

**Evaluación del impacto del análisis de datos y la aplicación de un modelo de Machine Learning en la gestión de inventarios en la empresa “Productos Químicos Panamericanos”**

Carlos Andrés Mera García

Asesor

Claudia Patricia Hernandez Arbelaez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI  
Especialización en Ciencia de Datos y Analítica  
2025

---

Claudia Patricia Hernandez Arbelaez

---

Jurado

---

Jurado

### **Dedicatoria**

A Dios, fuente inagotable de sabiduría, fortaleza y luz. Sin Su guía, este camino no habría tenido sentido ni dirección. Gracias por sostenerme en los momentos de cansancio y renovar mi esperanza cuando flaqueaban mis fuerzas.

A mi madre, Marthica, y a mi abuela, Sara Peláez, mujeres admirables que han sido pilares en mi vida, ejemplo de valentía, amor y entrega. Este logro también es suyo.

A mi compañera de vida, Carolina, por ser apoyo constante, compañía firme y aliento en cada paso de este proceso. Tu amor me impulsó a seguir, incluso en los días difíciles.

Y a mi hija Zara, mi mayor inspiración. Que este trabajo sea el testimonio de que, con esfuerzo, fe y dedicación, todo es posible.

## **Agradecimientos**

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la vida, la salud y la claridad para culminar este proyecto. Sin Su presencia, no habría llegado hasta aquí.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por ofrecer espacios de formación de calidad, por su compromiso con la educación y por permitir que muchos sueños, como el mío, se hagan realidad.

A cada uno de los docentes que me acompañaron durante este proceso académico, por su dedicación, orientación y exigencia formativa, que fortalecieron no solo mis conocimientos, sino también mi carácter.

A la empresa Productos Químicos Panamericanos (PQP), por facilitar el acceso a la información, por abrir sus puertas al desarrollo de este proyecto y por demostrar que el conocimiento puede y debe estar al servicio de la mejora organizacional.

Finalmente, a mi familia, por ser mi sostén emocional, por creer en mí en todo momento y por acompañarme con amor y paciencia en cada etapa de este camino.

## Resumen

Esta monografía aborda la problemática del sobreabastecimiento de materias primas en la empresa Productos Químicos Panamericanos (PQP), enfocándose específicamente en la gestión del ácido acrílico, insumo esencial en la fabricación del producto Ultrabond DC. El objetivo principal de la investigación fue diseñar un modelo de gestión de inventarios basado en técnicas de ciencia de datos, orientado a predecir la demanda y optimizar los niveles de inventario.

Se adoptó un enfoque metodológico cuantitativo y aplicado, mediante el uso de revisión documental, análisis de registros históricos de consumo, observación directa del proceso logístico y la implementación de un modelo de regresión lineal múltiple como herramienta predictiva.

Los resultados permitieron identificar las variables con mayor incidencia en el consumo de materia prima, validar la eficacia del modelo propuesto en entornos logísticos reales y definir los requerimientos técnicos para su aplicación práctica.

La investigación contribuye al fortalecimiento de la toma de decisiones estratégicas en PQP, promoviendo el uso de herramientas analíticas para mejorar la eficiencia operativa y avanzar hacia una gestión de inventarios basada en datos.

**Palabras clave:** Gestión de inventarios, optimización de procesos, Machine Learning, predicción de la demanda, análisis de datos.

## Abstract

This monograph addresses the issue of raw material overstocking at Productos Químicos Panamericanos (PQP), focusing specifically on the management of acrylic acid, a key input in the production of Ultrabond DC. The main objective of the research was to design an inventory management model based on data science techniques, aimed at predicting demand and optimizing inventory levels.

A quantitative and applied methodological approach was adopted, using documentary review, analysis of historical consumption records, direct observation of the logistics process, and the implementation of a multiple linear regression model as a predictive tool.

The results allowed for the identification of key variables influencing raw material consumption, the validation of the proposed model's effectiveness in real-world logistics settings, and the definition of the technical requirements for its practical implementation.

This research contributes to strengthening strategic decision-making at PQP by promoting the use of analytical tools to improve operational efficiency and move toward a data-driven inventory management approach.

**Keywords:** Inventory management, Process optimization, Machine Learning, Demand forecasting, Data análisis.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	10
Planteamiento del Problema .....	12
Descripción de la Problemática.....	12
Pregunta de Investigación .....	13
Objetivos .....	14
Objetivo General .....	14
Objetivos Específicos .....	14
Justificación .....	15
Marco Referencial.....	17
Marco Teórico.....	17
Gestión de Inventarios.....	18
Optimización de Procesos .....	19
Machine Learning.....	20
Marco Conceptual .....	22
Gestión de Inventarios.....	22
Optimización de inventarios.....	23
Predicción de la Demanda.....	24
Costo de Almacenamiento.....	25
Cadena de Suministro.....	26
Estado del Arte.....	27
Marco Legal .....	29
Metodología .....	32

Enfoque Investigativo .....	32
Método y Tipo de Estudio.....	32
Técnicas de Investigación y Recolección de Datos .....	33
Resultados.....	35
Variables Críticas en los Modelos de Gestión de Inventarios.....	35
Relación entre Consumo Mensual y Niveles de Inventario .....	36
Frecuencia de Pedidos y su Relación con la Demanda .....	36
Análisis de Condiciones para la Implementación de Modelos Predictivos en la Gestión de Inventarios de PQP.....	37
Síntesis del Diseño del Modelo Propuesto a Partir de los Objetivos Específicos.....	38
Conclusiones .....	41
Referencias Bibliográficas .....	43

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Síntesis del Diseño del Modelo Propuesto a Partir de los Objetivos Específicos</i> .....	39
--	----

## Introducción

En un entorno industrial cada vez más competitivo y dinámico, la gestión eficiente de inventarios se ha consolidado como un componente estratégico fundamental dentro de las operaciones empresariales. Una adecuada administración de materias primas y productos terminados no solo contribuye a la reducción de costos logísticos, sino que también mejora la capacidad de respuesta organizacional ante las fluctuaciones del mercado. En este contexto, las empresas del sector químico enfrentan desafíos particulares, dados los altos estándares de precisión requeridos en sus procesos productivos, la naturaleza especializada de sus insumos y las exigencias normativas que regulan su operación.

La empresa Productos Químicos Panamericanos (PQP), dedicada a la fabricación de sustancias químicas para diversas industrias, ha identificado inconsistencias en su sistema de inventarios, particularmente relacionadas con el sobreabastecimiento de materias primas como el ácido acrílico, insumo esencial en la producción del producto Ultrabond DC. Esta situación ha derivado en una acumulación innecesaria de inventario, generando impactos negativos en términos financieros, logísticos y operativos. Ante esta problemática, se hace imperativo diseñar estrategias basadas en herramientas de análisis avanzadas, que permitan anticipar la demanda y mejorar la toma de decisiones en el abastecimiento de insumos.

En respuesta a este reto, el presente proyecto investigativo se orienta al diseño de un modelo de gestión de inventarios sustentado en técnicas de ciencia de datos, con énfasis en el uso de algoritmos de *Machine Learning*, particularmente la regresión lineal múltiple. Esta elección metodológica se basa en la evidencia empírica reportada por estudios recientes, donde el análisis predictivo ha demostrado ser eficaz en la optimización de inventarios, la reducción de costos y el incremento de la eficiencia operativa (Gómez Ramírez, 2021; Suasnabar & Escudero, 2023).

