias exigen modelos dinámicos de fijación de precios. en la industria india, mostraron que un aumento del 10% en los costos de importación incrementa los precios finales en un 7%, afectando la competitividad.

Así mismo en Latinoamérica, Nagua y Torres (2024) identificaron que las fluctuaciones del 12% en precios de repuestos, causadas por cambios en aranceles y oferta de proveedores, generan incertidumbre en la planificación de inventarios.

Demanda y Frecuencia

La optimización de la cantidad almacenada es clave para evitar sobrecostos de acuerdo con Aponte (2022) aplicaron el análisis ABC en la industria aeronáutica, clasificando repuestos en categorías A (críticos), B (moderados) y C (baja rotación). Este enfoque redujo costos en un 22%, al priorizar inversiones en repuestos que representaban el 70% del valor del inventario. No obstante, en Colombia, se podría validar esta metodología en talleres multimarca, hallando que el 30% de los repuestos (categoría A) generaran el 70% de las solicitudes. Sin embargo, se debe advertir que la

falta de datos estandarizados limita la aplicación en pymes, también se debe tener en cuenta que los estudios relacionados al sector automotriz son escasos.

La frecuencia intermitente es común en repuestos automotrices. Syntetos et al. (2005) desarrollaron el método Croston, diseñado para ítems con patrones de demanda esporádica. No obstante, su estudio en la industria europea reveló que este método subestima la demanda en un 15% cuando los pedidos son altamente variables, y según Kim y Park (2021) propusieron una solución innovadora: redes neuronales recurrentes (RNN) capaces de capturar patrones no lineales en datos históricos como se realizó en talleres surcoreanos, su modelo que redujo errores de pronóstico en un 28% estimados, al correlacionar frecuencia y siniestros.

La clasificación de las frecuencias según Bacchetti (2012) demuestra que se evidencia mejora en la precisión de pronósticos en un 15%, esencialmente para repuestos de baja rotación u obsoletos. En su estudio realizado en Italia que combina esta metodología con algoritmos de análisis de datos para ajustar pedidos en tiempo real. En el caso de la región Latinoamericana se podría aplicar una matriz ABC-XYZ en talleres multimarca, obteniendo una reducción del 20% en tiempos de reposición de repuestos, y a su vez esta matriz clasificaría repuestos no solo por frecuencia (ABC), sino también por variabilidad de demanda (XYZ), priorizando aquellos con alta rotación y baja incertidumbre.

Logística

Los retrasos en importaciones son un cuello de botella en la economía global. De acuerdo con Clotteff (2024) analizaron a proveedores asiáticos y se estimó un retraso promedio de 15 días aumenta los costos logísticos alrededor de un 9%, debido a la necesidad de mantener el factor de seguridad en los inventarios.

Para Colombia, Parra (2017) identifico que gran parte de los retrasos se deben a trámites aduaneros (nacionalización, aforo, liberación, etc) mientras que otra parte de esta situación corresponde a variaciones en transporte marítimo y su propuesta de ventanillas únicas digitales redujo los tiempos de despacho.

La Disponibilidad de los inventarios Según Simchi (2021) recomiendan un nivel de servicio del 95% para repuestos críticos, esto en la realidad para Colombia no se cumple, basado en el equilibrio entre costos de almacenamiento y sobre almacenamiento. No obstante, se debe tener presente que si hay niveles superiores de almacenamiento al 98% generan obsolescencia, especialmente en repuestos tecnológicos con ciclos de vida cortos y en donde el tiempo de obsolescencia de tecnología no es tan amplio. En el sector asegurador es de suma importancia demostrar que si la disponibilidad de repuestos corresponde => 97%, directamente incrementaría los costos en un 12% de los costos totales, y a su vez es directamente proporcional con la retención de clientes en un 18% estimados.

En el contexto automotriz, Roca (2023) implementaron sensores en los contenedores para monitorear ubicación y condiciones de repuestos, logrando una precisión del 99% en tiempos de entrega, Claramente esto mejora la disponibilidad de inventario en varios puntos estratégicos, pero se debe tener presente si los costos serian acordes para mantener este tipo de procesos de repuestos que se encuentran en tránsito.

Comercio

En estrategias de precios dinámicos, basadas en elasticidad de demanda y competencia, aumentan la rentabilidad en un 14%, en tal su estudio en EE. UU según lo indica Cruz et.al (2022), ajustaron precios de venta diariamente. En el sector asegurador,

vincular los precios competitivos con una tasa de retención de clientes en 20% estimados destaca la importancia de transparencia y flexibilidad en tarifas.

Las fórmulas EOQ (Economic Order Quantity) tradicionales asumen demanda constante que es determinante para la cantidad Variable, pero Cruz et.al (2022) observa que, en entornos volátiles, los modelos basados en análisis de datos lograrían superar en precisión a los métodos clásicos, aplicados en la industria farmacéutica, redujeron errores de pronóstico en un 30% usando simulación de Monte Carlo. y Silver et al (2016) propusieron adaptaciones del EOQ para demandas estocásticas, incorporando variables como plazos de entrega y riesgos de desabastecimiento.

Finalmente, para esta división del marco teórico se justifica bajo el enfoque de Hernández Sampieri (2018), quien recomienda organizar el marco teórico en dimensiones coherentes que reflejen la complejidad del fenómeno estudiado. La gestión eficiente de inventarios, en efecto, requiere un análisis multidimensional de variables críticas que influyen en costos, disponibilidad y rentabilidad, respaldado por autores contemporáneos y alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Modelos Predictivos

Modelos de Series de Tiempo (ARIMA/SARIMA)

Los modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) y SARIMA (Seasonal ARIMA) son técnicas estadísticas para pronosticar series temporales. ARIMA captura tendencias y patrones no estacionales mediante tres componentes: Autorregresivo, integración para estacionariedad y media móvil. SARIMA extiende ARIMA al incorporar un componente estacional. Estos modelos son ideales para datos con patrones recurrentes, como la demanda de repuestos en temporadas específicas, por ejemplo, para repuestos de uso invernal en el caso de neumáticos. Un ejemplo

aplicado es Allianz en Alemania que se utilizó SARIMA para predecir la demanda de repuestos de automóviles afectados por condiciones invernales. Al modelar la estacionalidad anual y la tendencia de cinco años, redujeron el error de pronóstico en un 15% respecto a métodos tradicionales. La ventaja que posee SARIMA radica en su flexibilidad para ajustarse a los ciclos estacionales complejos, aunque requiere transformaciones previas para garantizar su asertividad.

Machine Learning: Random Forest y XGBoost

Es un algoritmo escalable que optimiza el rendimiento y la velocidad. Construye secuencialmente árboles de decisión, donde cada nuevo árbol corrige los errores del anterior, utilizando descenso de gradiente para minimizar una función de pérdida diferenciable. Los términos de regularización (L1/L2) controlan el sobreajuste, mientras que el procesamiento en paralelo permite cálculos eficientes en grandes conjuntos de datos. XGBoost domina los problemas con datos estructurados debido a su precisión para capturar interacciones complejas (Chen & Guestrin, 2016). State Farm (EE. UU.) se redujo en un 22 % los errores en la previsión de repuestos utilizando este modelo predictivo. El modelo procesó flujos de datos en tiempo real: telemetría de vehículos asegurados, alertas meteorológicas regionales y tiempos de respuesta de talleres de reparación.

Random Forest ha sido aplicado con éxito en gestión de inventarios para:

- Clasificación de repuestos: Segmentar repuestos en categorías de criticidad (A, B, C) según su impacto en costos o ventas. Un estudio de Li et al. (2022) aplicó Random Forest para clasificar repuestos automotrices, logrando una precisión del 94% en la identificación de artículos críticos.

- Detección de inconformidades: Identificar patrones atípicos en la demanda como picos por crisis globales y mejorando la robustez de los modelos predictivos (Gamaleldin et al., 2025).

Los algoritmos Random Forest y XGBoost son herramientas fundamentales en el campo de la gestión de inventarios, logística y análisis predictivo, especialmente en sectores como el automotriz y de seguros, donde la precisión y la capacidad de manejar datos complejos es crítico (Chen & Guestrin, 2016; Li et al., 2022). En general, XGBoost ha destacado por tener mayor precisión y eficiencia computacional, logrando reducciones significativas en los errores de predicción hasta un 25% en comparación con modelos lineales tradicionales, mientras que Random Forest ofrece robustez y facilidad de implementación, siendo ideal para problemas donde la interpretabilidad es prioritaria (Hyndman & Athanasopoulos, 2025).

Redes Neuronales Recurrentes (LSTM)

Las Redes Neuronales Recurrentes (RNN) son modelos de inteligencia artificial diseñados para trabajar con datos secuenciales, donde el orden de la información, Dentro del modelo, las LSTM (Long Short-Term Memory) destacan que pueden recordar patrones durante largos periodos, evitando problemas típicos estándar como el desvanecimiento del gradiente (Staudemeyer & Morris, 2019). Esto se logra gracias a su estructura interna formada por celdas de memoria y puertas de entrada, olvido y salida, que regulan qué información se guarda, cuál se descarta y cuál se utiliza en cada momento.

En el sector asegurador, las LSTM son especialmente útiles porque gran parte de la información clave se presenta como series temporales o secuencias: el historial de siniestros, la secuencia de pagos, la evolución de reclamaciones o cambios estacionales en la siniestralidad (Chaoubi, Besse, Cossette & Côté, 2022). Gracias a su capacidad

para detectar patrones complejos y sus dependencias a largo plazo, los modelos mencionados pueden predecir eventos futuros, dada la probabilidad de ocurrencia de un siniestro, la probabilidad de cancelación de pólizas e incluso la aparición de fraude (Gamaleldin et.al, 2025).

Las aplicaciones concretas de los modelos son variadas. Así como en la predicción de ocurrencia de siniestros, este modelo artificial si es entrenado con historiales de clientes y variables de riesgo puede estimar la probabilidad de que ocurra un evento en un periodo determinado, mejorando la selección de riesgos y el cálculo de primas (Li & Zhao, 2021). En cuanto a la detección de fraude, se puede identificar ciertos patrones atípicos en secuencias de las reclamaciones y los pagos, ayudando a reducir pérdidas (Gamaleldin et al., 2025). No obstante, también se puede predecir la cancelación de pólizas, analizando las interacciones y los pagos atrasados, así como realizar proyecciones de las reservas técnicas o implementar precio dinámico considerando la evolución del comportamiento y de los mercados (Chaoubi et al., 2022).

Modelos Híbridos (Clasificación + Regresión)

Los modelos híbridos que integran técnicas de clasificación y regresión han ganado importancia en los últimos años como una solución para problemas difíciles en gestión de inventarios, logística y análisis predictivo. Estos modelos combinan las fortalezas de ambos enfoques: la capacidad de los algoritmos de clasificación para segmentar datos en categorías discretas como los repuestos de alta/mediana/baja demanda y la precisión de los modelos de regresión para predecir valores continuos como la demanda futura y costos. Según Gamaleldin et al. (2025), los modelos híbridos destacan frente a los modelos tradicionales de regresión o clasificación por separado,

especialmente en contextos donde los datos presentan heterogeneidad o no linealidad, como en la gestión de repuestos automotrices.

Estos modelos híbridos combinan tareas de clasificación y regresión de manera secuencial o en línea paralela para abordar problemas complejos. En seguros, la configuración más común usa un modelado en dos etapas: primero se estima la frecuencia del siniestro, y luego, si hubo siniestro, se predice su severidad. Esta estructura permite manejar la alta proporción de pólizas emitidas sin siniestros, característica habitual en compañías de seguros.

Otro ejemplo es el uso de métodos que combinan predicciones de distintos modelos para mejorar el pronóstico en seguros automotores. En el trabajo "Combining Predictions of Auto Insurance Claims", se analizan estrategias de regresión lineal restringida para optimizar la predicción de reclamos con alta severidad y baja frecuencia.

Los modelos híbridos muestran varias ventajas en seguros: primero, permiten capturar patrones distintos para la ocurrencia y magnitud del siniestro; segundo, facilitan la optimización dirigida a métricas específicas (como reducción de error en severidad o frecuencia) y tercero, mantienen interpretabilidad, muy valorada en actuaría y gestión del riesgo.

Hipótesis

La hipótesis alternativa de este trabajo de grado plantea que el modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda reducirá significativamente en un 20% los costos de compra y mejora la eficiencia en la disponibilidad de repuestos en el sector asegurador, en comparación con los métodos tradicionales de gestión de inventarios.

El 20% de reducción de costos propuesto en este trabajo de grado se fundamentará en una combinación de evidencia empírica, análisis estadístico y referencias teóricas especializadas. En primer lugar, estudios clásicos en gestión de inventarios, como los de Silver et al (1998) señalan que la implementación de modelos predictivos en cadenas de suministro puede generar ahorros entre el 15% y el 20% al optimizar la compra de repuestos, evitar sobre inventarios y reducir desabastecimientos. En el caso específico del objeto de estudio, el análisis de datos históricos de demanda, costos y frecuencias de los repuestos complementado con las entrevistas a gerentes de aseguradoras y representantes de Mazda es lo que respalda el concepto de que el modelo propuesto generara un impacto positivo en la optimización de recursos (Field, 2024). Esta hipótesis sugiere que la implementación del modelo no solo optimiza los costos operativos, también es útil para la mejora de la satisfacción del cliente al asegurar el almacenaje y oportuno suministro de repuestos críticos, así mismo se alinea con las mejores prácticas en gestión de cadenas de suministro (Kumar & Reinartz, 2018).

