

Modelo de predicción de ocupación de almacenes de materias primas no cárnicas

Fernando Murcia Martínez

Mario Alberto Montero Patiño

Asesor

Linda Bibiana Rocha Medina

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Tecnología, Ciencias Básicas e Ingeniería ECBTI

Maestría en Logística y Redes de Valor

2025

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar este proceso académico, que representa un logro personal y profesional de gran significado.

A mi familia, por su apoyo incondicional, paciencia y comprensión en cada etapa de este camino.

A mis padres, quienes me inculcaron los valores del esfuerzo y la disciplina; y a mis seres queridos, por ser inspiración constante y darme la motivación para seguir adelante en los momentos de mayor exigencia.

A mi directora de tesis, MSc. Ing. Linda Bibiana Rocha Medina, por su orientación, acompañamiento y valiosos aportes en el desarrollo de esta investigación. Sus recomendaciones y exigencia académica fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

A mi compañero de investigación, Mario Montero Patiño, con quien compartí ideas, análisis y aprendizajes que enriquecieron este trabajo y facilitaron la construcción de los resultados aquí presentados.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, y en particular al programa de Maestría en Logística y Redes de Valor, por brindarme los espacios de formación, reflexión y crecimiento académico que hicieron posible este logro.

De igual manera, agradezco a la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S., por su colaboración y por facilitar información y recursos esenciales para el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, expreso mi gratitud a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron con su apoyo, sus conocimientos o su confianza en la culminación de este proceso.

Fernando Murcia

Antes que nada, agradezco a Dios, por guiar mis pasos y darme la fuerza y la sabiduría necesarias para alcanzar esta meta. A Él le debo la paciencia y la perseverancia que me permitieron superar cada obstáculo en este camino.

A mi madre, Lida Patiño, mi guía y mi principal inspiración. Gracias por tus consejos, por tu infinito amor y por enseñarme el valor de la perseverancia. Su apoyo moral y su inquebrantable fe en mis capacidades han sido fundamentales para mi desarrollo académico y personal.

A mi esposa, Keidy Castro, el pilar de mi vida. Gracias por tu paciencia, tu comprensión y por ser mi compañera en cada desafío. Sin tu apoyo incondicional, este sueño no habría sido posible.

A mis hijos, Gianluca Montero y Antonella Montero, la razón de mi esfuerzo diario. Espero que este logro les inspire a perseguir sus propios sueños con la misma pasión.

A mis hermanos, gracias por su apoyo incondicional y por celebrar conmigo cada avance en este camino. Su presencia y sus palabras de aliento han sido fundamentales.

A Linda Viviana Rocha Medina, directora de mi tesis de maestría, por su invaluable orientación y apoyo durante este proceso.

Finalmente, a mi compañero de tesis, Fernando Murcia, gracias por tu dedicación, compromiso y amistad. Tu valioso aporte en cada etapa del proyecto fue crucial para la culminación de este trabajo.

Mario Montero

Resumen

Este documento presenta un modelo matemático diseñado para predecir, a corto, mediano y largo plazo, el porcentaje de ocupación de los almacenes de materias primas no cárnicas. Las plantas que producen alimentos cárnicos procesados utilizan tanto materias primas cárnicas como no cárnicas. Los insumos se adquieren a proveedores nacionales e internacionales, y las cantidades se determinan en función del plan de ventas, que detalla los volúmenes necesarios para cumplir con las proyecciones comerciales.

La operación de abastecimiento implica la recepción y almacenamiento de materias primas, por lo que es crucial contar con una capacidad de almacenamiento adecuada y una gestión eficiente de la misma. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento en algunos momentos se ha visto excedida, lo que ha generado costos adicionales debido a la tercerización de la operación, generando retrasos en la recepción de materias primas y en la producción.

En respuesta a estos desafíos, se ha diseñado un modelo matemático que predice la ocupación del almacén de materias primas no cárnicas, información que permite realizar una planeación eficiente en las operaciones que intervienen en la recepción y almacenamiento de materias primas, facilitando el cumplimiento de las proyecciones establecidas en el plan de ventas y evitando costos innecesarios y retrasos operativos.