La investigación se estructura a partir de tres objetivos específicos: (1) identificar las variables críticas que influyen en el modelo actual de inventario de PQP; (2) realizar una revisión documental sobre experiencias exitosas que han incorporado ciencia de datos en la gestión de inventarios; y (3) definir los requisitos funcionales y técnicos necesarios para el desarrollo del modelo propuesto. Para alcanzar estos objetivos, se adopta una metodología cuantitativa, basada en técnicas de minería de datos, observación directa y análisis estadístico multivariable, lo cual garantiza un abordaje riguroso, replicable y contextualizado.

Este trabajo no solo busca ofrecer una solución concreta a la problemática identificada en PQP, sino también aportar al proceso de transformación digital de los procesos logísticos dentro de la organización, promoviendo una cultura de toma de decisiones basada en datos y sostenibilidad operativa.

## Planteamiento del Problema

### Descripción de la Problemática

La gestión eficiente de inventarios es un aspecto crítico en la operación de cualquier empresa, ya que una administración inadecuada puede generar sobrecostos, desabastecimientos o acumulación innecesaria de productos, afectando la rentabilidad y el servicio al cliente (Chopra & Meindl, 2022). A nivel global, las empresas enfrentan desafíos significativos en este campo debido a la variabilidad de la demanda, la dependencia de modelos tradicionales y la falta de herramientas tecnológicas que apoyen la toma de decisiones en tiempo real (Silver et al., 2017).

Uno de los principales problemas es la incertidumbre en la predicción de la demanda. Según Suasnabar et al. (2023), la ausencia de datos precisos y actualizados limita la capacidad de anticiparse a cambios en el comportamiento del mercado, lo que genera pérdidas económicas por exceso o escasez de productos. A esto se suma la rigidez de los métodos convencionales de administración de inventarios, basados en reglas fijas, que no logran adaptarse a contextos dinámicos ni responder a patrones complejos de consumo (Rubio Cubillo et al., 2020).

En este contexto, el análisis de datos y las herramientas de inteligencia artificial, como el Machine Learning, han emergido como estrategias prometedoras para mejorar la precisión en la previsión de la demanda y optimizar la gestión de inventarios. No obstante, como advierte Phipps (2023), muchas organizaciones aún enfrentan barreras tecnológicas y estructurales para implementar estos modelos, especialmente en lo que respecta a la capacidad para procesar grandes volúmenes de información y convertirlos en decisiones operativas efectivas.

La empresa Productos Químicos Panamericanos (PQP), dedicada a la fabricación y comercialización de sustancias químicas, no es ajena a estos desafíos. Su gestión de inventarios se ve afectada por la volatilidad del mercado, la dependencia de metodologías tradicionales y la

falta de integración de herramientas de análisis predictivo. Esta situación limita su capacidad para anticiparse a la demanda, incrementa los costos operativos y reduce su competitividad en el sector. Por ello, resulta fundamental evaluar el impacto del análisis de datos y la aplicación de modelos de Machine Learning en su sistema de inventario, con miras a fortalecer sus procesos logísticos y estratégicos.

### **Pregunta de Investigación**

Ante estas dificultades, se hace necesario explorar el potencial del análisis de datos como herramienta para fortalecer la gestión de inventarios en PQP. En este contexto, la presente investigación busca responder a la siguiente pregunta:

*¿De qué manera puede el análisis de datos contribuir al diseño de una estrategia eficiente para la gestión de inventarios en Productos Químicos Panamericanos?*

## Objetivos

### *Objetivo General*

Evaluar el impacto del uso de herramientas de ciencia de datos en la gestión de inventarios de la empresa Productos Químicos Panamericanos, mediante la integración de un modelo de Machine Learning con componente predictivo.

### *Objetivos Específicos*

Caracterizar el modelo actual de gestión de inventarios en Productos Químicos Panamericanos a partir del análisis de datos históricos disponibles.

Examinar experiencias y enfoques exitosos en la aplicación de análisis de datos y modelos de Machine Learning en la gestión de inventarios, a través de una revisión documental.

Establecer los requisitos funcionales y técnicos del modelo de análisis de datos con componente predictivo para la gestión de inventarios en PQP.

## Justificación

La gestión eficiente de inventarios es un factor clave para la sostenibilidad y competitividad de cualquier empresa, especialmente en sectores donde la variabilidad de la demanda y la optimización de costos son determinantes. En este sentido, la aplicación de herramientas basadas en análisis de datos representa una alternativa innovadora para mejorar la planificación y el control de inventarios, permitiendo tomar decisiones más fundamentadas y reducir riesgos operativos (Suasnabar et al., 2023).

Para Productos Químicos Panamericanos, esta investigación es de particular relevancia, ya que su gestión de inventarios enfrenta desafíos relacionados con la falta de precisión en la predicción de la demanda y la dependencia de métodos tradicionales, como el método PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir) o como se conoce por sus siglas en inglés FIFO (First In, First Out), que no se ajustan a la dinámica actual del mercado (Silver et al., 2017). La optimización del manejo de stock mediante estrategias basadas en análisis de datos no solo permitiría mejorar la eficiencia operativa y reducir costos, sino que también garantizaría una mejor disponibilidad de productos para sus clientes, fortaleciendo su posición en el sector químico. Esta afirmación es respaldada por estudios como el de Gómez Ramírez (2021), quien señala que el uso de técnicas analíticas avanzadas mejora significativamente la precisión de la planificación y reduce los niveles de inventario innecesario.

A nivel global, la transformación digital y la automatización de procesos han impulsado el desarrollo de nuevas metodologías para la gestión empresarial. Un informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2020) señala que la adopción de tecnologías avanzadas en la administración de inventarios está en crecimiento, lo que permite a las empresas responder de manera más ágil a las fluctuaciones del mercado. En este contexto,

estudiar cómo el análisis de datos puede aplicarse a la gestión de inventarios en PQP no solo beneficiaría a la empresa, sino que también aportaría conocimientos aplicables a otras organizaciones del sector químico y manufacturero que enfrentan desafíos similares.

Desde una perspectiva científica y tecnológica, esta investigación contribuye al desarrollo de estrategias innovadoras en la gestión empresarial. Según Guerrero et al. (2019), el intercambio de conocimiento entre diferentes industrias es esencial para el avance tecnológico, ya que permite la adaptación y mejora continua de los procesos productivos. En este sentido, el presente estudio podría servir como un referente para otras empresas interesadas en optimizar su logística y mejorar su competitividad mediante el uso de herramientas analíticas.

Es por eso que, la pertinencia de esta investigación radica en su impacto directo sobre la toma de decisiones estratégicas en la cadena de suministro. De acuerdo con Gómez Ramírez (2021), el uso de técnicas avanzadas para la gestión de inventarios permite mejorar la precisión en la predicción de la demanda, reducir costos de almacenamiento y aumentar la satisfacción del cliente. Asimismo, Phipps (2023) destaca que la integración de herramientas analíticas en la gestión de inventarios fortalece la eficiencia operativa y optimiza la planificación de recursos, aspectos fundamentales para empresas como PQP que buscan innovar en su administración logística.