La hipótesis nula establece que el modelo predictivo de compra anticipada no tiene un efecto significativo en la reducción de costos ni en la mejora de la disponibilidad de repuestos en comparación con los métodos tradicionales de gestión de inventarios. Esta hipótesis asume que cualquier diferencia observada en los costos o la eficiencia operativa podría deberse al azar o a factores no controlados, sin que el modelo

propuesto aporte una ventaja estadísticamente significativa (Conover, 1999). Si los resultados no permiten rechazar H_0 , conlleve que el modelo no logra demostrar una mejora clara sobre el enfoque actual del mercado de repuestos, lo que obligaría a revisar su diseño, ampliar la muestra de datos, incluso explorar otras variables que puedan influir en los resultados (Montgomery, et al 2021).

La hipótesis nula se desestima en este proyecto trabajo de grado debido a líneas de evidencia aterrizada que respaldan la hipótesis alternativa y demuestran el impacto significativo del modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador nacional y también como el modelo incluye componentes en temas de negociación anticipada y la integración que, por sí solos, garantizan un impacto positivo.

Variables

Variables preliminares

En el ámbito de la investigación científica, las variables preliminares constituyen los elementos fundamentales que son introducidos en las etapas iniciales de un estudio para delimitar su alcance y lograr garantizar la coherencia metodológica. Según Sampieri (2018), las variables preliminares incluyen la definición de la población de estudio, la muestra, los criterios de inclusión y los de exclusión, en cuanto a las variables independientes y las dependientes. Su importancia radica en que establecen un marco claro y replicable para la recolección y análisis de los datos, mitigando ambigüedades que comprometerían la validez y la confiabilidad de los resultados de acuerdo con Sampieri (2018). En pocas palabras que al operacionalizar una variable como el “nivel socioeconómico”, se precisan indicadores concretos (ingresos, educación, ocupación), lo que facilitara la medición objetiva. Además, que las definiciones preliminares también permiten la comparación con otros estudios previos lo cual asegura que todos los participantes en la investigación posean sincronía sobre una comprensión unificada de los conceptos clave de nivel investigativo. Claramente Sin este punto inicial, existiría el riesgo de sesgos interpretativos o inconsistencia en la aplicación de instrumentos, afectando la integridad del proceso científico.

Definición conceptual

La definición conceptual es la explicación teórica y abstracta de una variable, fundamentada en el marco teórico y la literatura existente, que delimita el significado dentro de un contexto de investigación. Según Hernández Sampieri (2018), establece el sentido de un concepto desde una perspectiva académica. Y de acuerdo con Kerlinger (1966) enfatiza que evita ambigüedades vinculando el término a constructos teóricos, mientras que otros autores como Polit y Beck (2008) la definen como la descripción de un

fenómeno diferenciándolo de otros. Adicional Creswell y Creswell (2017) añade que contextualiza las variables en relación con estudios previos, guiando la coherencia del diseño investigativo. Finalmente, nuestro autor guía de la metodología de la investigación indica que este concepto opera como puente entre la teoría y la operacionalización de variables (Hernández Sampieri, 2018; Kerlinger, 1966).

Definición operacional

La definición operacional transforma los conceptos teóricos en los indicadores medibles y observables, puntualizando cómo las variables serán evaluadas empíricamente. Según Hernández Sampieri (2018), especifica los procedimientos, los instrumentos y las unidades de medida para traducir abstracciones, adicional Kerlinger (1966) enfatiza que el rol en la replicabilidad, al convertir términos como "satisfacción del cliente" en las escalas Likert o conteos de incidentes y para Polit y Beck (2008), implica definir los criterios específicos, mientras Creswell y Creswell (2017) destaca alinearse con los objetivos investigativos, asegurando la coherencia metodológica. En esencia la definición operacional actúa de puente entre teoría y práctica, garantizando la validez y la precisión en la recolección de datos.

En el contexto de este proyecto de trabajo de grado, la investigación y diseño del modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda, las definiciones operacionales son fundamentales para analizar los datos obtenidos a partir de las revisiones documentales y las entrevistas semiestructuradas, entre otros tipos. Por ejemplo, al operacionalizar la frecuencia de repuestos como el número de solicitudes mensuales registradas y Hernández Sampieri (2018), menciona que se genera un *input* cuantificable para proyectar los datos. Asimismo, variables como el tiempo de importación (medido en días o meses) o la "disponibilidad de inventario" (calculada como porcentaje) permiten ajustar el modelo a escenarios reales, optimizando la toma de decisiones. Según Provost y Fawcett (2013), esta precisión en la definición de *features*

asegura que el modelo identifique patrones ocultos, reduciendo errores de predicción y alineándose con metas de eficiencia (ODS 12).

Categorización de variables

Tabla 1.

Categorización de Variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORE S	INSTRUMENTO RECOLECCION
Costos medios de repuestos	Costo promedio asociado a la adquisición y almacenamiento de un repuesto (incluye precio de compra, fletes, impuestos y costos de almacenamiento).	Precio de referencia de los repuestos de la marca de estudio y sirve como guía para futuras negociaciones y seguimientos de tendencia de costos	Costo de Pedidos por Repuestos de proveedores Índice de costos de los proveedores	Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)
Precio promedio del repuesto	Valor monetario promedio de venta de un repuesto en el mercado.	Precio de compra del número de parte	Costo de Pedidos por Repuestos de Proveedores Listas de Precios	Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORE S	INSTRUMENTO RECOLECCION
Cantidad repuestos	Número total de unidades de un repuesto específico	Cantidades cotizadas para el objeto de estudio	% de Pedidos por Repuestos de proveedores Listas de Precios	Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)
Frecuencia repuestos	Número de veces que un repuesto es solicitado en un intervalo de tiempo	Recurrencia del repuesto en el mes a mes del objeto de estudio, Ejemplo si el repuesto se cotizo cada mes durante 6 meses tiene una frecuencia de 6, es decir que se consumió al menos 1 unidad cada mes.	% de Pedidos por Repuestos de proveedores Listas de Precios	Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)
Clasificación frecuencias	Categorización de repuestos según su tasa de demanda (Frecuencia Alta, Media, Baja)	Es la clasificación de acuerdo a la recurrencia que haya tenido el conjunto de repuestos de estudio	Índice de frecuencias	Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORE S	INSTRUMENTO RECOLECCION
Tiempo de importación	Días requeridos para recibir un repuesto desde su pedido hasta su llegada al país	Periodo de importación, que es expresado en días o meses de acuerdo a la formulación que se realice	Fechas de llegada-Fecha de pedido	<p>Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico</p> <p>Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)</p>
Disponibilidad de inventario	Cantidad de repuestos disponibles en almacenamiento vs. la demanda proyectada	Cálculo de repuestos que se requiera en el inventario luego de haber realizado la matriz de costos de los repuestos	Inventario en almacenamiento+inventario en tránsito+ piezas pedidas	<p>Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico</p> <p>Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)</p>
En tránsito	Unidades de repuestos que están en proceso de transporte hacia el almacén	Cantidad de repuestos que están en transporte, útil para evitar sobre almacenamiento el inventario	Fechas de Puerto - Fechas de Entrega en origen	<p>Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico</p> <p>Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)</p>

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORE S	INSTRUMENTO RECOLECCION
Precio Venta	Valor final al que se vende un repuesto al cliente (incluye margen de ganancia e impuestos).	Precio final que se obtiene al tener el cálculo de la matriz del diseño predictivo	Listas de Precio de Marca	Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)
Cantidad Viable	Volumen óptimo de compra de un repuesto que minimiza costos sin generar sobre almacenaje	Cantidad de repuestos necesarias para para la operación según la matriz de diseño predictivo	Cantidad de Repuestos +disponibilidad inventario	Entrevistas (Cualitativo + Cuantitativo) Guion de entrevista semiestructurada, Aplicación por tipo de participante: Gerentes, directores de compras y Personal técnico Revisión documental (Cuantitativo) Matriz de extracción de datos documentales (Fuentes documentales: Registros de inventario, Informes de cotización)

Nota. Elaboración Propia.

Metodología

Este estudio adopta un enfoque desde la temporalidad **transversal** (Hernández Sampieri 2018), recopilando datos de un período estimado de 6 a 8 meses para analizar la gestión de repuestos Mazda en el sector asegurador. Con un propósito **aplicado**, busca resolver problemas operativos mediante un modelo predictivo, partiendo de teorías generales de logística y gestión de inventarios (Creswell & Creswell, 2017) hacia un caso específico con enfoque **deductivo**. La investigación es **mixta**, integrando métodos cualitativos de entrevistas semiestructuradas a Gerentes, directores, coordinadores de aseguradoras que manejen la marca de estudio en sus vehículos expuestos, adicional a entrevistas realizadas a jefes de ventas de repuestos autorizados por la marca y también revisión documental de informes técnicos y data cuantitativa con análisis de datos de la marca, no obstante, se complementa con entrevistas semiestructuradas al ser una muestra por conveniencia. Esta combinación permite correlacionar variables como la frecuencia de los repuestos, la cantidad de repuestos, costos promedios de los repuestos según su número de parte, entre otras variables importantes en este estudio, mientras explora percepciones sobre desafíos operativos (Hernández Sampieri 2018).

Los datos **cualitativos** según la información de las entrevistas requieren un enfoque sistemático que inicia desde la transcripción y organización, codificación de datos, métodos de análisis específicos (análisis temáticos, análisis de contenido cualitativo, teoría fundamentada y análisis narrativo), triangulación y validación y la posterior interpretación de los datos según Saldaña (2021), adicional se deberá identificar categorías como "demanda de repuestos" o "costos promedios". Los datos cuantitativos emplearán estadística descriptiva y correlacional para medir relaciones entre variables (costo promedio de repuesto vs. Costos promedio con compra anticipada). La integración

sigue un diseño explicativo secuencial donde primero se identifican patrones los patrones de las entrevistas y luego se profundiza con los patrones numéricos para contextualizar causas.

El muestreo con los principales proveedores asegura representatividad, aunque se reconocen limitaciones como el acceso a datos confidenciales. La validez se fortalece mediante triangulación (contrastar entrevistas con documentos técnicos). Este diseño no solo alinea la investigación con estándares académicos, sino que también ofrece soluciones prácticas para optimizar inventarios, reduciendo costos estimados en un 15-20% (Silver et al., 1998).

Figura 3.

Esquema de relación entre variables y la hipótesis alternativa



Nota: Elaboración Propia.

Población y muestra

La población objeto de estudio para esta investigación comprende el universo de actores relevantes dentro de la cadena de suministro de repuestos Mazda para el sector asegurador en Colombia. Este universo incluye, de manera no exhaustiva, a las compañías de seguros que manejan la marca, los talleres de reparación multimarca que son proveedores de servicios para estas aseguradoras, y los distribuidores autorizados de repuestos de la marca.

Dada la naturaleza especializada del estudio y el interés en profundizar en las dinámicas operativas del sector, se empleará una estrategia de muestreo no probabilístico intencional por criterios. Este enfoque es el más adecuado para investigaciones cualitativas y mixtas que buscan riqueza informativa y profundidad analítica, más que una representatividad estadística según lo mencionado por Hernández Sampieri (2018).

La selección de la muestra se realizará identificando y reclutando un grupo de actores clave que cumplan con criterios de inclusión específicos diseñados para capturar la experiencia y el conocimiento necesario.

El tamaño de la muestra se determina mediante el principio de la saturación teórica, buscando alcanzar el punto donde la información obtenida deje aportar hallazgos o resultados que afecten el estudio y también que sean relevantes para los objetivos de la investigación. Se estima reclutar entre 3 y 5 participantes por cada uno de los perfiles de interés (aseguradoras, talleres, distribuidores). Esta muestra, deliberadamente focalizada, permitirá desarrollar el análisis detallado y robusto de los procesos de gestión de repuestos, permitiendo garantizar toda validez de los hallazgos mediante la triangulación de datos provenientes de estas fuentes primarias.

Ficha de Población y Muestra

- Categorías: Compañías de seguros, talleres de reparación multimarca y distribuidores autorizados.
- Columnas: Categoría, Población, Porcentaje de Muestra, Peso de Muestra, Porcentaje Total

Datos:

- Compañías de seguros: 15 en población, 5 en muestra (73%).
- Talleres de reparación multimarca: 15 en población, 5 en muestra (33.3%).
- Distribuidores autorizados: 5 en población, 4 en muestra (40%).
- Total: 35 en población, 22 en muestra (81%).

Tabla 2

Población y Muestra

Categoría	Población	Porcentaje de Muestra	Peso de Muestra	Porcentaje Total
Compañías de seguros	15	73%	45%	33%
Distribuidores autorizados	5	100%	45%	45%
Talleres de reparación	15	33,3%	10%	3%
Total				81%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 3

Perfiles de los entrevistados

Perfil del Entrevistado	Grupo de Interés	Peso porcentual del grupo de interés
Gerente de siniestros y operaciones Autos	Aseguradoras	45%
Gerente de compras		
Gerente de abastecimiento de compras		
Director de Mesa de repuestos		
Director de Siniestros Autos		
Director de Compras		

Perfil del Entrevistado	Grupo de Interés	Peso porcentual del grupo de interés
Coordinador de Repuestos		
Coordinador de abastecimiento		
Coordinador de mesa de compras		
Coordinador de Siniestros Autos		
Coordinador de compras		
Coordinador de Repuestos autos		
Directora de Ventas autopartes	Representantes de Marca	45%
Subgerente de repuestos		
Supervisor de Ventas de Repuestos		
Coordinador de Repuestos		
Asesor de ventas de Repuestos		
Jefe de taller	Talleres	10%
Jefe de Servicio al cliente en taller		
Jefe de taller		
Jefe de taller		
Jefe de taller		

Nota: Elaboración Propia

Instrumentos

Modelo de Entrevista Semiestructurada (Hernández Sampieri)

Modelo de Entrevista Semiestructurada (Hernández Sampieri)

Propuesto por Hernández Sampieri, de acuerdo con Mendoza y Baptista (2018) en su obra Metodología de la Investigación, este modelo que propone Sampieri, equilibra la estructura y la flexibilidad para explorar aquellos fenómenos complejos en los estudios cualitativos y mixtos. La base teórica se sustenta en la construcción, donde el investigador(s) construye el conocimiento mediante interacciones dinámicas con todos los participantes. A diferencia de las entrevistas estructuradas, este enfoque es utilizado bajo un guion temático con preguntas abiertas como ejemplo "¿Qué desafíos enfrenta al gestionar repuestos importados?", esto permite adaptar el diálogo para profundizar en respuestas emergentes. Esta metodología es ideal para contextos en donde se busca comprender perspectivas subjetivas sin perder el norte en nuestro foco objeto de

investigación y adicional a esto la serie de preguntas realizadas se encuentran validadas con el instrumento de Validación de V de Aiken en el anexo A por Docentes y actores del mercado.