Palabras clave: modelos matemáticos, modelos predictivos, gestión de almacenes, industria cárnica procesada y almacenamiento de materias primas

Abstract

This document presents a mathematical model designed to predict, in the short, medium, and long term, the occupancy percentage of non-meat raw material warehouses. Plants that produce processed meat products use both meat and non-meat raw materials. The inputs are acquired from national and international suppliers, and the quantities are determined based on the sales plan, which details the necessary volumes to meet commercial projections.

The supply operation involves the reception and storage of raw materials, making it crucial to have adequate storage capacity and efficient management. However, storage capacity has sometimes been exceeded, generating additional costs due to the outsourcing of the operation, causing delays in the reception of raw materials and in production.

In response to these challenges, a mathematical model has been designed to predict the occupancy of the non-meat raw material warehouse. This information allows for efficient planning of the operations involved in the reception and storage of raw materials, facilitating the fulfillment of the projections established in the sales plan and avoiding unnecessary costs and operational delays.

Keywords: mathematical models, predictive models, warehouse management, processed meat industry, and raw material storage

Tabla de Contenido

Introducción	11
Objetivos	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos	14
Marco Referencial.....	15
Marco Contextual u Objeto Práctico	15
Sector Mercado de Carnes Procesadas	16
Caracterización de la Empresa.....	23
Marco Teórico u Objeto Teórico	29
Conceptualización.....	29
Productos no Cárnicos.	29
Gestión de Inventarios y Almacenamiento.	31
Modelos Matemáticos Aplicados a la Logística.	32
Predicción de la Ocupación de Almacenes.....	33
Planeación del uso de la Capacidad de Almacenamiento.....	33
Apoyo a la Toma de Decisiones en Logística.....	34
Estado del Arte	34
Metodología	39
Fase 1 Búsqueda de Información.....	40
Fase 2 Creación del Modelo Matemático Predictivo.....	42
Fase 3 Análisis de Resultados.	60
Resultados	65

Modelo Matemático para la Predicción de Ocupación.....	65
Aplicación del Modelo Computacional.....	66
Resultados y Discusión.....	74
Interpretación de los Hallazgos	74
Comparación con el Estado Actual.....	74
Implicaciones Prácticas	75
Limitaciones y Áreas de Mejora.....	75
Áreas para Futuras Investigaciones o Mejoras	76
Conclusiones.....	77
Bibliografía	79
Apéndice	85

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Análisis del Mercado Mundial de Carnes Procesadas.</i>	19
Figura 2 <i>Análisis del Mercado Mundial de Carnes Procesadas en Sudamérica</i>	20
Figura 3 <i>Crecimiento del Sacrificio de Porcinos en Colombia</i>	22
Figura 4 <i>Eslabones de la Cadena Cárnica en Colombia</i>	23
Figura 5 <i>Planeación de Operaciones – Sistema Integral de Gestión</i>	26
Figura 6 <i>Flujograma del Proceso</i>	28
Figura 7 <i>Mapa Conceptual Estrategia Utilizada en la Metodología de la Investigación</i>	39
Figura 8 <i>Estrategia Búsqueda de Información</i>	40
Figura 9 <i>Estrategia Creación del Modelo Matemático Predictivo</i>	42
Figura 10 <i>Plano de la Ubicación del Almacén</i>	44
Figura 11 <i>Niveles de Altura para Almacenamiento</i>	45
Figura 12 <i>Estibas</i>	45
Figura 13 <i>Demanda Estacionaria</i>	50
Figura 14. <i>Análisis de Resultados</i>	60
Figura 15 <i>Ocupación del Almacén</i>	61
Figura 16 <i>Consumo Promedio Día Proyectado para Cada Tipo de Material</i>	67
Figura 17 <i>Cálculo de Posiciones Semanales Necesarias</i>	70
Figura 18 <i>Ocupación del Almacén en Porcentaje</i>	73