## Marco Referencial

### Marco Teórico

Para estructurar el análisis del impacto del análisis de datos en la gestión de inventarios, es fundamental establecer las bases conceptuales que sustentan esta relación. Esta investigación se apoya en tres enfoques teóricos: la gestión de inventarios, la optimización de procesos y el aprendizaje automático (Machine Learning).

En primer lugar, la teoría de gestión de inventarios se centra en los principios y metodologías para el control eficiente del stock, con el objetivo de garantizar la disponibilidad de productos y reducir los costos operativos. Según Silver, Pyke y Peterson (1998), una gestión adecuada del inventario permite equilibrar el nivel de servicio al cliente con la eficiencia financiera de la empresa, lo cual es crucial en contextos empresariales altamente competitivos.

En segundo lugar, la teoría de optimización de procesos plantea el uso de herramientas analíticas para mejorar continuamente los procedimientos operativos. Esta perspectiva se fundamenta en la identificación de cuellos de botella, minimización de desperdicios y maximización del rendimiento, lo cual permite aumentar la eficiencia general del sistema logístico (Heizer, Render & Munson, 2020).

Por último, el enfoque del Machine Learning se introduce como un componente tecnológico que permite automatizar y optimizar procesos de decisión mediante el análisis de grandes volúmenes de datos. Goodfellow, Bengio y Courville (2016) argumentan que el aprendizaje automático ofrece ventajas significativas en entornos donde la variabilidad y la incertidumbre hacen necesario el uso de predicciones basadas en patrones históricos.

La articulación de estas tres teorías permitirá analizar, desde una perspectiva integradora, cómo el uso de modelos basados en análisis de datos puede incidir en la mejora de la gestión de

inventarios en la empresa Productos Químicos Panamericanos, aportando elementos para reflexionar sobre su pertinencia, aplicabilidad y resultados esperados.

### ***Gestión de Inventarios***

La teoría de gestión de inventarios surge como una respuesta a la necesidad de administrar eficientemente los recursos dentro de las organizaciones, con el fin de mantener niveles adecuados de stock que garanticen la continuidad operativa sin incurrir en costos innecesarios. Sus fundamentos se remontan al modelo de cantidad económica de pedido (EOQ, por sus siglas en inglés), desarrollado por Ford W. Harris en 1913, el cual introdujo un enfoque matemático para calcular el punto óptimo de reabastecimiento, equilibrando los costos de almacenamiento y los costos de pedido (Harris, 1913).

En las décadas siguientes, esta teoría se fortaleció con aportes significativos como los de Kenneth Arrow y sus colaboradores, quienes en 1958 integraron el análisis estocástico, permitiendo considerar la incertidumbre en la demanda y los tiempos de entrega (Arrow et al., 1958). Asimismo, el Modelo de Wilson refinó el EOQ al incluir variables económicas más detalladas en los cálculos de optimización del inventario (Wilson, 1934).

A lo largo del siglo XX, nuevas metodologías enriquecieron esta teoría. El sistema Justo a Tiempo (JIT), promovido por Taiichi Ohno en la década de 1970 dentro de la producción de Toyota, propuso minimizar inventarios sincronizando estrechamente la producción con la demanda real, reduciendo desperdicios y mejorando la eficiencia operativa (Ohno, 1988). Por su parte, la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP), formulada por Joseph Orlicky en los años 60, permitió proyectar las necesidades de insumos en función de planes de producción más precisos (Orlicky, 1975).

Actualmente, la gestión de inventarios continúa siendo un componente esencial de la logística y la cadena de suministro, especialmente con la incorporación de tecnologías digitales que permiten mayor precisión en la planificación y el control del stock. A pesar de los avances, persiste el desafío de encontrar un equilibrio adecuado entre disponibilidad de productos, costos logísticos y capacidad de respuesta (Chopra & Meindl, 2022). Esta teoría, por tanto, ofrece una base sólida para comprender cómo herramientas analíticas basadas en datos pueden apoyar la toma de decisiones estratégicas, como las que se buscan optimizar en Productos Químicos Panamericanos (PQP), mejorando su eficiencia operativa y adaptabilidad al entorno cambiante del sector químico.

### ***Optimización de Procesos***

La teoría de optimización de procesos constituye una disciplina fundamental para mejorar la eficiencia y eficacia de las operaciones dentro de las organizaciones. Sus orígenes se encuentran en el desarrollo de la Investigación de Operaciones (IO), nacida durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se recurrió a modelos matemáticos y análisis cuantitativos para optimizar el uso de recursos militares (Churchman et al., 1957). Estas técnicas, posteriormente, fueron adaptadas al ámbito empresarial para abordar desafíos en producción, logística y gestión de inventarios.

Uno de los avances más influyentes fue el Método del Simplex, desarrollado por George Dantzig en 1947, el cual permitió resolver problemas de programación lineal mediante la identificación de soluciones óptimas en la asignación de recursos limitados (Dantzig, 1951). Este enfoque marcó el inicio de una aplicación sistemática de modelos matemáticos para la toma de decisiones operativas.

En décadas posteriores, la teoría evolucionó con la incorporación de metodologías aplicadas como *Six Sigma*, impulsada por Bill Smith en Motorola, que promueve la reducción de la variabilidad en los procesos mediante herramientas estadísticas rigurosas (Pyzdek & Keller, 2014). De manera complementaria, el enfoque *Lean Manufacturing*, liderado por James Womack y Daniel Jones, se orientó hacia la eliminación de desperdicios y la mejora continua en los sistemas de producción (Womack & Jones, 1996).

Con el avance de la digitalización y la consolidación de la Industria 4.0, la optimización de procesos ha integrado herramientas tecnológicas como el análisis de datos, la automatización y la inteligencia artificial. Estas innovaciones permiten monitorear y ajustar procesos en tiempo real, mejorando la capacidad de respuesta organizacional y potenciando la toma de decisiones basada en datos (Heizer et al., 2020).

En el contexto de la gestión de inventarios, esta teoría proporciona los principios necesarios para diseñar sistemas logísticos más eficientes, minimizando desperdicios, reduciendo tiempos de respuesta y maximizando la rentabilidad. Su incorporación en el presente estudio es clave para sustentar la propuesta de modernización de los procesos logísticos de PQP, en articulación con el análisis de datos y las capacidades predictivas del Machine Learning.

### ***Machine Learning***

La teoría del Machine Learning (ML) —o aprendizaje automático— se origina como una subdisciplina de la inteligencia artificial centrada en el desarrollo de algoritmos capaces de aprender a partir de datos y mejorar su desempeño sin ser programados explícitamente para cada tarea. Su punto de partida conceptual puede rastrearse hasta Alan Turing, quien en su ensayo *Computing Machinery and Intelligence* (1950) planteó la posibilidad de que las máquinas aprendieran de la experiencia. Años más tarde, Arthur Samuel acuñó el término *machine*

learning, definiéndolo como la capacidad de las computadoras para aprender sin instrucciones programadas de forma específica (Samuel, 1959).

Durante la década de 1980, el campo se consolidó gracias al desarrollo de las redes neuronales artificiales y, en particular, al algoritmo de retropropagación del error propuesto por Rumelhart, Hinton y Williams (1986), que permitió entrenar redes más profundas y precisas. En las décadas siguientes, el ML se diversificó en enfoques como el aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo, incorporando técnicas como árboles de decisión, support vector machines (Cortes & Vapnik, 1995) y métodos de clustering (Goodfellow et al., 2016).