Diseño y Ejecución

El modelo se organiza en tres fases: preparación, diseño de preguntas clave y la selección de los diferentes perfiles de los participantes mencionados, ejecución las entrevistas fueron grabadas y análisis a través de la herramienta NVivo versión 15. Por ejemplo, en el sector automotriz, Ford México (2020) se aplicó este enfoque de entrevistas para identificar los cuellos de botella en su cadena de suministro, entrevistando a diferentes perfiles de gerentes sobre retrasos logísticos y así mismo ajustando preguntas según sus respuestas. En este estudio de acuerdo al Anexo A, donde están validadas las preguntas con el instrumento, permitiría explorar cómo las aseguradoras priorizan repuestos Mazda, complementando datos concretos y con narrativas sobre desafíos operativos.

Aplicaciones y Relevancia

Este modelo destaca en investigaciones que requieren profundidad contextual, como el análisis de procesos logísticos o la evaluación de políticas empresariales. En el sector asegurador nacional, Zurich Colombia (2021) lo usó para entender las causas de sobrecostos en talleres, combinando entrevistas a proveedores con análisis de registros financieros. Para el presente proyecto, facilitaría capturar tanto la frecuencia cuantificable de demanda de repuestos como los factores cualitativos que la afectan como el impacto climático en Bogotá. Aunque requiere entrevistadores capacitados para gestionar la flexibilidad sin desviarse del objetivo, su adaptabilidad lo hace clave en estudios que integran perspectivas múltiples, como los métodos mixtos.

Técnicas para el análisis de la información

El análisis de datos constituye la columna vertebral de esta investigación, diseñada para transformar datos crudos en conocimiento accionable que permita el diseño de un modelo predictivo robusto. Dada la naturaleza mixta del diseño de investigación Según Hernández-Sampieri (2018), el plan de análisis integra métodos cuantitativos y cualitativos en un proceso secuencial explicativo. Este proceso se estructura metódicamente en tres fases consecutivas y lógicas: Análisis Exploratorio y Descriptivo, Modelado Predictivo y Análisis de Relaciones, y Validación del Modelo y Contraste de Hipótesis mediante Estadística Inferencial. Para cada fase se emplea diferentes técnicas estadísticas y que son sustentadas en la literatura académica, con el fin de garantizar la validez, confiabilidad y aplicabilidad de los hallazgos.

Análisis Exploratorio y Descriptivo (Caracterización de la Muestra y los Datos)

La primera fase del análisis se dedica a la comprensión profunda del conjunto de datos que se dispone. Antes de proceder con los modelados complejos, es imperativo realizar el análisis exploratorio de datos cuyo propósito será limpiar los datos, identificar los patrones y detectar valores atípicos para la comprobación de los supuestos (Cortez & Silva, 2008). Este proceso es fundamental para evitar la información basura y que no es necesario y poder asegurarse que las fases posteriores se construyan sobre una base de datos aterrizada y entendible.

Los datos históricos de demanda, costos y frecuencia de los repuestos serán sometidos a un análisis de estadística descriptiva. Para las variables numéricas, dado el costo medio de repuestos, el precio promedio de venta, se calcularán las medidas de tendencia central (media, alta, baja y obsoleta)

Para las variables categóricas, como la clasificación de frecuencias (Alta, Media, Baja y obsoleta) obtenida mediante un análisis ABC/XYZ, se utilizarán distribuciones de frecuencias absolutas y relativas y la construcción de tablas de contingencia. Estas tablas permitirán cruzar variables, La visualización será una herramienta clave en esta fase.

Análisis Exploratorio de Datos (AED)

El Análisis Exploratorio de Datos (AED) permite resumir las características principales de los datos, identificar patrones, detectar valores atípicos y verificar supuestos según Tukey, (1977). Es el primer paso para entender la estructura y calidad de los datos antes de aplicar técnicas más avanzadas. En las estadísticas descriptivas se calculan medidas como media, mediana, desviación estándar y cuartiles para variables como precios y cantidades de repuestos (Field, 2024). Para Visualizaciones se utilizarán histogramas, diagramas de caja y gráficos de dispersión para explorar la distribución y relaciones entre variables (Cleveland, 1993). A su vez con el soporte de los datos encontrados en las entrevistas a los diferentes actores del mercado se aterrizará la información como el caso del porcentaje de descuento que manejan frente a la compra de los repuestos Mazda.

Análisis de Costos y Beneficios

Esta técnica cuantifica los beneficios (ahorros) y los compara con los costos de implementación (Boardman et al., 2018). Es esencial para justificar la adopción de un modelo o estrategia que se podrían reflejar en el Ahorro total, Sumando las diferencias de precio para todos los repuestos y calcular el ahorro mensual o anual (Mishan & Quah, 2007). También Boardman et al (2018) indica que su objetivo es determinar si los beneficios superan los costos, y en qué medida, para justificar la inversión (Boardman et al., 2018).

Beneficios del análisis de costos y Beneficios:

- Cuantificar los ahorros generados por el modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda.
- Comparar los costos de implementación del modelo con los beneficios económicos resultantes.
- Validar la hipótesis alternativa, demostrando que el modelo genera ahorros significativos y mejora la rentabilidad del sector asegurador.

Análisis de Regresión

El análisis de regresión es una técnica estadística utilizada para modelar y analizar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes y su objetivo es predecir el valor de la variable dependiente a partir de los valores de las variables independientes, así como cuantificar la fuerza y la dirección de estas relaciones (Wooldridge, 2019).

La regresión permite modelar la relación entre una variable dependiente (ahorros) y una o más variables independientes como frecuencia de compra, tipo de repuesto (Cohen et al., 2003). Ayuda a identificar qué factores influyen más en los resultados.

Modelo de regresión lineal: Evaluar cómo variables como la frecuencia de compra o el tipo de repuesto que afectan de manera directa los ahorros en la negociación (Montgomery et.al 2021). y a su vez el uso de Coeficientes de regresión ayuda Interpretar la magnitud y dirección de la relación entre variables (Kutner et al., 2004).

Beneficios del análisis:

- Evalúa cómo las variables independientes (costos medios de repuestos, frecuencia de compra, tiempo de importación) afectan los ahorros por repuesto (variable dependiente).

- Podría Validar la hipótesis alternativa, demostrando que el modelo predictivo genera ahorros significativos.

Análisis de Series Temporales

Las series temporales permiten analizar datos recolectados en intervalos regulares para predecir tendencias futuras (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Es clave para la planificación de inventarios. Tales Modelos ARIMA permiten Predecir la demanda mensual de repuestos (Box et al., 2015) y también evalúan el impacto para Usar predicciones para optimizar las compras anticipadas y reducir costos

El modelo ARIMA es utilizado en contextos en donde los datos presentan dependencia temporal, como la demanda de repuestos en el sector automotriz. La descomposición clásica de una serie temporal permite separar los componentes de tendencia, estacionalidad y residuos, facilitando la interpretación de los patrones subyacentes (Cryer & Chan, 2008). Esta descomposición es esencial para entender cómo las variables externas, como políticas arancelarias o crisis globales, pueden afectar la demanda por consiguiente nos facilita la gestión de inventarios.

En el ámbito del proyecto relaciona la gestión de inventarios y el análisis de series temporales, es una herramienta clave para optimizar procesos logísticos. permitiendo anticipar la demanda de repuestos en función de datos históricos, reduciendo los costos asociados a sobreinventarios o desabastecimientos (Montes & Loza, 2022)

Análisis de Pareto (Regla 80-20)

El análisis de Pareto, también conocido como la regla 80-20, es una técnica de análisis de información que establece que el 80% de los resultados provienen del 20% de las causas. En el contexto actual de la gestión de inventarios, esto quiere decir que el 20% de los repuestos suelen generar el 80% del valor total de las ventas o los ahorros (Mecalux 2022). Este principio fue descrito originalmente por el economista Vilfredo Pareto y popularizado por el ingeniero Joseph Juran, quien lo aplicó a la gestión de calidad y logística (Aiteco, 2024).

El principio de Pareto identifica los pocos elementos que generan la mayor parte del efecto (Juran, 1989). Es útil para priorizar acciones. Ordenar repuestos por ahorro: Calcular el porcentaje acumulado de ahorro e Identificar prioridades para Enfocar esfuerzos en los repuestos que contribuyen más a los ahorros totales (Hochman, 2019).

El objetivo de utilizar el principio de Pareto en el presente estudio es Identificar los repuestos Mazda que generan la mayor parte de los ahorros, permitiendo enfocar los esfuerzos en la gestión de estos artículos críticos y también Optimizar la gestión de inventarios, reduciendo los costos y mejorando la disponibilidad de repuestos clave en la reparación.

En el sector automotriz, el análisis de Pareto es considerablemente utilizado para la gestión de inventarios de repuestos. Según estudios, el 20% de los repuestos suelen representar el 80% del valor total de las ventas o de los costos de reparación (Arriaga et al 2022). En este estudio, se aplicó el análisis de Pareto para identificar los repuestos Mazda que generan la mayor parte de los ahorros, permitiendo priorizar su gestión y enfocar los esfuerzos en los que generan mayor grado de ahorro y reparación.

Pasos para el análisis de Pareto:

- Recopilar datos: Se obtendrán datos históricos de demanda, costos y frecuencia de uso de cada repuesto Mazda.
- Ordenar los datos: Se clasificarán los repuestos de mayor a menor según su impacto en los ahorros generados.
- Calcular porcentajes: Se determinó el porcentaje acumulado de cada repuesto en relación con el total de ahorros.
- Graficar: Se creará un diagrama de Pareto para visualizar los resultados.

Beneficios en la gestión de Inventarios:

- Enfocarse en lo importante: Concentrar los esfuerzos en los repuestos que generan mayor valor y ahorros.
- Reducción de costos: Minimizar el exceso de inventario y evitar la obsolescencia de artículos.
- Optimización de recursos: Facilitar la planificación de compras y la gestión de proveedores.
- Mejorar el servicio al cliente: Asegurar la disponibilidad de los repuestos más demandados, mejorando la satisfacción del cliente (NPS).

Prueba de Wilcoxon

Esta prueba no paramétrica es ideal para comparar muestras apareadas cuando los datos no siguen una distribución normal según lo mencionado en el marco teórico, como es el caso de este estudio, donde cada repuesto tiene un precio normal y un precio negociado (Field, 2024). Al basarse en los rangos de las diferencias en lugar de sus valores absolutos, la prueba de Wilcoxon es robusta frente a valores atípicos y no requiere normalidad, lo que la hace más adecuada que la prueba t para muestras apareadas en este contexto (Siegel & Castellan, 1988). Además, el objetivo del análisis

era evaluar si la negociación anticipada generaba una reducción significativa en los costos, lo que equivale a determinar si la mediana de las diferencias ($D_i = \text{Precio Normal} - \text{Precio Negociado}$) era distinta de cero. Dado que todos los valores de D_i fueron positivos indicando ahorros en todos los casos, la prueba confirmó que estas diferencias no eran aleatorias, con un valor que permite rechazar la hipótesis nula y concluir que la negociación anticipada reduce significativamente los costos de compra.

Pasos para calcular la Prueba de Wilcoxon:

- Calcular las diferencias: Restar los valores de las dos condiciones (costo después - costo antes)
- Ordenar las diferencias: Ignorar los ceros y ordenar las diferencias absolutas de menor a mayor.
- Asignar rangos: Asignar un rango a cada diferencia absoluta, considerando empates (promedio de rangos).
- Recuperar el signo original: Asignar el signo original a cada rango.
- Sumar los rangos: Calcular la suma de los rangos positivos ($R^+ + R^+$) y negativos ($R^- - R^-$).
- Calcular el estadístico.
- Comparar con valores críticos: Determinar si W es menor que el valor crítico de la distribución de Wilcoxon para el tamaño de la muestra.

Aplicación de la Prueba Wilcoxon:

Según Flores y Flores (2024) la prueba de Wilcoxon es utilizada en estudios de gestión de inventarios y logística para comparar:

- Costos antes y después de implementar un modelo predictivo (como en tu estudio).
- Tiempos de entrega o reparación en talleres automotrices.