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Distribución de Zonas de Almacenamiento en CEDI</i>	52
Tabla 2 <i>Materia Prima</i>	54
Tabla 3 <i>Días Hábiles</i>	55
Tabla 4 <i>Plan de Ventas Explosionado</i>	56
Tabla 5 <i>Consumo Promedio Día</i>	68
Tabla 6 <i>Cálculo de Ocupación Semanal del Almacén</i>	71

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Revisión Bibliográfica Parte 1</i>	85
Apéndice B <i>Revisión Bibliográfica Parte 2</i>	86
Apéndice C <i>Histórico de Ocupaciones</i>	87
Apéndice D <i>Descarga de Datos</i>	88

Introducción

La planta Alimentos Cárnicos Caloto presenta un diseño estructural para sus almacenes que se basa en la organización en posiciones de almacenamiento y gestiona la información sobre ocupación e inventarios mediante el modelo WMS Semicaótico, implementado en el sistema SAP. A pesar de contar con esta infraestructura avanzada, se han detectado retrasos en la producción y un aumento en la falta de productos en el mercado. Esta problemática se debe, en parte, a la falta de integración entre la capacidad de los almacenes y el stock de insumos necesarios para la producción.

Un análisis de la situación ha revelado que el proceso de adquisición de materias primas no considera adecuadamente la capacidad de los almacenes ni el stock de insumos. La estructura del almacén se organiza según la tipología de los componentes y su uso en el proceso de producción, pero no se realizan análisis de ocupación basados en proyecciones y planes de venta. En cambio, se toman decisiones basadas en lotes mínimos de inventario y frecuencias fijas de pedidos a proveedores, lo que genera desalineación con la estructura de planeación de operaciones orientada al cliente.

Como consecuencia, en ocasiones es necesario recurrir al alquiler de almacenamiento externo para poder recibir las materias primas adquiridas. Además, las demoras en el proceso de descarga de los vehículos que transportan los componentes se deben a la falta de posiciones disponibles, lo que puede provocar retrasos en la producción o incluso la cancelación de fabricación de ciertas referencias. Estas eventualidades conllevan pérdidas y sobrecostos debido a horas de mano de obra perdidas, alquiler de almacenamiento externo, fletes de traslado entre almacenes y tiempos de espera adicionales para la descarga de las materias primas.

A pesar de contar con una infraestructura robusta y un sistema de información confiable, la Empresa Alimentos Cárnicos Caloto no dispone de un modelo matemático que le permita predecir la ocupación del almacén a corto, mediano y largo plazo, lo que ha dado lugar a alertas de ocupación excedida en el almacén de materias primas no cárnicas.

Para abordar esta problemática, se propone diseñar un modelo matemático para la predicción de la ocupación en almacenes de materias primas no cárnicas en función del plan de ventas. Este modelo facilitaría la identificación de posibles problemas antes de que se conviertan en crisis, mejorando así la gestión de riesgos y permitiendo tomar medidas preventivas para garantizar la continuidad de las operaciones. Además, la predicción de la ocupación permitirá una programación más efectiva de la recepción de productos, lo que optimizará la eficiencia operativa en el almacén y reducirá los tiempos de espera.

Por lo tanto, la pregunta de investigación es, ¿Cuáles son las características de un modelo matemático para la predicción de ocupación, que permita una gestión eficiente de la capacidad de almacenamiento de materias primas no cárnicas en las plantas de producción de embutidos? Para resolver esta pregunta, se deben alcanzar los siguientes objetivos específicos.

Caracterizar el sistema de ocupación del almacén de materias primas no cárnicas utilizando información primaria del WMS (Warehouse Management System) y secundaria del DDP (Demand Driven Planner), a través de observación y entrevistas con personal especializado para obtener datos sobre prácticas operativas, desafíos percibidos y sugerencias de mejora.

Analizar el comportamiento histórico de la ocupación del almacén de materias primas no cárnicas en la planta Caloto, identificando patrones estacionales y fluctuaciones en la demanda para optimizar la eficiencia y gestión de las materias primas no cárnicas.