El crecimiento exponencial de los volúmenes de datos (Big Data) y el aumento en la capacidad de cómputo han impulsado el desarrollo de modelos avanzados de deep learning, como las redes neuronales convolucionales (CNN) y las recurrentes (RNN), aplicadas en campos como la visión computacional y el procesamiento del lenguaje natural (LeCun et al., 2015).

Actualmente, el ML constituye una herramienta estratégica para la optimización de procesos en distintos sectores productivos, incluida la industria química, donde su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos permite predecir patrones de consumo, mejorar la planificación de la demanda y optimizar los niveles de inventario (Chopra & Meindl, 2022; Heizer et al., 2020). Su aplicación en la gestión de inventarios facilita una toma de decisiones más precisa y dinámica, lo cual es particularmente relevante en entornos con alta variabilidad como el de PQP.

En este sentido, el ML no solo se alinea con los principios de la optimización de procesos, sino que actúa como un catalizador para la transformación digital de las operaciones logísticas. Por tanto, su inclusión en el presente trabajo responde a la necesidad de explorar

herramientas tecnológicas avanzadas para modernizar la gestión de inventarios a partir del análisis inteligente de datos.

### **Marco Conceptual**

El presente estudio requiere una delimitación conceptual precisa de los términos clave que fundamentan el análisis teórico y metodológico de la gestión de inventarios en la empresa Productos Químicos Panamericanos. En este contexto, se definen cinco conceptos esenciales: gestión de inventarios, optimización de inventarios, predicción de la demanda, costo de almacenamiento y cadena de suministro. Estos conceptos no solo representan pilares teóricos del estudio, sino que también orientan el diseño de estrategias operativas y tecnológicas para mejorar la eficiencia del control de stock en entornos productivos.

La correcta interpretación de estos términos es fundamental para el desarrollo de propuestas basadas en análisis de datos y técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning), en consonancia con el objetivo de optimizar la gestión de inventarios en un contexto industrial complejo como el de PQP. Cada definición será sustentada en literatura académica actualizada y pertinente, garantizando precisión conceptual y coherencia con los propósitos del presente estudio.

### ***Gestión de Inventarios***

La gestión de inventarios es un proceso sistemático que comprende la planificación, el control y la supervisión de los productos almacenados dentro de una organización. Su propósito central es garantizar la disponibilidad oportuna de insumos para satisfacer la demanda, evitando tanto excesos que generen sobrecostos como desabastecimientos que afecten la continuidad operativa (Chopra & Meindl, 2019). En el contexto actual, donde la competitividad empresarial

exige eficiencia logística, una adecuada gestión de inventarios incide directamente en la rentabilidad y en la calidad del servicio.

Esta gestión se apoya en modelos tradicionales como la Cantidad Económica de Pedido (EOQ), el modelo de punto de reorden, o sistemas como Justo a Tiempo (JIT), que buscan optimizar el balance entre inventario disponible y demanda esperada (Heizer et al., 2020). Sin embargo, estos enfoques presentan limitaciones cuando se enfrentan a contextos de alta variabilidad en la demanda o complejidad operativa.

En respuesta a estos desafíos, ha cobrado relevancia la incorporación de herramientas tecnológicas como los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) y, más recientemente, modelos predictivos basados en Machine Learning (ML). Estas herramientas permiten analizar grandes volúmenes de datos históricos, identificar patrones de comportamiento de consumo y ajustar dinámicamente las decisiones de inventario en función de proyecciones más precisas (Silver et al., 2017).

En empresas del sector químico como Productos Químicos Panamericanos (PQP), donde la correcta gestión del inventario tiene un impacto directo en los costos de almacenamiento, los tiempos de entrega y la satisfacción del cliente, la integración de modelos de ML en los procesos de inventario representa una oportunidad para mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones basada en datos.

### ***Optimización de inventarios***

La optimización de inventarios se refiere al conjunto de estrategias, modelos y herramientas que permiten determinar los niveles óptimos de stock para satisfacer la demanda con el menor costo posible. Esta práctica busca equilibrar la disponibilidad de productos con la

eficiencia operativa, evitando tanto el exceso de inventario, que genera costos innecesarios, como el desabastecimiento, que afecta el servicio al cliente (Silver et al., 2017).

Tradicionalmente, la optimización ha estado guiada por modelos matemáticos como la Cantidad Económica de Pedido (EOQ), el punto de reorden y los sistemas Justo a Tiempo (JIT), los cuales permiten estimar necesidades de reposición bajo condiciones de demanda conocidas (Heizer et al., 2020). Sin embargo, estos modelos presentan limitaciones frente a entornos de alta incertidumbre y cambios en los patrones de consumo.

En este contexto, el uso de análisis de datos y técnicas de Machine Learning ha ampliado significativamente las capacidades para optimizar inventarios. Estos enfoques permiten identificar patrones no evidentes en la demanda, realizar predicciones precisas y ajustar dinámicamente los niveles de inventario en función de variables contextuales como estacionalidad, ciclos de producción o comportamiento del cliente (Bowersox et al., 2013).

Así, la optimización basada en datos no solo mejora la precisión en la toma de decisiones, sino que contribuye a reducir costos operativos, minimizar desperdicios y aumentar la capacidad de respuesta ante cambios imprevistos del entorno, aspectos clave en organizaciones como PQP, cuyo desempeño logístico depende en gran medida de una gestión eficiente del stock.

### ***Predicción de la Demanda***

S La predicción de la demanda es un proceso analítico mediante el cual se estiman las necesidades futuras de productos o servicios, a partir del análisis de datos históricos, patrones de consumo y factores externos que influyen en el comportamiento del mercado. Esta herramienta resulta esencial para la gestión y optimización de inventarios, ya que permite anticipar la demanda y tomar decisiones informadas sobre producción, aprovisionamiento y

almacenamiento, minimizando así riesgos de desabastecimiento o sobreinventario (Chopra et al., 2022).

Tradicionalmente, los métodos de predicción se han clasificado en enfoques cualitativos (como la técnica Delphi o las encuestas a expertos) y cuantitativos (como modelos de series de tiempo y análisis de regresión). Aunque estos modelos han sido ampliamente utilizados, presentan limitaciones al enfrentarse a entornos altamente dinámicos o con múltiples variables interrelacionadas (Makridakis et al., 2019).

En la actualidad, la aplicación de técnicas de Machine Learning (ML) ha transformado la predicción de la demanda, permitiendo analizar grandes volúmenes de datos y descubrir relaciones complejas entre variables que los métodos tradicionales no logran captar. Algoritmos como los árboles de decisión, redes neuronales o modelos ensemble permiten integrar múltiples factores como estacionalidad, promociones, comportamiento del cliente y condiciones económicas, mejorando significativamente la precisión de las proyecciones (Hyndman & Athanasopoulos, 2021).

Este enfoque predictivo basado en ML es especialmente relevante en empresas como PQP, donde la demanda puede verse afectada por múltiples factores externos e internos. Una predicción más precisa permite planificar con mayor eficiencia la gestión del inventario, optimizando costos y mejorando el nivel de servicio al cliente.