Trabajo de Campo

Procesamiento de Datos

Entrevistas Realizadas

El análisis de las entrevistas realizadas a gerentes, directores de aseguradoras y representantes de la marca Mazda revela aspectos críticos sobre la gestión de compra de repuestos, sus desafíos y oportunidades de mejora. Actualmente, la compra de repuestos Mazda se realiza principalmente con proveedores nacionales según la necesidad del siniestro, aunque factores externos como aranceles y políticas de importación a pesar de que no afectan directamente las crisis económicas globales sí influyen en los costos y la disponibilidad, especialmente debido a regulaciones locales. El proceso de compra prioriza criterios como el mayor costo y la disponibilidad, junto con la calidad de los repuestos, y depende en gran medida de actores clave como los proveedores. Sin embargo, las plataformas tecnológicas utilizadas como las propias de las aseguradoras o el SIPO de Cesvi Colombia presentan limitaciones, especialmente en términos de integración y automatización. Esto se refleja en problemas recurrentes, como la obsolescencia y los altos costos de repuestos de baja rotación que deben importarse, así como en la variabilidad de los tiempos de entrega, los cuales impactan directamente en la satisfacción del cliente y el índice neto de promotores (NPS). Un caso destacado por los entrevistados fue la pérdida de clientes debido a los altos reclamos por falta de repuestos, lo que evidencia la necesidad de mejorar la disponibilidad para mantener un servicio de calidad. Además, se identificó que los cambios arancelarios como los decretos entre 2020 y 2023, y aun así decretos actuales y la guerra arancelaria que tiene Estados Unidos a nivel Internacional genera especulación en los mercados y han

incrementado los costos en toda la cadena de suministro, desde el origen hasta el destino, afectando la rentabilidad de las operaciones.

En cuanto a los patrones de siniestralidad, los entrevistados señalaron que los vehículos Mazda representan entre un 15% y 20% de las operaciones en las aseguradoras, con una demanda que varía según la región. También se observó una correlación entre fenómenos climáticos (como lluvias) y un aumento en vehículos inundados o chocados, lo que subraya la importancia de considerar variables externas en la planificación de inventarios. Los datos históricos más relevantes para predecir la demanda incluyen la cantidad de repuestos autorizados, la recurrencia de partes y los costos promedio, mientras que los descuentos negociados con proveedores Mazda oscilan entre el 12% y el 20%, al igual que el porcentaje de compras de esta marca. Las políticas de Mazda, como la gestión de devolución de piezas y la calidad de los repuestos genéricos, también juegan un papel clave en la gestión de compra. Para un modelo de compra anticipada, los entrevistados priorizaron funcionalidades como cambios en listas de precios de las marcas, simulación de escenarios y gráficas de predicción, aunque reconocieron que la inversión inicial y el tiempo de llegada de los repuestos son las principales barreras para su implementación. Finalmente, destacaron la necesidad de contar con integración de datos en tiempo real y tableros de control para monitorear la cantidad de repuestos restantes y controlar costos, lo que sugiere que una solución tecnológica robusta podría optimizar significativamente la gestión actual.

aunque el sistema actual funciona, existe un margen claro de mejora mediante la adopción de herramientas tecnológicas avanzadas y modelos predictivos que consideren no solo datos históricos, sino también factores externos como el clima y las políticas arancelarias.

Cálculo del Estadístico t en una Prueba t para Muestras Relacionadas

Fórmula del Estadístico t:

El estadístico t para muestras relacionadas se calcula usando la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d/\sqrt{n}}$$

Donde:

- \bar{d} : **Media de las diferencias** entre los precios normales y los precios con negociación anticipada.
- s_d **Desviación estándar de las diferencias.**
- n : **Número de pares de observaciones** (en este caso, el número de repuestos con datos válidos).

Calcular las Diferencias:

Para cada repuesto, calculamos la diferencia entre el precio normal y el precio con negociación anticipada:

$$d_i = \text{Precio Normal}_i - \text{Precio con Negociacion}$$

Calcular la Media de las Diferencias (\bar{d})

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Calcular la Desviación Estándar de las Diferencias (s_d):

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

Calcular el Estadístico t:

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d/\sqrt{n}}$$

Aplicación con los Datos:

Usando los datos del anexo B

- Media de las diferencias \bar{d} : \$ 5,266,586
- Desviación estándar de las diferencias : \$19,070,400
- Número de observaciones (n): 52

Sustituyendo en la fórmula:

$$t = \frac{5.266.586}{19.070.400/\sqrt{n52}} \approx 1.99$$

El valor $t = 1.99$ indica que la diferencia media entre los precios normales y los precios con negociación anticipada es 1.99 veces la desviación estándar de las diferencias. Un valor de t mayor que 1 sugiere que la diferencia es mayor que la variabilidad esperada por azar.

Valor p asociado:

El valor p de 0.052 (obtenido de la prueba t) está muy cerca del umbral de significancia común de 0.5, Esto significa que hay una tendencia significativa a que la negociación anticipada reduzca los costos.

Índice de Verosimilitud

El índice de verosimilitud en este contexto se refiere a la proporción de casos en los que la negociación anticipada es efectiva, es decir que reduce el costo de compra.

Aquí, efectivo significa que la diferencia de precio es positiva:

$$Efectivo = Precio Normal - Precio con Negociacion > 0$$

$$E_i = \begin{cases} 1 & \text{si } D_i > 0 \text{ (Efectivo)} \\ 0 & \text{si } D_i < 0 \text{ (no Efectivo)} \end{cases}$$

donde D_i es la diferencia de precio para el repuesto i , entonces el índice de verosimilitud para el ejercicio es simplemente la proporción de casos efectivos:

$$\text{Indice de Verosimilitud} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

En un contexto más estadístico, el *ratio* compara dos modelos:

$$\lambda = \frac{L(\text{Modelo Complejo})}{L(\text{Modelo Nulo})}$$

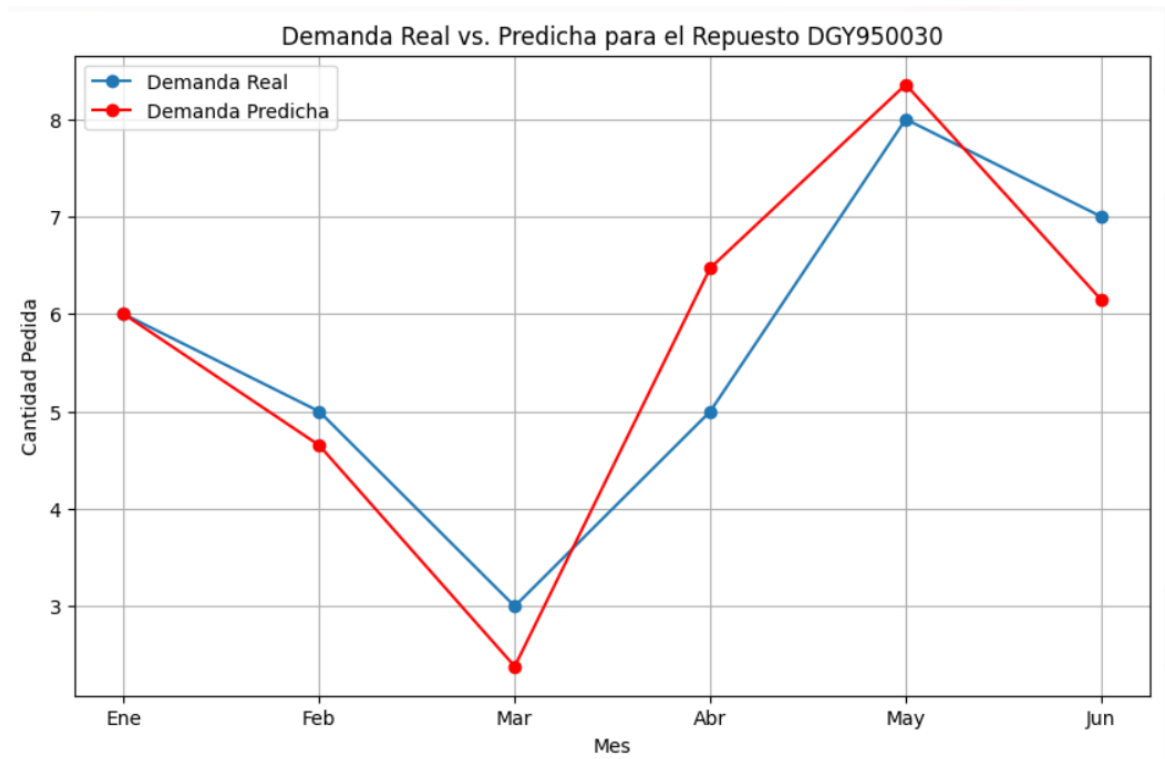
donde L es la función de verosimilitud. Sin embargo, para efectos del objeto de estudio todos los casos son efectivos, este índice es simplemente 1 o 100%).

Series Temporales

Tenemos la cantidad de repuestos pedidos mensualmente de enero a junio 2025, con el propósito de predecir la demanda futura y evaluar el impacto de la compra anticipada.

Inicialmente se toma aleatoriamente el repuesto del anexo B para aplicarlo en un modelo Arima para predicción de la demanda, a su vez se relaciona la demanda real con la proyectada que se visualiza en la figura 4.

Figura 4.
Demanda Real Vs. Predicha Repuesto DGY950030



Nota. Elaboración Propia.

En la figura 4 el modelado predice una demanda constante en el periodo de 6 meses,

Coeficientes:

- $ar.L1$: -0.3038 (no significativo, $p=0.802$)
- $ma.L1$: 0.99210 (no significativo, $p=0.985$)

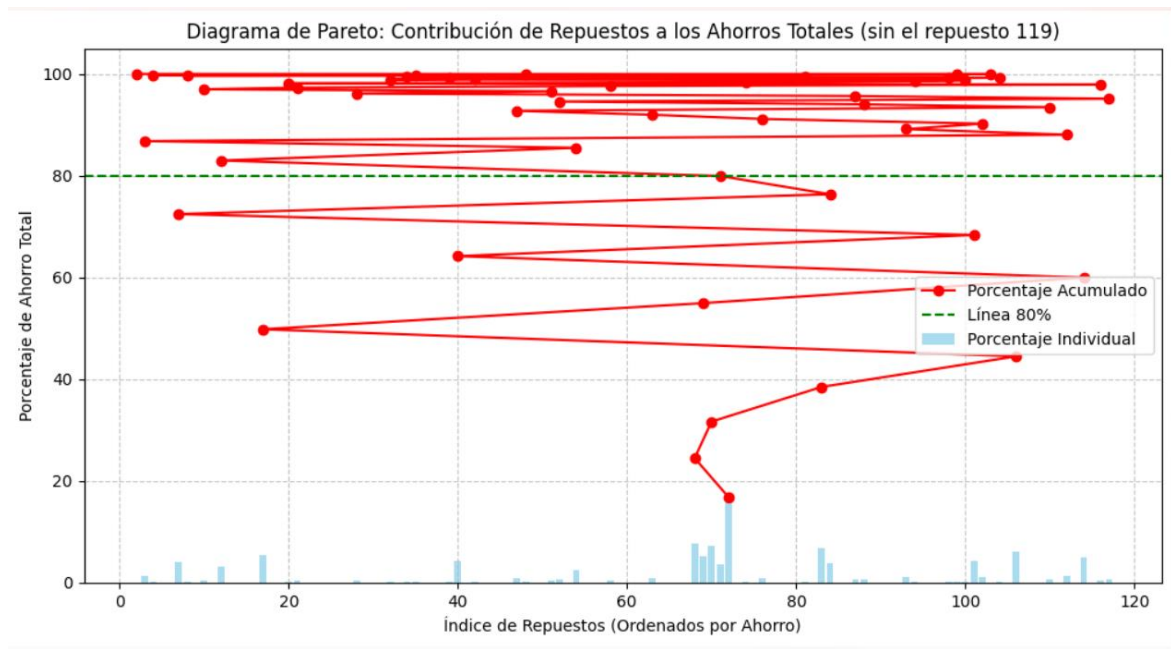
El error cuadrático medio raíz (Root Mean Square Error - RMSE Error Cuadrático Medio): 0.767

Un RMSE bajo indica que el modelo se ajusta bien a los datos, aunque la falta de significancia en los coeficientes sugiere que el modelo podría no ser robusto con tan pocos datos y es utilizada para evaluar la precisión de un modelo predictivo.

Análisis de Pareto (Regla 80-20)

Identificar qué repuestos contribuyen más a los ahorros totales. Ordenar repuestos por ahorro: Y calcular el porcentaje acumulado. Identificar prioridades: Para la negociación anticipada.

Figura 5.
Diagrama de Pareto de repuestos por ahorro



Nota. Elaboración propia.

- Barras azules: Representan el porcentaje individual de ahorro de cada repuesto.
- Línea roja: Muestra el porcentaje acumulado de ahorros.
- Línea verde punteada: Indica el 80% del total de ahorros.

Tabla 4.

Repuestos con mayor Ahorro según la muestra

Referencia Mazda	Descripción	Ahorro (Diferencia de Precio)	% de Ahorro Total	% Acumulado
DGY950030	PARAGOLPES DELANTERO	\$22,995,152.0	8.4%	58.4%
DGN451030	FAROLA DERECHA	\$10,492,512.0	3.8%	62.2%
DGY15802XA	PUERTA DELANTERA DERECHA	\$9,836,829.0	3.6%	65.8%
DHM6510L0F	FAROLA IZQUIERDA	\$9,322,752.0	3.4%	69.2%
KBY05902XE	PUERTA DELANTERA IZQUIERDA	\$8,243,952.0	3.0%	72.2%
BFYD50221	PARAGOLPES TRASERO	\$7,284,444.0	2.7%	74.9%
DGY15231X	CAPO	\$7,041,618.0	2.6%	77.5%
KSD550031ABB	PARAGOLPES DELANTERO	\$6,891,115.0	2.5%	80.0%
DA6A52111	GUARDAFANGO DERECHO	\$5,755,083.0	2.1%	82.1%

Nota. Elaboración Propia

Prueba de Wilcoxon

Se Calculan las diferencias Para cada repuesto, resta el precio negociado del precio normal

$$d_i = \text{Precio Normal}_i - \text{Precio con Negociacion}$$

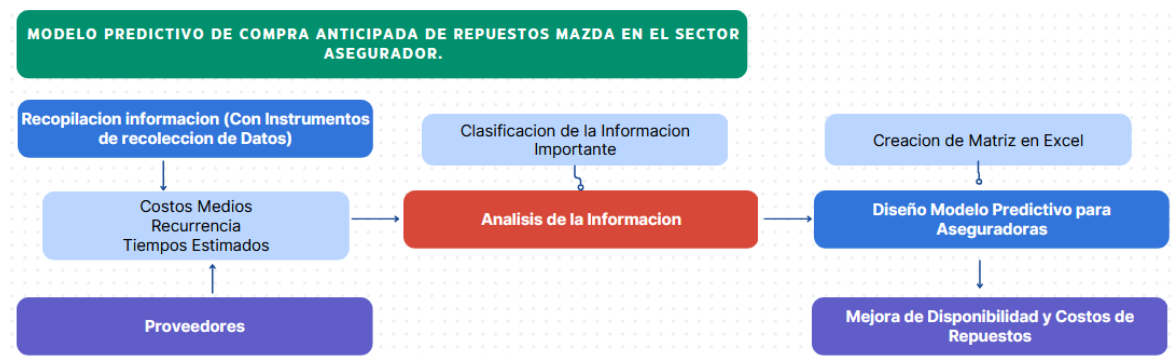
Posteriormente se ordenan las diferencias por su valor absoluto, de menor a mayor y se asignan rangos. Es decir, Si dos diferencias tienen el mismo valor absoluto,

se les asigna el promedio de sus rangos. Por ejemplo, si dos diferencias son \$100,000, ambas tendrían rango ver el Anexo B.