Diseñar un modelo matemático basado en la información primaria y secundaria para la para la predicción y gestión de la ocupación en almacenes de materias primas no cárnicas.

Por lo tanto, este estudio se enfoca en un modelo matemático para la predicción de la ocupación que permita una gestión eficiente del almacenamiento, utilizando datos históricos como el seguimiento diario de la ocupación del almacén de materias primas no cárnicas, el comportamiento del peso almacenado por cada materia prima en las posiciones del almacén, la utilización de las posiciones de almacenamiento para actividades distintas al almacenamiento de materias primas, y la segmentación del almacén según las diferentes tipologías y restricciones de los materiales.

El documento está estructurado de la siguiente manera.

Capítulo 1. Marco Referencial. Proporciona una revisión bibliográfica sobre las metodologías existentes y tesis relacionadas con el almacenamiento de materias primas no cárnicas y modelos de predicción de ocupación de almacenes. Se proporciona una descripción general de la empresa donde se aplica el modelo, incluyendo las operaciones realizadas en la cadena de suministro y un enfoque detallado del proceso de logística de abastecimiento en el que se centra el proyecto.

Capítulo 2. Metodología de Investigación. Describe la metodología empleada en la investigación, que abarca la recopilación de la información necesaria para la construcción del objeto práctico y teórico. Incluye la consolidación de fuentes, la construcción del modelo matemático y el seguimiento de los resultados del modelo.

Capítulo 3. Presentación de Resultados. Aborda los resultados derivados de la aplicación del modelo matemático.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un modelo matemático para la predicción de ocupación, que permita una gestión eficiente de la capacidad de almacenamiento de materias primas no cárnicas en las plantas de producción de embutidos.

Objetivos Específicos

Caracterizar el sistema de ocupación del almacén de materias primas no cárnicas.

Analizar el comportamiento histórico de la ocupación del almacén de materias primas no cárnicas en la planta Caloto.

Diseñar un modelo matemático predictivo de ocupación de almacenes de materias primas.

Marco Referencial

Marco Contextual u Objeto Práctico

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), define los alimentos procesados como aquellos alimentos enteros a los cuales se les añade sales, azúcares, aceites u otras sustancias culinarias con el fin de aumentar su vida útil o potenciar sus características organolépticas, siendo reconocidos como una versión del alimento original. A su vez, los alimentos ultraprocesados son definidos como alimentos cuya base de formulación contiene un bajo porcentaje de alimentos completos y se utilizan aire o agua para aumentar su volumen y hacerlos rentables. No son reconocidos como una versión del alimento original, en su fabricación se utilizan componentes derivados de otros alimentos u otras fuentes orgánicas, la mayoría de los componentes utilizados en la elaboración de estos alimentos son conservantes, aceites, grasas, colorantes, saborizantes y almidones (FAO, 2023).

Según el Decreto N° 2162, Artículo 2 de la legislación colombiana, se definen los productos cárnicos procesados como "productos elaborados a base de carne grasa, vísceras y subproductos comestibles de animales de abasto autorizados para el consumo humano y adicionados o no con ingredientes y aditivos de su uso permitido y sometidos a procesos tecnológicos adecuados" (Colombia, 1983).

A partir de las definiciones de la FAO y la legislación colombiana se entenderá que al mencionar en este proyecto alimentos cárnicos procesados y ultraprocesados, se hace referencia a los productos fabricados por la empresa que cumplen con las características definidas anteriormente. A su vez, al mencionar las materias primas no cárnicas, se hace referencia a aquellas sustancias y componentes comestibles utilizados en la fabricación de los productos

cárnicos procesados y utraprocesados, excluyendo las carnes, viseras y subproductos de origen animal.