### ***Costo de Almacenamiento***

El costo de almacenamiento hace referencia al conjunto de gastos derivados de mantener inventarios dentro de una organización. Estos incluyen el alquiler o mantenimiento de bodegas, la manipulación de mercancías, seguros, deterioro u obsolescencia de productos, así como el capital inmovilizado en existencias (Arnold et al., 2018). Una gestión adecuada de estos costos

es fundamental, ya que afectan directamente la rentabilidad y la eficiencia logística de la empresa.

De acuerdo con Richards (2021), estos costos pueden clasificarse en tres grandes grupos: costos fijos, como arrendamientos o servicios de mantenimiento que no dependen del volumen almacenado; costos variables, que incluyen manipulación, embalaje y deterioro, y que fluctúan según la cantidad de inventario; y los costos de oportunidad, que representan el valor del capital que permanece inmovilizado en productos almacenados en lugar de invertirse en otras actividades estratégicas.

En el contexto de empresas como PQP, donde el manejo de sustancias químicas exige condiciones particulares de almacenamiento y alta rotación de productos, una gestión ineficiente puede incrementar significativamente estos costos. Por ello, se hace necesario implementar estrategias de optimización soportadas en datos y tecnologías como el Machine Learning, las cuales permiten predecir necesidades de inventario, ajustar los niveles de stock y tomar decisiones informadas para reducir el sobrealmacenamiento o el desabastecimiento (Bowersox et al., 2019).

Integrar estos modelos analíticos al proceso de toma de decisiones no solo permite reducir costos innecesarios, sino también mejorar la eficiencia operativa y la competitividad en sectores donde la precisión logística es clave.

### ***Cadena de Suministro***

La cadena de suministro se entiende como el conjunto de actividades, recursos y procesos integrados que permiten la producción, almacenamiento, distribución y entrega de bienes y servicios desde los proveedores hasta los consumidores finales (Christopher, 2021). Esta gestión

busca asegurar que los productos estén disponibles en el lugar y momento adecuados, cumpliendo con los estándares de calidad y eficiencia.

De acuerdo con Chopra y Meindl (2022), una cadena de suministro eficiente se sostiene sobre tres flujos clave: el flujo de materiales, que incluye el movimiento de materias primas, productos en proceso y terminados; el flujo de información, que coordina las decisiones logísticas a través de datos sobre demanda, inventarios y pedidos; y el flujo financiero, relacionado con los costos, pagos y cobros que se generan a lo largo del proceso.

En organizaciones como Productos Químicos Panamericanos (PQP), cuya operación involucra materiales sensibles y demandas específicas del mercado, la integración de tecnologías como el análisis de datos y el Machine Learning se convierte en un factor estratégico. Estas herramientas permiten optimizar la planificación de inventarios, mejorar la capacidad de respuesta ante variaciones de la demanda, reducir riesgos logísticos y tomar decisiones basadas en datos reales y en tiempo real (Tang & Musa, 2011).

De esta manera, el fortalecimiento de la cadena de suministro a través de enfoques analíticos no solo incrementa la rentabilidad y la eficiencia operativa, sino que también mejora la adaptabilidad y resiliencia organizacional frente a cambios del entorno.

### **Estado del Arte**

Con el propósito de contextualizar y fundamentar teóricamente la propuesta de este estudio, se realizó una revisión documental de 25 fuentes académicas, técnicas e industriales. Estas incluyen artículos científicos, libros especializados, informes empresariales y documentos normativos, los cuales ofrecen una panorámica actualizada sobre el uso de herramientas de análisis de datos, especialmente técnicas de Machine Learning, en la optimización de la gestión de inventarios.

La revisión se desarrolló bajo el enfoque metodológico propuesto por Hernández, Fernández y Baptista (2014), quienes señalan que el análisis documental permite comprender un problema de investigación a partir de antecedentes empíricos y conceptuales previos. Los documentos analizados revelan experiencias exitosas en distintos sectores donde la ciencia de datos ha sido clave para mejorar la predicción de la demanda y tomar decisiones logísticas más eficientes.

Entre las técnicas más utilizadas destacan los modelos de regresión, árboles de decisión y redes neuronales artificiales, los cuales han demostrado ser efectivos en la reducción de sobre costos por exceso de inventario o desabastecimiento (Álvarez, 2023; Gómez Ramírez, 2021). Un caso representativo es el de Zhong et al. (2016), quienes documentan el uso de Big Data predictivo en la cadena de suministro de Walmart, logrando mejoras sustanciales en la precisión de sus pronósticos.

Asimismo, Suasnabar y Escudero (2023) reportaron aplicaciones exitosas en la industria química latinoamericana, donde el uso de algoritmos supervisados y minería de datos permitió ajustar los niveles de stock en función del comportamiento real de la demanda. Estos resultados evidencian la aplicabilidad de los modelos analíticos en contextos similares al de PQP.

También se destacan estudios como el de Rubio Cubillos y Romero Motta (2020), que evidencian cómo empresas con modelos de producción por lotes —similares a PQP— han empleado herramientas predictivas para automatizar el punto de reorden, detectar patrones estacionales y establecer inventarios de seguridad adecuados. Este tipo de análisis ha demostrado ser útil en sectores donde los errores de abastecimiento pueden comprometer la operación o generar altos costos.

Finalmente, algunos modelos aplicados en empresas químicas colombianas integran plataformas ERP con sistemas de análisis predictivo, generando reportes automatizados que fortalecen la toma de decisiones. Estas evidencias respaldan la pertinencia de diseñar e implementar un modelo inteligente de predicción de la demanda en PQP, particularmente para insumos críticos como el ácido acrílico, cuya gestión ineficiente fue diagnosticada en los resultados del presente estudio.

### **Marco Legal**

El desarrollo del presente estudio se encuentra enmarcado en una serie de disposiciones legales que respaldan tanto el uso responsable de los datos como la mejora de los procesos organizacionales a través de tecnologías emergentes, en concordancia con los principios de eficiencia, legalidad y responsabilidad empresarial.

En primer lugar, la Constitución Política de Colombia de 1991, en su artículo 333, establece la libertad de empresa y la iniciativa privada como fundamentos del desarrollo económico, siempre que no se vulneren el bien común ni los derechos fundamentales. Esta norma ofrece respaldo a las acciones de innovación y mejora continua emprendidas por las organizaciones en búsqueda de competitividad y sostenibilidad. Asimismo, el artículo 15 de la misma Carta Magna garantiza el derecho al habeas data y la protección de la información personal, principio clave para el tratamiento ético de los datos utilizados en modelos predictivos.

Por su parte, la Ley 1581 de 2012 regula el tratamiento de datos personales en Colombia, estableciendo principios como la finalidad, legalidad, veracidad, seguridad y confidencialidad. Esta ley resulta fundamental para garantizar que el manejo de información en proyectos que emplean técnicas de ciencia de datos se realice bajo parámetros éticos y legales. En complemento, el Decreto 1377 de 2013 reglamenta aspectos específicos de la mencionada ley,

especialmente en lo relacionado con la autorización para el tratamiento de datos recolectados antes de su entrada en vigencia.

La Ley 55 de 1993, que aprueba el Convenio 158 de la OIT sobre la terminación de la relación de trabajo, establece condiciones de estabilidad laboral que se deben considerar en procesos de transformación digital, al tener implicaciones sobre funciones ocupacionales que puedan ser automatizadas.