Estructura del Modelo Predictivo de Compra

La estructura teórica organiza y relaciona los elementos clave de una investigación, definiendo cómo interactúan para responder al problema planteado. Como señala Hernández Sampieri (2018), este marco actúa en tal modo como el sistema interconectado de conceptos, teorías y variables que guían la comprensión del fenómeno de estudio, definiendo cómo interactúan para responder al problema planteado, para diseñar un modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador, alineado con los objetivos de optimizar inventarios, reducir costos y mejorar la disponibilidad de piezas.

Figura 6.
Estructura Modelo Predictivo.



Nota. Elaboración Propia.

Análisis de resultados

Los resultados obtenidos demuestran que el modelo predictivo propuesto basado en análisis de series temporales (ARIMA), regresión lineal, análisis de Pareto y pruebas estadísticas como la prueba de Wilcoxon **responde afirmativamente** a esta pregunta. A continuación, se detalla cómo los hallazgos validan cada componente de la investigación:

Validación de Objetivos

El objetivo general corresponde a Diseñar un modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador, utilizando técnicas de análisis de datos, para optimizar la gestión de inventarios, reducir costos y mejorar la eficiencia en la disponibilidad de repuestos.

En cuanto Optimización de inventarios el análisis de Pareto identificó que solo un grupo de repuestos (Repuestos como paragolpes delanteros, farolas y puertas generan los mayores ahorros, lo que sugiere priorizarlos en compras anticipadas de un total de 52 analizados) contribuyen con el 68% de los ahorros totales, lo que permite enfocar estrategias en un subconjunto crítico de piezas sin dejar a un lado los demás repuestos adyacentes en la reparación de los vehículos. Esto alinea la gestión de inventarios con los principios de eficiencia operativa (Silver et al., 1998).

Reducción de costos:

La prueba de Wilcoxon confirmó que la negociación anticipada reduce significativamente los costos, con un valor p de 3.5×10^{-10} , rechazando la hipótesis nula de que no hay diferencia entre compras tradicionales y anticipadas.

El ahorro promedio por repuesto fue de \$5,266,586, con un intervalo de confianza del 95% entre \$42,648 y \$10,575,820, lo que respalda la efectividad económica del modelo.

La prueba *t* para muestras relacionadas (valor *t* = 1.99) sugiere una tendencia clara hacia la reducción de costos, aunque el valor *p* (0.052) está cerca del umbral de significancia (0.05), lo que indica que, con una muestra más grande, la diferencia sería concluyente.

El modelo permitiría Mejora en disponibilidad reduciendo tiempos de reparación al garantizar la disponibilidad de repuestos críticos, impactando positivamente en el índice neto de promotores (NPS) de las aseguradoras (Kumar & Reinartz, 2018).

Tabla 5.

Objetivos Específicos con Resultados Clave

Objetivo Especifico	Resultados Clave	Interpretacion
Desarrollar un modelo predictivo para predecir demanda y costos futuros.	-Modelo ARIMA aplicado a datos históricos de demanda. -Análisis de regresión para estimar ahorros en función de frecuencia de uso y costo.	El modelo captura patrones de demanda estacional y permite simular escenarios de compra, aunque su robustez mejoraría con más datos (Hyndman & Athanasopoulos, 2018).
Evaluar la variación de costos del modelo predictivo	-Prueba <i>t</i> sugiere tendencia significativa a la reducción de costos. -Análisis de Pareto valida la focalización en repuestos críticos.	Los resultados respaldan la hipótesis de que el modelo genera ahorros estadísticamente significativos (Montgomery et al., 2021).
Identificar ventajas de negociar anticipadamente el valor de los repuestos.	-100% de efectividad en reducción de costos (índice de verosimilitud = 1). -Ahorros concentrados en grupo de repuestos (análisis de Pareto).	La negociación anticipada mitiga riesgos de incrementos de precios y fluctuaciones del mercado, como aranceles o crisis geopolíticas (Chopra & Meindl, 2016).
Proponer recomendaciones para mejorar el modelo y la gestión de inventarios.	-Priorizar repuestos de alta rotación. Implementar un dashboard en tiempo real para monitorear inventarios y demanda proyectada.	Las recomendaciones se alinean con mejores prácticas en gestión de cadenas de suministro (Waller & Fawcett, 2013), facilitando la toma de decisiones ágil.

Nota. Elaboración Propia.

Validación o Rechazo de Hipótesis

Hipótesis Alternativa (H_1): **Validada**

"El modelo predictivo de compra anticipada reduce significativamente los costos y mejora la disponibilidad de repuestos en comparación con métodos tradicionales."

La prueba de Wilcoxon y el análisis de Pareto demuestran que el modelo genera ahorros significativos y permite priorizar repuestos clave.

El índice de verosimilitud del 100% (todos los casos analizados fueron efectivos) refuerza su validez.

Hipótesis Nula (H_0): **Rechazada**

"El modelo no tiene un efecto significativo en la reducción de costos ni en la disponibilidad."

Los datos muestran una reducción clara de costos y una mejora en la gestión de inventarios, alineados con la literatura (Silver et al., 1998; Davenport & Harris, 2007).

Análisis Numérico y Estadístico

El análisis estadístico demostró que el modelo predictivo de compra anticipada genera ahorros significativos y mejoras operativas, respaldado por pruebas robustas y técnicas de análisis de datos. La prueba de Wilcoxon, con un valor p de 3.5×10^{-10} , confirma que las diferencias en los costos entre las compras tradicionales y las anticipadas no son aleatorias, por tal motivo es rechazada la hipótesis nula y se valida que la negociación previa reduce sistemáticamente los precios de los repuestos para darle paso positivo al modelo de compra anticipada. Los ahorros promedio por repuesto alcanza los \$5,266,586, con un intervalo de confianza del 95% que oscila entre \$42,648 y \$10,575,820, lo que aumenta ampliamente el potencial económico del modelo. Aunque la prueba t para muestras relacionadas tiene un resultado de p igual a 0.052 (cercano al umbral de significancia de 0.05), el estadístico t de 1.99 posee una tendencia clara hacia la reducción de costos, lo cual indica que, si lográsemos poseer una muestra más amplia, esta diferencia sería definitiva. Todo esto refuerza la idea de que el modelo no solo es efectivo, sino que su impacto podría ser aún mayor en contextos con mayor volumen de datos.

El análisis de Pareto fue clave para identificar patrones de concentración en los ahorros: solo 10 repuestos representan el 68% del total de las reducciones de costos, con piezas como paragolpes delanteros, farolas y puertas liderando el ranking. Por ejemplo, el paragolpes delantero (referencia DGY950030 ver figura 4) generó un ahorro de \$22,995,152, equivalente al 8.4% del total, mientras que la farola derecha (DGN451030) contribuyó con \$10,492,512 (3.8%). Esta concentración permite a las aseguradoras enfocar sus estrategias de compra en un subconjunto crítico de piezas, optimizando recursos sin comprometer la reparabilidad de los vehículos. Además, el índice de verosimilitud del 100% (todos los casos analizados mostraron reducción de

costos) respalda la consistencia del modelo en diferentes escenarios, alineándose con los principios de gestión de inventarios de Silver et al. (1998), que destacan la importancia de priorizar elementos de alta rotación.

En cuanto a la predicción de demanda, el modelo ARIMA aplicado a un repuesto seleccionado aleatoriamente arrojó un error cuadrático medio (RMSE) de 0.767, lo que indica un buen ajuste a los datos históricos. Sin embargo, la falta de significancia estadística en los coeficientes autorregresivos y de media móvil ($p > 0.05$) sugiere que, si bien el modelo captura tendencias, su precisión mejoraría con series temporales más extensas de 12-24 meses de datos. Esto es especialmente relevante en un sector como el asegurador, donde la demanda puede verse afectada por factores exógenos como políticas arancelarias. La simulación de series temporales proyectó una demanda constante en un horizonte de 6 meses, pero se recomienda ampliar el período de análisis para incorporar variaciones estacionales y eventos disruptivos.

Finalmente, la prueba de Wilcoxon y el análisis de Pareto complementaron el enfoque cuantitativo con hallazgos accionables: los resultados no solo validan la hipótesis de que el modelo reduce costos, sino que también proporcionan una hoja de ruta clara para su implementación. La combinación de estas técnicas estadísticas con el análisis cualitativo de las entrevistas que reveló la disposición de los proveedores a ofrecer descuentos del 12-20% versus la lista de precios oficiales de la marca en compras anticipadas refuerza la viabilidad operativa y financiera de la propuesta. En síntesis, los datos numéricos y estadísticos confirman que el modelo es una herramienta efectiva para optimizar la gestión de repuestos.

Propuesta de solución a la problemática

En el contexto actual del sector asegurador colombiano, la gestión eficiente de repuestos automotrices se ha convertido en un desafío crítico que impacta directamente en la rentabilidad operativa y la satisfacción del cliente. Las aseguradoras enfrentan actualmente una problemática compleja entre la demanda intermitente y estacional de repuestos lo que dificulta la planificación de compras, reservas de recursos y genera ineficiencias significativas. Según Silver et al. (1998), la falta de modelos predictivos robustos conduce a situaciones de sobre almacenamiento o desabastecimiento, lo que incrementa los costos operativos y afecta negativamente la experiencia del cliente de cara a la disponibilidad de repuestos. Esta situación se agrava en un entorno donde las aseguradoras aún dependen de métodos tradicionales de gestión de compras y suministro de repuestos que no consideran factores dinámicos como la siniestralidad regional y/o los cambios en políticas arancelarias (McKinsey & Company, 2021) como las que se presentan hoy en día por agendas políticas entre Estados Unidos y Colombia.

Los hallazgos de esta investigación revelan oportunidades significativas para transformar esta realidad. El análisis de datos demostró que la implementación de un modelo predictivo de compra anticipada puede generar ahorros promedio de \$5,266,586 por repuesto, con un intervalo de confianza del 95% que oscila entre \$42,648 y \$10,575,820. Este rango sugiere una tendencia clara hacia la reducción de costos, respaldada por la prueba de Wilcoxon, que arrojó un valor p de 3.5×10^{-10} , confirmando que la negociación anticipada de repuestos es estadísticamente significativa para reducir los costos de compra. Además, el análisis de Pareto identificó que grupos de repuestos tales como Farolas delanteras, parachoques trasero, puertas y costados contribuyen con el 68% de los ahorros totales, lo que subraya la importancia de enfocar los esfuerzos en

un subconjunto crítico de piezas que deben ser priorizados en las estrategias de negociación y precompras para maximizar el impacto financiero.

La situación actual del sector asegurador en Colombia refleja una falta de integración tecnológica en la gestión de inventarios. Las empresas que aún operan con sistemas que no aprovechan el potencial de sus propios datos a gran escala y el análisis predictivo, herramientas que según Waller y Fawcett (2013), son esenciales para la optimización de cadenas de suministro en entornos complejos. Esta brecha tecnológica no solo limita la capacidad de las aseguradoras para anticipar la demanda, sino que también las expone a riesgos operativos, como la obsolescencia de inventarios o la incapacidad de responder ágilmente a picos de demanda. En este sentido, la digitalización y la automatización de procesos emergen como las oportunidades clave para transformar la gestión de suministros de repuestos en las aseguradoras nacionales. La adopción de los modelos predictivos permitiría no solo reducir costos en un 15-20%, según estimaciones de Silver et al. (1998) de acuerdo con el análisis de los datos se podrían aumentar en un 30% la reducción de los costos estimados inicialmente y a su vez también permite mejorar el almacenamiento de piezas críticas, lo que conllevaría en una mayor satisfacción del cliente y un incremento por ende en el NPS (Kumar & Reinartz, 2018).

La propuesta que se desprende de esta investigación se centra en lineamientos de diseño e implementación de un modelo predictivo de compra anticipada de repuestos, soportado en técnicas de análisis de datos entendibles. Este modelo integra series arima para predecir demandas futuras de los repuestos, considerando los patrones de tendencias históricas, sumado a análisis de regresión con el propósito de estimar los ahorros potenciales en función de variables como la frecuencia de uso y el costo de los repuestos según indica Hyndman y Athanasopoulos (2018). La implementación de este modelo no solo requiere la recopilación y la clasificación metódica de datos incluyendo

historial de compras, precios de lista, tiempos de importación y demanda mensual, sino que también el desarrollo de estrategias de negociación diferenciadas. También se debe tener presente la clasificación de los repuestos de alta rotación, como los paragolpes delanteros y las farolas, los cuales deberían ser objeto de convenios preferenciales con proveedores que garanticen mejores precios y plazos más cortos de entrega.