El abastecimiento de materias primas en la producción de alimentos cárnicos procesados y utraprocesados es crucial para garantizar la continuidad de la producción, evitando interrupciones que puedan afectar tanto la calidad como la cantidad de los productos finales destinados a la comercialización. Una adecuada planificación y gestión de los almacenes de materias primas no solo facilita una mejor negociación de precios con los proveedores, sino que también contribuye a la reducción de los costos de almacenamiento y asegura un flujo continuo de materiales a lo largo de la cadena de suministro de la empresa, garantizando así la disponibilidad del producto final para el cliente.

Una planificación efectiva, basada en un cálculo preciso de la ocupación futura de los almacenes, gestionar la capacidad del almacenamiento disponible de forma eficiente, reducir costos y mejorar el flujo de los procesos. Además, facilita un control preciso del inventario, evitando excesos y faltantes de materias primas. Esta planificación también permite una coordinación más eficiente de los procesos de recepción, almacenamiento y abastecimiento de materias primas al proceso productivo, proporcionando una mayor flexibilidad para adaptarse a los cambios en la programación de la producción y en la demanda.

Sector Mercado de Carnes Procesadas

El mercado global de carnes procesadas ha mostrado un crecimiento constante en los últimos años. Para finales del 2023, este mercado fue valorado en aproximadamente 163,43 mil millones de dólares. Se proyecta un crecimiento anual compuesto (CAGR) del 2,24% hasta el 2029, lo que llevaría el valor total del mercado a alcanzar los 186,64 mil millones de dólares (Mordor Intelligence, 2023). Este crecimiento está impulsado por varios factores, incluyendo el

aumento en la demanda de alimentos convenientes y de larga duración, el incremento de la población mundial, y el crecimiento en los ingresos disponibles en regiones clave.

América del Norte y Europa continúan siendo los mercados más grandes para carnes procesadas, aunque se espera que Asia-Pacífico experimente el crecimiento más rápido debido al aumento de la urbanización y los cambios en los hábitos alimenticios (Mordor Intelligence, 2023). El comportamiento predominante del consumo de alimentos cárnicos procesados y ultraprocesados en América del Norte y Europa se considera natural, teniendo en cuenta que estos países que histórica y culturalmente han tenido un alto consumo de estos productos, adicional a esto, cuentan con una infraestructura robusta, lo que permite producir a menor costo y tener una mayor variedad de productos con precios asequibles al consumidor.

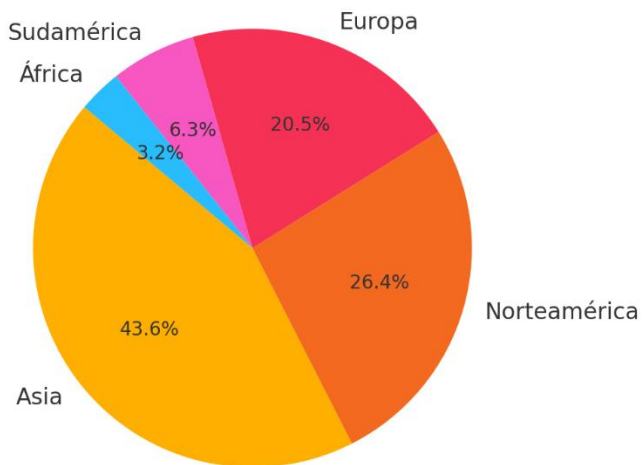
Para Asia-Pacífico el crecimiento industrial y desarrollo económico vistos desde la década de los 90, ha generado un gran crecimiento urbanístico y una mayor demanda de productos alimenticios de fácil y rápida preparación lo que implica un cambio en los hábitos alimenticios. Por su parte, los alimentos cárnicos procesados y ultra procesados al contar con estas características, se han convertido en alimentos esenciales de consumo diario, aumentando la demanda de estos productos a medida que su economía e industrialización crece.

A nivel internacional, Estados Unidos lidera la producción y el consumo de carnes procesadas, con un valor de mercado de 62,5 mil millones de dólares en 2023. China, por su parte, se ha convertido en un actor clave en el mercado asiático, con un aumento significativo en la producción local y el consumo debido a la creciente demanda interna (Mordor Intelligence, 2023).