Adicionalmente, la Norma Técnica Colombiana NTC 5807 ofrece lineamientos específicos sobre la gestión de inventarios, contribuyendo a la estandarización de procesos logísticos en empresas del sector industrial. Esta norma respalda la implementación de modelos sistemáticos y controlados para el manejo eficiente de existencias.

A nivel internacional, el Estándar ISO/IEC 27001:2018 establece los requisitos para implementar un sistema de gestión de la seguridad de la información, siendo pertinente cuando se trabaja con bases de datos sensibles, como ocurre en los procesos de análisis predictivo empresarial.

Finalmente, normativas como la Ley 1273 de 2009, que introduce el delito informático en el Código Penal colombiano; la Ley 9 de 1979, sobre medidas sanitarias; y la Ley 99 de 1993, que crea el Ministerio de Ambiente, establecen lineamientos adicionales que, aunque no se abordan directamente en este estudio, delimitan el contexto jurídico dentro del cual se deben aplicar las soluciones tecnológicas. La Ley 1712 de 2014, sobre transparencia y acceso a la información pública, también resulta relevante, así como las disposiciones de la Superintendencia de Industria y Comercio, que orientan la protección de datos y los derechos de los consumidores en el entorno digital.

En conjunto, este marco legal brinda las garantías necesarias para desarrollar propuestas basadas en la ciencia de datos dentro de un entorno empresarial responsable, respetando tanto los derechos fundamentales como los principios de eficiencia, innovación y legalidad.

## **Metodología**

### **Enfoque Investigativo**

El presente estudio monográfico se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, el cual permite analizar información basada en datos numéricos con el fin de comprender patrones, relaciones y comportamientos observables dentro de un contexto determinado. Este enfoque, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), “usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer patrones de comportamiento y probar teorías”.

En este caso, el enfoque cuantitativo es pertinente, ya que la monografía se centra en el análisis de herramientas estadísticas y computacionales —particularmente técnicas de Machine Learning— utilizadas para la optimización de la gestión de inventarios en el sector industrial. El propósito es revisar cómo estas metodologías permiten, a partir del análisis de datos históricos, generar modelos predictivos que contribuyen a la toma de decisiones en organizaciones como Productos Químicos Panamericanos.

Como lo señala Creswell (2014), el enfoque cuantitativo es adecuado para estudios que examinan relaciones entre variables mediante instrumentos de medición estandarizados. Desde esta perspectiva, la presente monografía aborda de forma teórica y contextual el uso de algoritmos de aprendizaje automático como apoyo estratégico para mejorar la eficiencia en procesos logísticos y de abastecimiento.

### **Método y Tipo de Estudio**

Esta monografía adopta un método de análisis documental y conceptual, centrado en la revisión crítica de fuentes académicas, técnicas y normativas relacionadas con la aplicación de técnicas de Machine Learning en la gestión de inventarios dentro del sector químico. Este

enfoque permite describir y analizar de manera sistemática los fundamentos teóricos, metodológicos y tecnológicos que sustentan el uso de modelos predictivos para optimizar procesos logísticos.

En cuanto al tipo de estudio, se trata de una investigación de tipo monográfico, cuantitativa y explicativa, en tanto se apoya en la recopilación de información numérica y técnica proveniente de estudios previos, informes y datos secundarios. La finalidad es comprender cómo las variables como la demanda, los niveles de inventario y los tiempos de entrega han sido abordadas en otros contextos mediante herramientas analíticas y computacionales.

Este tipo de análisis resulta pertinente para aportar una visión fundamentada y contextualizada sobre las posibilidades que ofrecen los algoritmos de aprendizaje automático en el ámbito organizacional, sin que ello implique la implementación directa de soluciones tecnológicas. La orientación explicativa del estudio se expresa en la intención de describir las relaciones entre variables clave en la gestión de inventarios, a la luz del conocimiento existente, sin realizar validación empírica propia.

### **Técnicas de Investigación y Recolección de Datos**

Esta monografía se basa en el análisis documental como técnica principal de recolección de información. Se revisaron fuentes académicas, científicas y técnicas especializadas en la gestión de inventarios, la aplicación de modelos predictivos y el uso de herramientas de aprendizaje automático (Machine Learning) en entornos empresariales. La selección de las fuentes incluyó artículos de investigación, libros especializados, reportes técnicos y estudios de caso publicados en bases de datos académicas reconocidas.

Asimismo, se consultaron documentos institucionales y reportes de acceso público de empresas del sector químico, con el propósito de examinar experiencias previas en la

implementación de soluciones basadas en datos para optimizar procesos logísticos. La información recolectada fue organizada y clasificada temáticamente para facilitar su análisis crítico.

El tratamiento de la información se realizó mediante una lectura analítica y comparativa de las fuentes, identificando patrones conceptuales, enfoques metodológicos, variables recurrentes y resultados destacados. Esto permitió construir un marco comprensivo que orienta la reflexión sobre la aplicabilidad de técnicas de Machine Learning en el contexto de la gestión de inventarios, sin que ello implique la implementación práctica o experimental de modelos predictivos.

De este modo, las técnicas empleadas buscan sustentar teóricamente la propuesta, reconociendo sus fundamentos, alcances y limitaciones desde una perspectiva analítica, más que desde una ejecución técnica.

## Resultados

### Variables Críticas en los Modelos de Gestión de Inventarios

En la literatura especializada sobre gestión de inventarios, diversos autores coinciden en la relevancia de ciertas variables logísticas que inciden directamente en la eficiencia de los modelos de aprovisionamiento. Entre las más citadas se encuentran el consumo mensual, el stock disponible y el tiempo de reabastecimiento.

El consumo mensual representa la cantidad de insumos utilizados en un periodo determinado, siendo una variable clave para anticipar la demanda, establecer patrones estacionales y definir niveles de reorden óptimos (Ballou, 2004). Su análisis adecuado permite reducir tanto el sobreabastecimiento como la escasez de materiales.

El stock actual, por su parte, hace referencia al inventario disponible en almacén. Una acumulación excesiva de existencias puede generar costos innecesarios de almacenamiento, deterioro de productos o inmovilización de capital, mientras que niveles bajos pueden interrumpir la producción (Stevenson, 2005).

Finalmente, el tiempo de reabastecimiento (lead time) es el intervalo entre la realización de un pedido y su recepción. Una correcta estimación de esta variable es fundamental para mantener la continuidad operativa, especialmente en contextos de alta variabilidad en la demanda (Kotler y Armstrong, 2012).

Estos tres factores son ampliamente abordados en estudios sobre optimización logística, y su análisis es esencial para la formulación de modelos predictivos en la gestión de inventarios. A través de herramientas como la regresión lineal múltiple, es posible simular escenarios en los que se optimiza la toma de decisiones en función de estas variables, siempre dentro de marcos teóricos y referencias empíricas de otras investigaciones documentadas.

### ***Relación entre Consumo Mensual y Niveles de Inventario***

La literatura sobre gestión de inventarios evidencia que una de las problemáticas frecuentes en entornos industriales es la desarticulación entre el consumo real de materias primas y los niveles de inventario mantenidos en bodega. Según Ballou (2004), cuando las organizaciones mantienen una oferta superior a la demanda real, se incurre en sobrecostos logísticos asociados al almacenamiento innecesario, la obsolescencia de materiales y la inmovilización del capital de trabajo.