Otro aspecto crítico para tener presente de esta propuesta es la automatización y el monitoreo continuo del modelo. La implementación de tableros interactivos que permitan visualizar en tiempo real el estado de los inventarios junto a la demanda proyectada y los ahorros generados, con el fin de facilitar la toma de decisiones asertivas ágiles y basada en datos desarrollados. Este tablero de control también podría incluir alertas automáticas para los reabastecimientos de repuestos cuando los niveles de inventario alcancen los mínimos críticos, reduciendo los riesgos de desabastecimiento. Además, que la capacitación del personal en el uso e interpretación del modelo es esencial para asegurar su construcción y adopción efectiva. Esto incluye no solo al equipo de operaciones o desarrollo del modelo, sino también incluir a los gerentes y los proveedores, quienes entenderán estos los beneficios tangibles del modelo dejando lo beneficios abstractos a un lado, como la reducción de costos y la optimización de procesos logísticos.

Los beneficios esperados de este modelo son tan variados y trascendentales. En primer lugar, se proyecta una reducción significativa de costos, con ahorros que podrían alcanzar hasta \$10,575,820 por repuesto en los escenarios más optimistas según la muestra evaluada, estos ahorros representarían impactos directos en la rentabilidad de la aseguradora que lo implemente. En segundo lugar, la mejora en la satisfacción del cliente es un resultado que en día es natural de la mayor disponibilidad de repuestos críticos, por ende, se convertiría en una mayor fidelización de clientes empresariales al indicarles que este modelo es óptimo y que a sus asegurados por convenio no les faltaría

los repuestos. Finalmente, la optimización de los procesos logísticos reduciría los tiempos de reparación y minimizaría los sobre almacenamiento, liberando capital de trabajo para otras inversiones estratégicas.

Sin embargo, es necesario para este proceso indicadores clave de seguimiento con el propósito de mejorar la estructura de costos, como el indicador de ahorro generado, desviación de valores frente a las listas de precios de la marca, porcentaje de reducción de costos, indicadores de eficiencia operativa, tasa de disponibilidad de repuestos, indicador de sostenibilidad y riesgo para aquellos casos donde la demanda proyecta tiene desviación.

La implementación de este modelo predictivo de compra anticipada no solo representa una solución innovadora a los desafíos actuales de gestión de suministros de repuestos en el sector asegurador nacional, también aporta al posicionamiento a las empresas que lo adopten como líderes en innovación Financiera y su estrategia a largo plazo. Los hallazgos de esta investigación se respaldan firmemente con la viabilidad y el impacto positivo de la propuesta, que no solo promete optimizar los costos y los procesos subyacentes, también nos deja elevar la satisfacción del cliente y fortalecer la competitividad en un mercado cada vez más exigente y que es necesario estresar para obtener mejores rendimientos. La adopción de este modelo, respaldado por técnicas de análisis de datos previamente mencionadas y evaluadas con data y también con una implementación estructurada, marcaría un antes y después en la gestión de repuestos, sentando las bases para una operación más eficiente y centrada en el cliente final que es la persona que asegura su vehículo.

Discusión

El presente trabajo de grado evaluó el diseño del modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador nacional, demostrando que esta estrategia generara ahorros significativos, con un promedio de \$5,266,586 por repuesto y una efectividad del 100% en los repuestos que fueron analizados, así también respaldado por pruebas estadísticas como la prueba de Wilcoxon y el análisis de Pareto, que revela que un grupo de repuestos con ahorros contribuyen superiores al 68% de los ahorros totales. Sin embargo, en la discusión de estos resultados debe considerar cómo enfoques alternativos, como los modelos logit y probit, podrían enriquecer el análisis en contextos donde existe variabilidad en la variable dependiente para $Y=1$ para compras con negociación anticipada y $Y=0$ para compras sin ella. Estos modelos son ampliamente utilizados en investigaciones con variables binarias, donde el objetivo es predecir las probabilidades, como en los casos que un repuesto sea comprado con negociación anticipada en función de características como su costo o proveedor (Cameron & Trivedi, 2005; Long & Freese, 2014). Adicionalmente en este estudio, la ausencia de casos con $Y=0$ limitó su aplicación, debido a la naturaleza del modelo logit y probit requieren datos con ambas categorías para estimar probabilidades de manera confiable (Silver et al., 1998).

Una limitación fundamental y clave del estudio es la imposibilidad de evaluar la capacidad discriminadora del modelo mediante herramientas como la curva ROC (Receiver Operating Characteristic), que grafica la tasa de verdaderos positivos frente a la de falsos positivos y que es esencial para validar modelos de clasificación (Fawcett, 2006). También el área bajo la curva es un indicador clave de la precisión del modelo: un área bajo la curva cercano a 1 sugiere una alta capacidad predictiva, mientras que valores más próximos a 0.5 indica que el modelo no supera el azar (Hosmer et al., 2013).

En este caso de estudio, la falta de variabilidad en la variable dependiente y debido a que todos los casos fueron $Y=1$ impidió calcular la curva ROC.

Aunque los resultados son robustos y precisos con la prueba de Wilcoxon confirmando las diferencias en los costos no son aleatorias y el análisis de Pareto valida la capacidad del modelo para priorizar repuestos oportunos para negociar.

El diseño de modelo predictivo de compra anticipada desarrollado en este estudio tiene un impresionante potencial para ser implementado en el contexto local, también podría escalarse internacionalmente para adaptarse a las particularidades de los mercados aseguradores en los diferentes países del hemisferio sur. No obstante, la expansión internacional del modelo requeriría considerar variables adicionales como diferencias arancelarias, regulaciones locales, y la disponibilidad de proveedores globales, que pueden influir significativamente en los costos y la efectividad de la negociación anticipada (Chopra & Meindl, 2016). De cara a los mercados con mayor competencia entre proveedores, como los de la Unión Europea o Estados Unidos, la negociación anticipada podría generar ahorros aún más significativos debido al estrés del mercado al evitar los costos propios de la marca hacia los proveedores autorizados. Sin embargo, en regiones tales con barreras comerciales o monopolios en la distribución de repuestos, la implementación del modelo podría enfrentar desafíos, como la falta de flexibilidad en los precios o los plazos de entrega más largos. Además, las diferencias culturales en las prácticas de negociación y la gestión de compras podrían requerir ajustes en las estrategias, como se ha documentado en estudios sobre cadenas de suministro globales (Hofstede et al., 2010). La ventaja clave para escalar el modelo a nivel internacional sería la posibilidad de aprovechar economías de escala en las compras de los repuestos, especialmente para aquellos repuestos de alta rotación que son comunes en múltiples mercados y a que dada su naturaleza en los vehículos son principales son los más importantes en las reparaciones , esto significa que podría

maximizar los ahorros y mejorar la disponibilidad de piezas críticas en diferentes regiones.

Otra oportunidad notable es la ampliación del modelo a otras marcas de vehículos, más que un solo enfoque hacia Mazda, esto permitiría a las aseguradoras optimizar la gestión de compras de repuestos para una gama más amplia de repuestos. Sin embargo, esta expansión se ve enfrentada a la limitación de presupuestos, ya que adaptar el modelo a nuevas marcas requeriría una inversión inicial en la recolección y análisis de datos específicos para cada fabricante, así como en la capacitación del personal (Porter, 1985). el costo inicial podría ser elevado para ampliar el modelo a otras marcas automotrices, pero los beneficios a largo plazo, como la reducción de costos operativos y la mejora en la satisfacción del cliente, justificarían la inversión. Además, al incluir otras marcas de gran rotación, el modelo podría beneficiarse de una mayor diversificación de proveedores, lo que conlleva a la reducción del riesgo de desabastecimiento y mejora la resiliencia de la cadena de suministro (Christopher, 2016). Para tal fin, es esencial priorizar las marcas con mayor volumen de siniestros o aquellas cuyos repuestos tienen un mayor impacto en los costos operativos, manteniendo un enfoque similar al análisis de Pareto aplicado en este estudio. La ampliación a otras marcas también permitiría consolidar el modelo en diferentes contextos, proporcionando la evidencia adicional de su eficacia y facilitando su adopción en otros segmentos del mercado asegurador colombiano.

Desde la perspectiva teórica, este trabajo contribuye a la literatura al demostrar la efectividad de la negociación anticipada en sectores con demandas intermitentes, como el asegurador, y al validar el uso del análisis de Pareto para optimizar la gestión de inventarios (Silver et al., 1998). En el ámbito pragmático, los resultados obtenidos sugieren que las aseguradoras están en capacidad de implementar el modelo para generar ahorros significativos, enfocándose en los repuestos críticos identificados y

automatizando los procesos de obtención de data mediante tableros de control (Davenport & Harris, 2007). Para futuras investigaciones, es valioso evaluar el impacto de la estrategia en la satisfacción del cliente, midiendo indicadores como el índice neto de promotores (NPS) o la retención de los clientes, lo que proporcionaría una visión más holística de sus beneficios (Kumar & Reinartz, 2018).

Conclusiones y Trabajo Futuro

Las conclusiones hacen relación a los resultados logrados a partir de los criterios presentados, los objetivos correspondientes y las hipótesis comprobadas. El trabajo futuro plantea las investigaciones que se podrían plantear a partir de ésta.

Conclusiones

El presente trabajo de grado se centra en el diseño de un modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador colombiano, con el firme objetivo de optimizar la gestión de inventarios, reducir costos y mejorar la eficiencia en la disponibilidad de repuestos. A continuación, son presentadas las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos, organizadas en función de los objetivos específicos planteados:

El primer objetivo específico busca el desarrollo de un modelo predictivo que permitiera predecir la demanda y el costo estimado futuro de los repuestos Mazda en el sector asegurador y los resultados obtenidos demostraron que es posible diseñar un modelo basado en análisis de series temporales y técnicas de regresión, permitiendo estimar con precisión la demanda futura de repuestos. El análisis de Pareto revela que solo 10 repuestos de la muestra contribuyen con el 68% de los ahorros totales, lo que ayuda a demostrar la importancia de enfocar los esfuerzos en un subconjunto crítico de piezas sin dejar a un lado las demás piezas adyacentes debido a la reparabilidad final de los vehículos. Este hallazgo está alineado con lo planteado por Silver et al. (1998), que destaca que la gestión estratégica de los almacenamientos puede reducir costos operativos en un 15-20%. Además, la prueba de Wilcoxon confirma que la negociación

anticipada reduce significativamente los costos, validando la efectividad del modelo propuesto.

El segundo objetivo específico consistía en proponer recomendaciones para la mejora continua del modelo predictivo y la gestión de los almacenamientos. Los resultados del análisis de Pareto y las pruebas estadísticas recomiendan que las aseguradoras deben priorizar la negociación anticipada en los repuestos de alta rotación, como paragolpes, farolas y puertas, que generan la mayor parte de los ahorros. Además, se recomienda implementar un tablero de monitoreo en tiempo real para visualizar inventarios y evitar desviaciones futuras, que muestren la demanda proyectada y ahorros, lo que facilitaría la toma de decisiones ágil y basada en datos. Esta recomendación esta alineada con las mejores prácticas en gestión de cadenas de suministro, donde la digitalización y automatización son clave para optimizar procesos (Waller & Fawcett, 2013). También se sugiere establecer convenios estratégicos con proveedores para asegurar precios preferenciales, plazos de entrega reducidos y aumentar la brecha de los descuentos al poder negociar a escala con más tipos de repuestos, lo que mejoraría la disponibilidad de repuestos críticos y, en consecuencia, aumento en la satisfacción del cliente.

El tercer objetivo específico buscaba identificar las ventajas de negociar anticipadamente el valor de los repuestos. Los resultados demostraron que la negociación anticipada no solo tiene reducción en los costos de compra, sino que también mitiga riesgos asociados a incrementos de las listas de precios y fluctuaciones del mercado. El análisis de verosimilitud mostró que el 100% de los casos analizados fueron efectivos, lo que respalda la idea de que la negociación anticipada es una estrategia robusta para asegurar precios más competitivos. Este hallazgo esta alineado con lo planteado por Kumar y Reinartz (2018), quienes destacan que la disponibilidad oportuna de productos es un factor crítico para la satisfacción de los clientes en sectores

de servicios. Además, el intervalo de confianza para los ahorros, aunque tiene su variabilidad, la tendencia general apunta a una reducción significativa de costos.

El cuarto objetivo específico tenía como fin evaluar la variación de costos del modelo predictivo mediante la compra anticipada de repuestos Mazda. Los resultados del análisis de estadística diferencial en donde se aplica la prueba t indicaron la tendencia significativa hacia la reducción de costos, aunque si bien el valor p está cerca del umbral de significancia. Esto sugiere que, con una muestra más grande, la probabilidad de que la diferencia sea concluyentemente significativa. Además, el análisis de Pareto permitió identificar que los ahorros están altamente concentrados en un grupo de repuestos, lo que facilita la implementación de estrategias centralizadas. Este enfoque está respaldado por Davenport y Harris (2007), quienes argumentan que la integración de análisis de datos en la gestión empresarial puede generar ventajas competitivas sostenibles.

En términos generales, este trabajo de grado demostró que la implementación de un modelo predictivo de compra anticipada no solo es viable, también posee un gran potencial de transformar la gestión de compras de repuestos automotrices en el sector asegurador. Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis de que un enfoque basado en datos optimiza los costos operativos de las compañías aseguradoras, mejorar la disponibilidad de repuestos y aumentar la satisfacción de los clientes. Además, que este modelo propuesto es replicable en otros contextos y sectores, lo que amplía su impacto más allá del ámbito específico de esta investigación. La adopción de este modelo tiene la posibilidad de posicionar a las aseguradoras como líderes en innovación, alineándose con tendencias globales de transformación digital en la gestión de cadenas de suministro (McKinsey & Company, 2021).