En Europa, Alemania y Francia son los principales mercados, con un enfoque en productos de alta calidad y alternativas sostenibles, lo cual está impulsando un nicho de mercado

importante para productos orgánicos y libres de conservantes (Mordor Intelligence, 2023). Países como España, Alemania, Francia e Italia, dentro de su cultura gastronómica encuentran muy apetecibles los embutidos, contando con una gran variedad de productos y con distintas preparaciones. En el mercado europeo la fabricación de productos cárnicos procesados y ultra procesados no solo tiene en cuenta las grandes industrias, sino que se incluyen también las preparaciones artesanales, con menor utilización de químicos y preservantes llevando al mercado una propuesta más saludable. Además, la innovación en productos cárnicos, como las alternativas vegetales y las carnes cultivadas en laboratorio, está comenzando a ganar tracción en mercados desarrollados, lo que podría cambiar el panorama del sector en los próximos años (Mordor Intelligence, 2023).

En la figura 1 se observa que, al analizar el mercado global de carnes procesadas, el continente asiático destaca como el líder, impulsado por una creciente demanda de estos productos. Por otro lado, América del Norte y Europa ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente, con un consumo significativo, aunque en tendencia a la baja debido a una creciente conciencia sobre la salud y el bienestar. América del Sur, en cuarto lugar, y África, en quinto, presentan un menor consumo actual de carnes procesadas, pero poseen un gran potencial de crecimiento en el futuro.

Figura 1*Análisis del Mercado Mundial de Carnes Procesadas*

Nota. Datos adaptados de *Análisis del Mercado Mundial de Carnes Procesadas*, por Grand View Research, 2023. Copyright 2023 por Grand View Research.

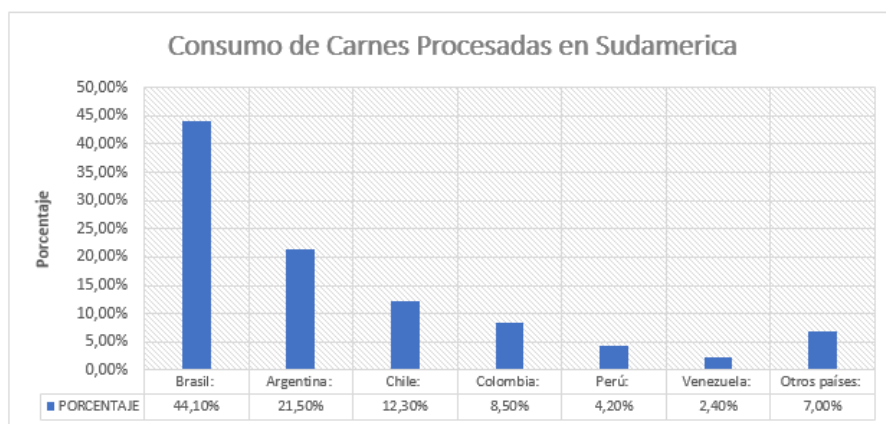
La Figura 1 muestra que, en la distribución del consumo de carnes procesadas por regiones, Asia lidera con un 43,6% del consumo mundial, siendo China, Japón y Corea del Sur los principales países consumidores, con productos como carnes procesadas de cerdo y pollo. Norteamérica sigue con un 26,4%, liderado por Estados Unidos, Canadá y México, con preferencia por carnes procesadas de cerdo y ternera. Europa ocupa el tercer lugar con un 20,5%, destacándose Alemania, Francia y Reino Unido. Sudamérica representa un 6,3% del consumo, con Brasil, Argentina y Chile como principales consumidores. Finalmente, África contribuye con un 3,2%, con Sudáfrica, Nigeria y Egipto como los países líderes en consumo de carnes procesadas de pollo y ternera (Grand View Research, 2023).

Entre las empresas líderes a nivel mundial en la producción de alimentos cárnicos procesados se encuentran Hormel Foods Corporation, Marfrig Global Foods S.A., Sysco Corporation, Tyson Foods Inc. y WH Group Limited (Mordor Intelligence, 2023).