Diversos estudios (Stevenson, 2005; Kotler y Armstrong, 2012) han señalado que una demanda estable con inventarios crecientes sugiere deficiencias en la planificación del aprovisionamiento, ya sea por falta de coordinación entre áreas, por uso de métodos poco precisos de proyección, o por decisiones de compra poco fundamentadas.

Comprender la relación entre estas dos variables —consumo mensual y stock disponible— resulta crucial para el diseño de modelos predictivos más eficientes y para alinear las decisiones logísticas con los objetivos financieros de la organización.

### ***Frecuencia de Pedidos y su Relación con la Demanda***

Una planificación eficaz de los inventarios debe considerar la frecuencia de pedidos en relación con la demanda real del producto. Como señalan Stevenson (2005) y Chopra y Meindl (2013), una desalineación entre estas dos variables puede conducir a situaciones de sobreabastecimiento, aumento de los costos operativos y pérdida de eficiencia en la cadena de suministro.

En particular, el concepto de lead time, o tiempo de reabastecimiento, resulta determinante en este proceso. Cuando no se incorpora adecuadamente en la planificación, se

corre el riesgo de realizar nuevos pedidos antes de que se haya consumido el inventario existente, afectando la rotación y el capital de trabajo (Kotler & Armstrong, 2012).

En este contexto, diversos estudios proponen el uso de herramientas de análisis predictivo basadas en datos históricos como una vía para optimizar la gestión del inventario y alinear las decisiones de compra con los patrones reales de consumo (Montgomery, Peck & Vining, 2012).

De este modo, la identificación de variables como el consumo mensual, el stock disponible y el tiempo de reabastecimiento permite evidenciar oportunidades de mejora en los modelos de gestión tradicionales, justificando la exploración de enfoques más dinámicos, basados en ciencia de datos, lo cual será desarrollado en los siguientes apartados.

### **Análisis de Condiciones para la Implementación de Modelos Predictivos en la Gestión de Inventarios de PQP**

El análisis de los datos recolectados y la revisión de literatura especializada permitieron identificar las condiciones actuales de la empresa Productos Químicos Panamericanos (PQP) frente a la gestión de inventarios, particularmente en el caso del ácido acrílico. Se evidenció que el sistema actual carece de mecanismos sistemáticos de predicción de demanda y de articulación entre las variables operativas (consumo histórico, frecuencia de reposición, stock mínimo y máximo).

Asimismo, se observó que, aunque PQP dispone de registros históricos confiables, estos no están siendo explotados mediante herramientas analíticas que faciliten una toma de decisiones informada. La empresa presenta una infraestructura tecnológica básica que, si bien limitada, podría ser fortalecida para adoptar gradualmente estrategias de análisis de datos.

El estudio de casos documentales evidenció que en el sector químico el uso de modelos predictivos se ha traducido en mejoras significativas en la planificación de inventarios,

optimización de recursos y reducción de sobrecostos. En consecuencia, se concluye que PQP cuenta con un escenario propicio para beneficiarse de la aplicación futura de técnicas de ciencia de datos, siempre que se realicen ajustes en los procesos internos, capacitación del personal y fortalecimiento de las capacidades tecnológicas.

Este análisis no busca presentar una propuesta de intervención específica, sino destacar los elementos clave que, desde la evidencia empírica y documental, se relacionan con el éxito en la implementación de modelos predictivos en entornos similares.

### **Síntesis del Diseño del Modelo Propuesto a Partir de los Objetivos Específicos**

A partir del desarrollo y análisis de los tres objetivos específicos planteados en este estudio, fue posible consolidar una visión integral del problema logístico en PQP y estructurar una propuesta de solución fundamentada en el análisis de datos. Cada objetivo cumplió un papel clave: el primero permitió comprender el contexto operativo y diagnosticar los factores que inciden en el sobrestock; el segundo ofreció un respaldo teórico y metodológico al enfoque predictivo seleccionado; y el tercero permitió definir los aspectos técnicos necesarios para el diseño del modelo.

Para facilitar la comprensión de esta construcción progresiva, se presenta a continuación un organizador gráfico que sintetiza los elementos conceptuales abordados en cada etapa y su contribución directa al diseño del modelo de gestión de inventarios. Esta síntesis evidencia la coherencia interna del proyecto y cómo los distintos componentes investigativos convergen en una propuesta aplicable y contextualizada a las necesidades de PQP.

**Tabla 1***Síntesis del Diseño del Modelo Propuesto a Partir de los Objetivos Específicos*

Objetivo específico	Elementos conceptuales abordados	Aportes al diseño del modelo
1. Identificar las variables que influyen en el modelo de gestión de inventario actual de la empresa PQP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo mensual</li> <li>• Stock actual</li> <li>• Tiempo de reabastecimiento (<i>lead time</i>)</li> <li>• Frecuencia de pedidos</li> <li>• Análisis de registros históricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de variables independientes y dependientes para el modelo predictivo.</li> <li>• Diagnóstico del sobrestock y sus causas.</li> <li>• Selección del caso de estudio.</li> </ul>
2. Realizar una revisión documental de proyectos exitosos que utilicen ciencias de datos en la gestión de inventarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos predictivos aplicados (regresión, árboles de decisión, ARIMA)</li> <li>• Machine Learning aplicado a logística</li> <li>• Mejores prácticas de empresas químicas</li> <li>• Requisitos funcionales y técnicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustento teórico del enfoque predictivo.</li> <li>• Selección del algoritmo base (regresión lineal múltiple).</li> <li>• Validación de la viabilidad técnica del enfoque.</li> </ul>
3. Definir los requisitos y características del modelo de análisis de datos para la gestión de inventarios en PQP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regresión lineal múltiple como técnica base</li> <li>• Plataforma tecnológica (Python, Scikit-learn)</li> <li>• Visualización y validación de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño estructurado del modelo propuesto.</li> <li>• Definición de entradas, procesamiento y salidas del sistema.</li> <li>• Articulación con la realidad operativa de PQP.</li> </ul>

*Nota.* La tabla presenta una síntesis integradora del proceso investigativo, en la que se relacionan los tres objetivos específicos con los elementos conceptuales abordados en cada uno y su respectiva contribución al diseño del modelo de gestión de inventarios propuesto para la empresa PQP. Este organizador gráfico permite visualizar la coherencia metodológica del estudio, así como la progresión lógica desde la identificación del problema hasta la formulación técnica de la solución.

La tabla anterior resume cómo cada fase del proceso investigativo aportó elementos esenciales para la construcción del modelo predictivo propuesto, evidenciando la articulación entre el diagnóstico técnico, la fundamentación teórica y el diseño operativo. Esta integración metodológica no solo valida la pertinencia del enfoque adoptado, sino que también demuestra que el modelo responde a una necesidad real identificada en la empresa PQP. A partir de esta base sólida, se presentan a continuación las conclusiones del proyecto, en las que se sintetizan los principales hallazgos y se exponen las implicaciones del estudio para la organización y futuras investigaciones.