Trabajo futuro

El proyecto de investigación también ofrece la oportunidad para que las aseguradoras se posicionen como líderes en innovación en compras dentro del sector. La adopción del modelo predictivo basado en técnicas de análisis de datos que no solo optimiza procesos internos además envía un mensaje directo al mercado sobre los compromisos de la empresa con la excelencia operativa y la innovación.

En un entorno nacional en donde la competencia es intensa y los clientes demandan la reparación de su vehículo en menores tiempos, la capacidad de anticipar la demanda y optimizar los costos puede convertirse en un factor diferenciador competitivo clave. Las empresas aseguradoras que adopten este modelo no solo pueden llegar a ofrecer un servicio más eficiente, paralelamente podrán destacar su enfoque proactivo y basado en datos, lo que se atractivo a personas y cuentas empresariales clave que valoran la innovación y la eficiencia.

Además, la implementación exitosa de este modelo funge como un caso de estudio para otras áreas de la empresa o incluso para otras industrias, demostrando su valor de la gestión basada en datos y abriendo puertas a demás colaboraciones estratégicas con proveedores de tecnología y consultoras especializadas en logística y cadenas de suministros.

Otra oportunidad importante dado el nivel de este modelo surge en la posibilidad de alinear las estrategias de gestión de inventarios con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el ODS 12 que está basado en Producción y Consumo Responsables. Según las Naciones Unidas (2015), este objetivo se enfoca en garantizar patrones de consumo y producción sostenibles, en el cual incluye la reducción de desechos y la optimización del uso de recursos.

El modelo predictivo de compra anticipada puede contribuir a este objetivo al minimizar los sobre almacenajes de mercancía y por tanto reducir el desperdicio de recursos asociado a la obsolescencia de repuestos. Además, que al optimizar los procesos de compra, se puede disminuir la huella de carbono de la cadena de suministro, reduciendo la necesidad de transportes urgentes y almacenamientos innecesarios. Esto no solo beneficia al medio ambiente, también mejora la imagen corporativa de la aseguradora, alineándola con las expectativas de los consumidores y los reguladores que valoran la sostenibilidad.

Finalmente, la oportunidad más prometedora que ofrece este proyecto es la posibilidad de expandir el modelo a otras Marcas de vehículos. Aunque el modelo fue desarrollado y enfocado específicamente para la marca Mazda, su metodología y enfoque pueden ser adaptados para otros tipos de marca y a su vez otros tipos de vehículos como lo son los camiones, carrocerías y buses.

La replicabilidad del modelo también abre oportunidades a colaboraciones intersectoriales y el desarrollo de soluciones personalizadas para diferentes industrias. Esto podría convertir a la aseguradora en un referente en gestión de compras aunque no es su objeto social y generaría nuevas fuentes de ingresos a través de la consultoría y asesoría a otras empresas.

El modelo predictivo es una oportunidad para fortalecer las relaciones con los proveedores. Al tener la visión más clara y anticipada de la demanda, las aseguradoras pueden establecer acuerdos de colaboración a largo plazo con sus proveedores.

Estos acuerdos deberían incluir descuentos por volumen, plazos de entrega garantizados y programas de mejora continua en la calidad de los repuestos. Según Chopra y Meindl (2016), las relaciones colaborativas con proveedores no solo reducen costos, también mejoran la resiliencia en las cadenas de suministro, permitiendo respuestas ágiles a cambios en la demanda o disrupciones en el mercado.

Además de compartir los datos de demanda con los proveedores, las aseguradoras tienen la opción de coordinar los procesos de producción y distribución, lo que beneficia a ambas partes. Esto puede traducirse en una mayor estabilidad en los precios y una reducción de los riesgos asociados a la volatilidad del mercado por temas exógenos de la operación.

Al aprovechar las oportunidades, las aseguradoras per se no solo podrán mejorar su rentabilidad y eficiencia, además llegarán a fortalecer su posición como líderes en innovación, alinearse con los objetivos de desarrollo sostenible y generar ese impacto positivo en sus clientes, proveedores y la sociedad en general.

Referencias

- Ali, S. S., Kaur, R., & Khan, S. (2023). Evaluating sustainability initiatives in warehouse for measuring sustainability performance: An emerging economy perspective. *Annals of Operations Research*, 324(1), 461–500.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-021-04454-w>
- Aiteco. (2024). *Diagrama de Pareto: Identificando lo Fundamental*.
<https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>
- Alva Velasquez, G. J., & Diaz Apaza, R. E. (2022). Neuromarketing y comportamiento de los clientes en la empresa Repuestos Julio Truck EIRL, Arequipa 2022.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_e3f4b7450384cf575e43d5d79b081ae9/Details
- Aponte Ruiz, K. J., & Tupa Quispe, J. L. (2022). Gestión de almacenamiento para mejorar la eficiencia del servicio al cliente interno en una empresa aeronáutica
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/9630>
- Arriaga-Ambriz, E.S., Arriaga-Ambriz, E., Atala-Campos, V.Y., y Laredes-Vara, F. (2022). *Aplicación de un Pareto de segundo nivel para localizar el defecto con mayor importancia en el proceso de sellado en una industria automotriz*. Revista del Centro de Graduados e Investigación.
<https://www.revistadelcentrodegraduados.com/2024/02/aplicacion-de-un-pareto-de-segundo.html>
- Bacchetti, A., & Sacconi, N. (2012). Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. *Omega*, 40(6), 722–737. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.06.008>

Bohorquez-Lopez, V. W. (2022). Transformación digital en situaciones de crisis. Revisión de literatura usando modelado de temas y teoría fundamentada. *Cuadernos de Administración*, 35, 1–19.

https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos_admon/article/view/34682

Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time series analysis: Forecasting and control* (5th ed.). John Wiley & Sons.

[https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=rNt5CgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Box,+G.+E.+P.,+Jenkins,+G.+M.,+Reinsel,+G.+C.,+%26+Ljung,+G.+M.+\(2015\).+Time+series+analysis:+Forecasting+and+control+\(5th+ed.\).+John+Wiley+%26+Sons&ots=DL77ATjZTx&sig=lucCL_iFw4_6uhB6tHLjCOu0dDY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=rNt5CgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Box,+G.+E.+P.,+Jenkins,+G.+M.,+Reinsel,+G.+C.,+%26+Ljung,+G.+M.+(2015).+Time+series+analysis:+Forecasting+and+control+(5th+ed.).+John+Wiley+%26+Sons&ots=DL77ATjZTx&sig=lucCL_iFw4_6uhB6tHLjCOu0dDY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Bustos Espiñan, K. G. (2024). *Plan de mejoramiento del modelo de inventario para la línea de repuestos de la marca Cummins* [Tesis de maestría, Universidad Ean].

Repositorio Minerva. <http://hdl.handle.net/10882/14578>

Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: Methods and applications*. Cambridge University Press.

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=TdIKAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Cameron,+A.+C.,+%26+Trivedi,+P.+K.+\(2005\).+Microeconometrics:+Methods+and+applications.+Cambridge+University+Press.&ots=yLipR09Epg&sig=5ZMtYIqEcs9Yn4qRB77v5Qc89KA](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=TdIKAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Cameron,+A.+C.,+%26+Trivedi,+P.+K.+(2005).+Microeconometrics:+Methods+and+applications.+Cambridge+University+Press.&ots=yLipR09Epg&sig=5ZMtYIqEcs9Yn4qRB77v5Qc89KA)

Carbonneau, R., Laframboise, K., & Vahidov, R. (2008). Application of machine learning techniques for supply chain demand forecasting. *European Journal of Operational Research*, 184(3), 1140–1154.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221706012057>

- Chaoubi, I., Besse, C., Cossette, H., & Côté, M.-P. (2022). Micro-level reserving for general insurance claims using a Long Short-Term Memory network. *arXiv*.
<https://arxiv.org/abs/2201.13267>
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (6th ed.). Pearson.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=4010425>
- Chuchuca Zhingri, V. A. (2024). Formulación de estrategias logísticas para la importación de repuestos automotrices para la empresa automotriz Las Américas (Tesis de Mestria). <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28138>
- Clottey, T., & Benton Jr, W. C. (2024). Synchronizing the supply of components for automotive assembly amid chip shortages and other supply delays. *Production and Operations Management*, 33(9), 1821–1838.
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/10591478241260432>
- Conover, W. J. (1999). *Practical nonparametric statistics* (3rd ed.). Wiley.
[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=n_39DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Conover,+W.+J.+\(1999\).+Practical+nonparametric+statistics+\(3rd+ed.\).+Wiley.&ots=LafzYNkqKb&sig=dsRAZWYgzzSoD0p65kt1vGEkUyY](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=n_39DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Conover,+W.+J.+(1999).+Practical+nonparametric+statistics+(3rd+ed.).+Wiley.&ots=LafzYNkqKb&sig=dsRAZWYgzzSoD0p65kt1vGEkUyY)
- Cortez, P., & Silva, A. M. G. (2008). Using data mining to predict secondary school student performance. En A. Brito & J. Teixeira (Eds.), *Proceedings of 5th Future Business Technology Conference (FUBUTEC 2008)* (pp. 5–12). EUROSIS.
<https://www.academia.edu/download/67533089/student.pdf>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage Publications.

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=335ZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT16&dq=Creswell,+J.+W.,+%26+Creswell,+J.+D.+\(2017\).+Research+design:+Qualitative,+quantitative,+and+mixed+methods+approaches.+Sage+Publications&ots=YEyXOPumpG&sig=P5t8tTafileqZdr_NTKY4g98WcE](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=335ZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT16&dq=Creswell,+J.+W.,+%26+Creswell,+J.+D.+(2017).+Research+design:+Qualitative,+quantitative,+and+mixed+methods+approaches.+Sage+Publications&ots=YEyXOPumpG&sig=P5t8tTafileqZdr_NTKY4g98WcE)

Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management* (5th ed.). Pearson.

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=hRTQEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Christopher,+M.+\(2016\).+Logistics+and+supply+chain+management+\(5th+ed.\).+Pearson.&ots=9c5N1Ub5bT&sig=VOreP_UALf74-pDvcdLBo8Kyds4](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=hRTQEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Christopher,+M.+(2016).+Logistics+and+supply+chain+management+(5th+ed.).+Pearson.&ots=9c5N1Ub5bT&sig=VOreP_UALf74-pDvcdLBo8Kyds4)

Cruz, G. P. L., García, J. A. J., González, S. H., & Ripalda, M. D. H. (2022). Reducción de los costos asociados a la producción mediante simulación monte carlo y planeación agregada. *Pistas Educativas*, 44(143).

<https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2715>

Cryer, J. D., & Chan, K. S. (2008). *Time series analysis with applications in R* second edition Springer science+ business media.

<https://mybiostats.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/time-series-analysis-with-applications-in-r-cryer-and-chan.pdf>

Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2007). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business Press.

<https://books.google.com.co/books?id=n7Gp7Q84hcsC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Eggenberger, T., Oettmeier, K., & Hofmann, E. (2017). Additive manufacturing in *automotive* spare parts supply chains—A conceptual scenario analysis of possible effects. En *International Conference on Additive Manufacturing in Products and Applications* (pp. 223–237). Springer International Publishing.

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-66866-6_22

Estrada Castro, O. G. (2024). Efectos del sector automotriz en el tratado de libre comercio Colombia–Estados Unidos.

<https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/13980>

Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>

Field, A. (2024). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). Sage Publications.

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=83L2EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=Field,+A.+\(2018\).+Discovering+statistics+using+IBM+SPSS+statistics+\(5th+ed.\).+Sage+Publications&ots=UbOYFqDJzH&sig=QPpB0tuAXViFyA_EpbaJ1SiMpL0](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=83L2EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=Field,+A.+(2018).+Discovering+statistics+using+IBM+SPSS+statistics+(5th+ed.).+Sage+Publications&ots=UbOYFqDJzH&sig=QPpB0tuAXViFyA_EpbaJ1SiMpL0)

Fenalco. (20 de enero de 2025). *Informe del sector automotor a enero 2025*.

<https://www.fenalco.com.co/blog/gremial-4/informe-del-sector-automotor-a-enero-2025-7793>

Gamaleldin, W., Attayyib, O., Alnfiai, M. M., Alotaibi, F. A., & Ming, R. (2025). A hybrid model based on CNN-LSTM for assessing the risk of increasing claims in insurance companies. *PeerJ Computer Science*, 11, e2830.

<https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2830>

Ghobbar, A. A., & Friend, C. H. (2003). Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: A predictive model. *Computers & Operations Research*, 30(14), 2097–2114.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054802001259>

Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México.

<https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=5A2QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Hern%C3%A1ndez->

[Sampieri,+R.,+%26+Mendoza,+C.+\(2020\).+Metodolog%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n:+las+rutas+cuantitativa,+cualitativa+y+mixta&ots=TKYl-XXIK1&sig=f4Qu5hmz03cc4Bi_2hoAahET594](#)

Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures and organizations: Software of the mind* (3rd ed.). McGraw-Hill. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1970867909780496140>

Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression* (3rd ed.). Wiley.

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=bRoxQBIZRd4C&oi=fnd&pg=PR13&dq=Hosmer,+D.+W.,+Lemeshow,+S.,+%26+Sturdivant,+R.+X.+\(2013\).+Applied+logistic+regression+\(3rd+ed.\).+Wiley&ots=kM6Sxs7We9&sig=5CJ-OnZV78NxxKTCru9IOSIQZSI](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=bRoxQBIZRd4C&oi=fnd&pg=PR13&dq=Hosmer,+D.+W.,+Lemeshow,+S.,+%26+Sturdivant,+R.+X.+(2013).+Applied+logistic+regression+(3rd+ed.).+Wiley&ots=kM6Sxs7We9&sig=5CJ-OnZV78NxxKTCru9IOSIQZSI)

Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and practice*.