Como se detalla en la figura 2, en el mercado sudamericano, Brasil se destaca como el mayor consumidor de carnes procesadas, representando el 44,1% del consumo en la región, debido a su gran población y un alto consumo de productos cárnicos procesados. Argentina y Chile también tienen un consumo significativo, con 21,5% y 12,3% respectivamente, aunque ambos países muestran una tendencia a la baja en el consumo debido al creciente interés en estilos de vida más saludables. Por su parte, Colombia y Perú tienen un consumo moderado, con 8,5% y 4,2%, respectivamente, y un potencial de crecimiento debido a la creciente demanda. En contraste, Venezuela presenta un consumo bajo de carnes procesadas (2,4%), afectado por la crisis económica y política. (Grand View Research, 2023).

Figura 2

Análisis del Mercado Mundial de Carnes Procesadas en Sudamérica



Nota. Datos adaptados de *Análisis del Mercado Mundial de Carnes Procesadas*, por Grand View Research, 2023. Copyright 2023 por Grand View Research.

La figura 2 muestra que Brasil es el mayor consumidor, seguido por Argentina, Chile, Colombia, Perú y en menor proporción Venezuela. Así las cosas, el consumo de carnes frías procesadas en Colombia ha experimentado un crecimiento moderado en los últimos años, impulsado por una creciente demanda. Se estima que el mercado crecerá a una tasa compuesta anual del 3,5% durante el período 2023-2028.

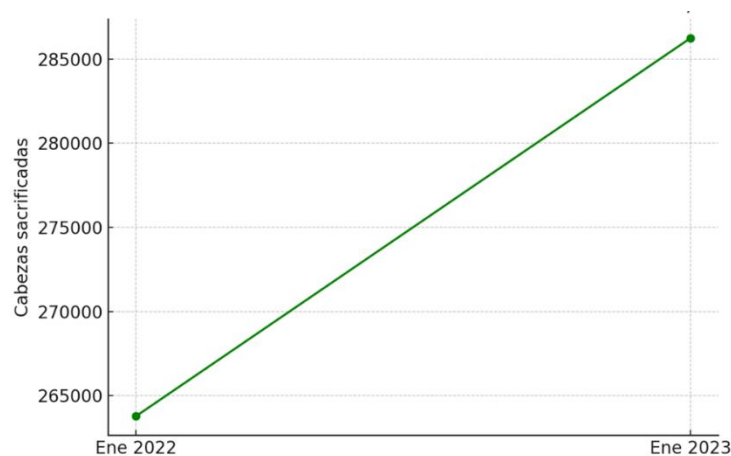
La segmentación del mercado incluye carnes frías procesadas de cerdo, ternera, pollo y otras variedades. El mercado está dominado por Alimentos Cárnicos S.A.S., seguida de otros frigoríficos importantes como Camaguey, Nutrialimentos Cárnicos, Carnes Casablanca y Comestibles Dan (Mordor Intelligence, 2023).

En Colombia, la cadena de suministro de productos cárnicos inicia con la cría y engorde de ganado vacuno, porcino y aves de corral, incluyendo también especies menores como ovejas, cabras y conejos. Este proceso abarca el transporte, sacrificio, corte, congelación y comercialización de la carne, así como la obtención de subproductos utilizados en diferentes industrias. La elaboración de carnes frías y embutidos representa una etapa clave que agrega valor al ciclo productivo (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2023, p. 5)

De acuerdo con cifras del DNP (2023), el segmento de carnes frías y embutidas representó el 27% del valor total de la cadena cárnica en Colombia durante el año 2023. Este dato resalta la importancia de dicho eslabón dentro del desarrollo económico del sector. Asimismo, la producción agropecuaria constituye la base de la cadena productiva, diferenciando entre animales destinados al engorde para consumo cárnico y aquellos con fines distintos, como la producción de leche o huevos.