## Conclusiones

El desarrollo de este proyecto permitió comprender de manera integral la problemática relacionada con la gestión de inventarios en la empresa Productos Químicos Panamericanos (PQP), específicamente en lo concerniente al sobreabastecimiento de materias primas como el ácido acrílico, empleado en la fabricación del producto Ultrabond DC. La investigación evidenció que el modelo actual de inventario presenta deficiencias derivadas de la desalineación entre el consumo real, los niveles de stock y la frecuencia de reposición, lo cual genera impactos económicos y logísticos significativos.

En cumplimiento del primer objetivo específico, se identificaron variables críticas como el consumo mensual, el stock actual y el tiempo de reabastecimiento, fundamentales para una gestión eficiente del inventario. El análisis de los datos históricos permitió constatar que la falta de integración de estas variables en un modelo predictivo ha contribuido al sobrestock observado, situación que puede ser corregida mediante la incorporación de herramientas de análisis de datos.

Respecto al segundo objetivo, la revisión documental confirmó que el uso de técnicas de ciencia de datos y *Machine Learning* ha sido exitoso en diversos sectores, incluida la industria química. Modelos como la regresión lineal múltiple, los árboles de decisión y los métodos de series temporales han demostrado su efectividad en la predicción de la demanda y en la optimización de los niveles de inventario, lo cual respalda la pertinencia y solidez del enfoque metodológico adoptado en este estudio.

Como resultado del tercer objetivo, se definieron los requisitos funcionales y técnicos necesarios para la implementación de un modelo predictivo en PQP, basado en regresión lineal múltiple. Este modelo permitirá anticipar con mayor precisión la demanda de materias primas

clave, optimizar las decisiones de abastecimiento, evitar el sobrestock y mejorar la eficiencia logística de la organización.

En conjunto, los hallazgos de esta investigación contribuyen a fortalecer las capacidades analíticas de PQP y sientan las bases para una futura implementación tecnológica que integre la ciencia de datos en sus procesos logísticos de manera sistemática, eficiente y sostenible.

### Referencias Bibliográficas

- Álvarez, L. (2023). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Revista de Logística Aplicada, 9(1), 15-30. Recuperado de [https://www.academia.edu/39266025/FUNDAMENTOS\\_DE\\_CONTROL\\_Y\\_GESTI%C3%93N\\_DE\\_INVENTARIOS](https://www.academia.edu/39266025/FUNDAMENTOS_DE_CONTROL_Y_GESTI%C3%93N_DE_INVENTARIOS)
- Arnold, J. R. T., Chapman, S. N., & Clive, L. M. (2018). *Introduction to Materials Management* (8th ed.). Pearson.
- Arrow, K., Karlin, S., & Scarf, H. (1958). *Studies in the mathematical theory of inventory and production*. Stanford University Press.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2013). *Supply Chain Logistics Management* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2019). *Supply Chain Logistics Management* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (7th ed.). Pearson.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2022). *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación*. Pearson Educación. Recuperado de [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24567w/Sunil\\_Chopral.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24567w/Sunil_Chopral.pdf)
- Chopra, S., & Meindl, P. (2022). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (8th ed.). Pearson.
- Christopher, M. (2021). *Logistics & Supply Chain Management* (6th ed.). Pearson.
- Churchman, C. W., Ackoff, R. L., & Arnoff, E. L. (1957). *Introduction to Operations Research*. Wiley.

- Congreso de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia*.
- Congreso de Colombia. (1993). *Ley 55 de 1993. Por medio de la cual se aprueba el Convenio 174 de la OIT sobre la seguridad y la salud en las minas*.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=321>
- Congreso de Colombia. (2008). *Ley 1266 de 2008. Por la cual se dictan las disposiciones generales del Habeas Data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales*.  
[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1266\\_2008.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1266_2008.html)
- Congreso de Colombia. (2012). *Ley 1581 de 2012. Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*.  
[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1581\\_2012.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1581_2012.html)
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, 20(3), 273-297.  
<https://doi.org/10.1007/BF00994018>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Dantzig, G. B. (1951). *Maximization of a linear function of variables subject to linear inequalities*. *Activity Analysis of Production and Allocation*, 13(1), 339-347.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Gómez Ramírez, J. (2021). *Aplicación de técnicas de Machine Learning en la optimización de inventarios*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/337343589>
- Guerrero, S., Gómez, F., & Pérez, M. (2019). *El intercambio de conocimientos en la industria: Su impacto en la innovación tecnológica*. *Revista de Innovación Empresarial*, 17(1), 77-92.

- Harris, F. W. (1913). *How many parts to make at once*. The Magazine of Management, 10(2), 135-136.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (13th ed.). Pearson.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice* (3rd ed.). OTexts.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2013). *Norma Técnica Colombiana NTC 5807:2008. Gestión de inventarios. Principios y prácticas*.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). *Deep learning*. Nature, 521(7553), 436-444.  
<https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (2019). *Forecasting: Methods and Applications* (4th ed.). Wiley.
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis* (5th ed.). Wiley.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). *La digitalización en los sectores industriales: El papel del Machine Learning en la gestión de inventarios*.

- Orlicky, J. (1975). *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*. McGraw-Hill.
- Pérez, L. A., & Martínez, G. (2019). *Modelos predictivos en logística y operaciones*. Universidad Nacional de Colombia.
- Phipps, C. (2023). *Machine Learning applications in supply chain management: A review of the literature*. *Journal of Supply Chain Management*, 59(2), 45-59. Recuperado de <https://www.journalofscm.com/articles/2023/machine-learning-in-supply-chain>
- Phipps, T. (2023). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation*. *Journal of Operations Management*, 15(2), 123-135.
- Presidencia de la República de Colombia. (2013). *Decreto 1377 de 2013. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1581 de 2012*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53102>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill Education.
- Richards, G. (2021). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse* (3rd ed.). Kogan Page.
- Romero, R. (2021). *Minería de datos y aprendizaje automático para la toma de decisiones empresariales*. Alfaomega.
- Rubio Cubillos, F., & Romero Motta, J. (2020). *Sistema de manejo de control de inventario y la gestión de bodegas en empresas colombianas*. *Revista de Logística y Transporte*, 12(3), 45-58. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9816444.pdf>
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). *Learning representations by back-propagating errors*. *Nature*, 323(6088), 533-536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>

- Samuel, A. L. (1959). *Some studies in machine learning using the game of checkers*. IBM Journal of Research and Development, 3(3), 210-229. <https://doi.org/10.1147/rd.33.0210>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (2017). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* (3rd ed.). Wiley.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2017). *Inventory and production management in supply chains* (4ª ed.). CRC Press. Recuperado de <https://nibmehub.com/opac-service/pdf/read/Inventory%20and%20Production%20Management%20in%20Supply%20Chains-.pdf>
- Suasnabar, J., & Escudero, M. (2023). *Impacto de la gestión de inventarios en la eficiencia operativa y reducción de costos de materia prima en el sector químico*. Revista de Ingeniería Industrial, 34(1), 67-80.
- Tamayo y Tamayo, M. (2013). *El proceso de investigación científica*. Limusa.
- Turing, A. M. (1950). *Computing machinery and intelligence*. Mind, 59(236), 433-460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Wilson, R. H. (1934). *A Scientific Routine for Stock Control*. Harvard Business Review, 13(1), 116-128.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2016). *Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: A review*. Engineering, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>