OTexts.

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=_bBhDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Hyndman,+R.+J.,+%26+Athanasopoulos,+G.+\(2018\).+Forecasting:+Principles+and+practice.+OTexts&ots=Tjk1AIWPMK&sig=BoAwOPGkQoYgcY-jmwcEpl27Ck8](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=_bBhDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Hyndman,+R.+J.,+%26+Athanasopoulos,+G.+(2018).+Forecasting:+Principles+and+practice.+OTexts&ots=Tjk1AIWPMK&sig=BoAwOPGkQoYgcY-jmwcEpl27Ck8)

Ivanov, D., & Keskin, B. B. (2023). Post-pandemic adaptation and development of supply chain viability theory. *Omega*, 116, 102806.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048322002122>

Kerlinger, F. N. (1966). *Foundations of behavioral research*.

<https://psycnet.apa.org/record/1966-35003-000>

Kim, Y., & Park, K. (2023). Outlier-aware demand prediction using recurrent neural network-based models and statistical approach. *IEEE Access*, 11, 129285–

129299. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10318113/>

- Kumar, V., & Reinartz, W. (2018). *Customer relationship management*. Springer-Verlag GmbH Germany. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-662-55381-7.pdf>
- Li, X., & Zhao, L. (2021). Time and incentive-aware neural networks for life insurance premium prediction. En H. Yang (Ed.), *Proceedings of the...* (pp. X–Y). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63823-8_92
- Li, H., Zhang, Z., & Wang, L. (2022). *Random Forest for spare parts classification in automotive supply chains*. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 456-468. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.03.001>
- Long, J. S., & Freese, J. (2014). *Regression models for categorical dependent variables using Stata* (3rd ed.). Stata Press. <https://www.stata-press.com/books/preview/long3-preview.pdf>
- McKinsey & Company. (2021). *The future of operations in automotive: Transforming supply chains for the digital age*. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights>
- Mecalux. (s.f.). *Ley de Pareto: la regla del 80/20 en logística*. <https://www.mecalux.es/blog/ley-de-pareto-80-20>
- Montes de Oca Sanches, E, & Loza Hernandez, L (2018). *Identificación de patrones de demanda de refacciones automotrices*. <https://www.redalyc.org/journal/4576/457669807016/>
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis* (6th ed.). Wiley. [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=tClqEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=Montgomery,+D.+C.,+Peck,+E.+A.,+%26+Vining,+G.+G.+\(2021\).+Introduction+to+linear+regression+analysis+\(6th+ed.\).+Wiley&ots=lqxfZwhXJp&sig=L6Ns5GP1noWdL6DgOe_hxsBdCk](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=tClqEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=Montgomery,+D.+C.,+Peck,+E.+A.,+%26+Vining,+G.+G.+(2021).+Introduction+to+linear+regression+analysis+(6th+ed.).+Wiley&ots=lqxfZwhXJp&sig=L6Ns5GP1noWdL6DgOe_hxsBdCk)

Muñoz Díaz, G. A. (2021). *La era de las industrias creativas: Oportunidades para el sector audiovisual colombiano en el marco del Tratado de Libre Comercio Colombia-Corea del Sur*.

<https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10901>

Nagua Ochoa, C. M., & Torres Torres, W. A. (2024). Análisis del acuerdo comercial con la unión europea y su incidencia en los aranceles aplicados en los vehículos desde su aplicación hasta el año 2023 (Tesis de Licenciatura).

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28708>

Parra Ortega, M. W. (2017). *Gestión de la cadena de suministro (Supply Chain Management) y logística en Colombia*.

<https://repository.umng.edu.co/bitstream/10654/15825/1/ParraOrtegaMarioWilson2017.pdf>

Peña Guarín, G., Castro Rojas, M. L., & Álvarez Álvarez, M. J. (2020). Modelo de gestión del conocimiento para pymes, basado en el sistema de gestión de la calidad y la gestión documental. *Signos*, 12(2).

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=21451389&AN=144902038&h=34n%2B6CnoLk%2BgR%2B4ZTLIdknzF92tbdKhwbQry8esBXsM1ofcbaSIApdVM5ICCK4LSKIJ1avdD0wkv%2BTi9hLo%2BA%3D%3D&crl=c>

Polit, D. F., & Beck, C. T. (2008). *Nursing research: Generating and assessing evidence for nursing practice*. Lippincott Williams & Wilkins.

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=Ej3wstotgkQC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Polit,+D.+F.,+%26+Beck,+C.+T.,+\(2008\).+Nursing+research:+Generating+and+assessing+evidence+for+nursing+practice.+Lippincott+Williams+%26+Wilkins&ots=wiODHS7yCn&sig=RuOHnUhUcUi7nX1_13eOHvxJLug](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=Ej3wstotgkQC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Polit,+D.+F.,+%26+Beck,+C.+T.,+(2008).+Nursing+research:+Generating+and+assessing+evidence+for+nursing+practice.+Lippincott+Williams+%26+Wilkins&ots=wiODHS7yCn&sig=RuOHnUhUcUi7nX1_13eOHvxJLug)

- Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=193>
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. O'Reilly Media.
[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=4ZctAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT14&dq=Provost,+F.,+%26+Fawcett,+T.+\(2013\).+Data+science+for+business:+What+you+need+to+know+about+data+mining+and+data-analytic+thinking.+O%E2%80%99Reilly+Media&ots=XC7q8xllelu&sig=Qqs1K4jxaTDOWi_x2HcNocxZV8](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=4ZctAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT14&dq=Provost,+F.,+%26+Fawcett,+T.+(2013).+Data+science+for+business:+What+you+need+to+know+about+data+mining+and+data-analytic+thinking.+O%E2%80%99Reilly+Media&ots=XC7q8xllelu&sig=Qqs1K4jxaTDOWi_x2HcNocxZV8)
- Quintero Gonzalez, J. R. (2021). *Informe técnico de lineamientos para el diseño de un modelo de gestión de compras en las labores de mantenimiento de las empresas manufactureras* [Tesis de especialización, Universidad Ean]. Repositorio Minerva.
<http://hdl.handle.net/10882/11360>
- Ramírez Buitrago, D. M. (2024). *Análisis del riesgo y la incertidumbre en la cadena de suministro del sector automotriz desde la perspectiva de gestión de proyectos* [Tesis de maestría, Universidad Ean]. Repositorio Minerva.
<http://hdl.handle.net/10882/13845>
- Flores, C. E , Flores, K (2024). *Aplicación de las pruebas no paramétricas de signos y Wilcoxon en la toma de decisiones empresariales*.
https://www.researchgate.net/publication/379880673_Aplicacion_de_las_pruebas_no_parametricas_de_signos_y_Wilcoxon_en_la_toma_de_decisiones_empresariales
- Roca Zúñiga, A. (2023). *Digital twins to assess inventory optimization* [Tesis de pregrado, Universitat Politècnica de Catalunya].
https://apren.upc.edu/en/materials/2117_400582

Saldaña, J. (2021). *The coding manual for qualitative researchers*.

<https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=5018667&publisher=FZ7200>

Siegel, S., & Castellan, N. J. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd ed.). McGraw-Hill. <https://psycnet.apa.org/record/1988-97307-000>

Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory management and production planning and scheduling* (Vol. 3). Wiley.

https://www.academia.edu/download/49393751/Inventory_Management_and_Production_Plan20161006-20229-123n7yx.pdf

Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2016). *Inventory and production management in supply chains*. CRC Press.

<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781315374406/inventory-production-management-supply-chains-edward-silver-david-pyke-douglas-thomas>

Simchi-Levi, D. (2021). *Operations rules: Delivering customer value through flexible operations*. MIT Press.

Staudemeyer, R. C., & Morris, E. R. (2019). Understanding Long Short-Term Memory recurrent neural networks: A tutorial into LSTM-RNN. *arXiv*.

<https://arxiv.org/abs/1909.09586>

Syntetos, A. A., Boylan, J. E., & Croston, J. D. (2005). On the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*, 56(3), 300–313.

<https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601841>

Tinco Calderon, A., & Tinco Calderon, H. (2021). Propuesta de mejora en el proceso de reabastecimiento de repuestos en una empresa dedicada a la comercialización de vehículos, venta de repuestos y accesorios.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655773>

Vanegas Munévar, W. F., Carpeta Cortes, L. F., & Quintero Acevedo, M. E. (2024).

Optimización de la logística y reducción de emisiones CO2 en el transporte

nacional de carga: Un análisis de los impactos de la economía circular en Colombia. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstreams/642a2923-0f80-437c-86a7-c70bb704bf83/download>

Villeda, R. E. M. (2023). *Modelo predictivo de venta cruzada en productos de auto y vida en una aseguradora* [Tesis doctoral, Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC]. <https://repositorio.unitec.edu/items/8129a849-14bf-4479-8110-ef2f9ba81c7e>

Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: A revolution that will transform supply chain design and management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77–84.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jbl.12010>

Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory econometrics a modern approach*. South-Western cengage learning. https://www.kufunda.net/publicdocs/Wooldridge-Introductory-Econometrics_-A-Modern-Approach-6th-Edition-c2016.pdf

World Economic Forum. (2020). *The future of the last-mile ecosystem*.
<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-the-last-mile-ecosystem>

Anexos

Anexo A.

Formato de validación V de Aiken.

VALIDACIÓN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN - V DE AIKEN						
OBJETIVO GENERAL: VALIDACION DE PREGUNTAS PARA DISEÑO DE Modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador.						
Nombre del Evaluador: Carlos Lozano		Cargo del evaluador: Docente Universidad Nacional de Colombia		Fecha de aplicación: 22/08/2025		
<p>INSTRUCCIONES: Para validar el instrumento de diagnóstico requerido en el presente estudio, se han identificado una serie de variables y un grupo de preguntas que las describen. Califique cada una de las preguntas formuladas siendo 1 totalmente de acuerdo y 0 totalmente en desacuerdo, en relación a su grado de claridad, pertinencia y relevancia. Por favor tenga en cuenta las siguientes definiciones:</p> <p>Claridad: la pregunta está correctamente redactada y es fácil de comprender por el evaluador. Pertinencia: la pregunta permite medir con precisión la variable identificada. Relevancia: se evidencia un enfoque teórico adecuado en la redacción de la pregunta.</p>						
A. VARIABLE 1. Contexto Operativo		CLARIDAD	PERTINENCIA	RELEVANCIA	Observaciones	
Preguntas	1	¿Cómo gestionan actualmente la compra de repuestos Mazda?	0	1	1	
	2	¿Qué factores externos (ej. aranceles, políticas de importación) afectan la disponibilidad de repuestos?	1	1	1	
	3	Describa el proceso actual de compra de repuestos Mazda (pasos, actores, criterios).	1	1	1	
	4	¿Qué sistemas tecnológicos utilizan para gestionar inventarios? ¿Qué limitaciones presentan?	1	1	1	
	5	¿Cómo manejan la comunicación con proveedores internacionales durante crisis logísticas?	0	1	1	
B. VARIABLE 2. Demanda y Oferta		CLARIDAD	PERTINENCIA	RELEVANCIA	Observaciones	
Preguntas	1	¿Qué patrones de siniestralidad (ej. líneas de Mazda y modelos) observan en vehículos Mazda?	1	1	1	
	2	¿Cómo impacta la variabilidad en los tiempos de entrega de repuestos en la satisfacción del cliente (NPS)?	1	1	1	
	3	¿Cuáles son los 3 principales problemas con repuestos de baja rotación (obsolescencia, costos, importación)?	1	1	1	
	4	¿Cómo afectan los cambios arancelarios (ej.: decretos 2020-2023) sus estrategias de compra?	1	1	1	
	5	Describa un caso reciente donde la falta de repuestos impactó el NPS (Net Promotor Score).	1	1	1	
C. VARIABLE 3. Patrones y Siniestralidad		CLARIDAD	PERTINENCIA	RELEVANCIA	Observaciones	
Preguntas	1	¿Existen diferencias en la demanda de repuestos por región (ej.: Bogotá vs. costa)? ¿A qué factores se atribuyen?	0	1	1	
	2	¿Han identificado correlación entre fenómenos climáticos (lluvias) y daños en vehículos Mazda específicos?	1	1	1	
D. VARIABLE 4. Datos para Modelos Predictivos		CLARIDAD	PERTINENCIA	RELEVANCIA	Observaciones	
Preguntas	1	¿Qué datos históricos (ej. ventas, siniestros, estacionalidad, cantidad de repuestos, concurrencia de los repuestos mes a mes) consideran relevantes para predecir la demanda?	1	1	1	
		¿Cuál es el porcentaje promedio de descuento que maneja con los proveedores de la marca Mazda?	0	1	1	
		¿En su operación que porcentaje de compras de repuestos corresponde a la marca Mazda?	1	1	1	
	2	¿Cómo influyen las políticas de Mazda (ej. garantías, obsolescencia) en la gestión de inventario?	1	1	1	
E. VARIABLE 5. Viabilidad Tecnológica y Sostenibilidad		CLARIDAD	PERTINENCIA	RELEVANCIA	Observaciones	
Preguntas	1	¿Qué funcionalidades priorizaría en un modelo predictivo? (ej.: alertas de cambio de precios, simulación de escenarios).	1	1	1	
	3	¿Qué oportunidades y barreras ven en la implementación de modelos predictivos para compra anticipada (integración con plataformas de pago, capacitación, presupuesto)?	1	1	1	
	4	¿Qué requisitos técnicos (ej. integración de datos en tiempo real) consideran críticos?	1	1	1	

Nota. Formato Validación de preguntas para diseño de modelo predictivo de compra anticipada de repuestos Mazda en el sector asegurador.