Figura 3

Crecimiento del Sacrificio de Porcinos en Colombia



Nota. Período enero 2022 vs. enero 2023. Datos adaptados de *Processed Meat Market Forecast in Colombia*, por Mordor Intelligence, 2023. Copyright 2023 por Mordor Intelligence.

Se estima que el mercado colombiano de carnes procesadas crecerá a una tasa compuesta anual del 3,5% durante el período 2023-2028. Esta proyección está asociada al aumento en la demanda de productos cárnicos de larga duración, el cambio en las dinámicas de consumo familiar, y el desarrollo de canales de distribución más eficientes (Mordor Intelligence, 2023).

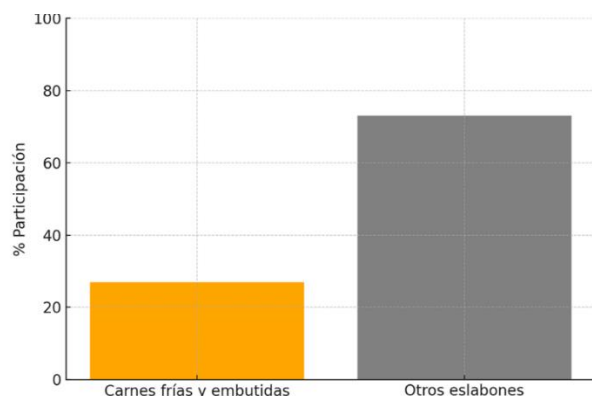
Por otra parte, respecto al sacrificio animal, el Sistema Nacional de Recaudo de la Asociación Colombiana de Porcicultores – FNP reportó que, en enero de 2023, se sacrificaron 286.248 cabezas de ganado porcino, lo cual refleja un incremento del 8,5% en comparación con el mismo mes del año anterior (DNP, 2023).

En el caso específico de Colombia, el mercado de carnes frías procesadas ha mostrado un crecimiento moderado y sostenido, con una tasa de crecimiento anual compuesta estimada del 3,5% para el período 2023–2028 (Mordor Intelligence, 2023). Entre las empresas más relevantes a nivel nacional se encuentran Alimentos Cárnicos S.A.S., Camaguey, Nutrialimentos Cárnicos,

Carnes Casablanca y Comestibles Dan, las cuales dominan la distribución del producto final al consumidor.

Figura 4

Eslabones de la Cadena Cárnica en Colombia



Nota. Participación por valor 2023. Datos adaptados de *Informe del Departamento Nacional de Planeación sobre la cadena cárnica en Colombia*, por Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2023. Copyright 2023 por Departamento Nacional de Planeación.

La elaboración de productos como carnes frías y embutidos representa el 27% del valor total de la cadena cárnica en Colombia, evidenciando su relevancia dentro del sector agroindustrial. Este porcentaje refleja no solo el valor económico del proceso de transformación, sino también su impacto en la generación de empleo, la innovación y el consumo interno de productos con valor agregado (DNP, 2023).

Caracterización de la Empresa

Grupo Nutresa S.A.S. (2023) indica que, Alimentos Cárnicos S.A.S., es una empresa colombiana líder en el mercado de carnes procesadas, fundada en 1974 y parte del Grupo Nutresa desde 1993. Con sede en Medellín, Colombia, la empresa se dedica a la producción y

comercialización de una amplia variedad de productos cárnicos, incluyendo carnes frías procesadas, carnes maduradas, embutidos y productos congelados.

La empresa se enfoca en ofrecer productos de alta calidad, innovación y seguridad alimentaria, cumpliendo con los más altos estándares de producción y manejo. La empresa cuenta con una amplia red de distribución en Colombia y exporta sus productos a varios países de América Latina y el mundo, cuenta con 9 plantas de producción, de las cuales 7 están ubicadas en Colombia, 1 en Panamá y 1 en Venezuela (Grupo Nutresa, 2023).

Las plantas de producción de productos cárnicos procesados y ultra procesados se encuentran ubicadas en Caloto – Cauca, Envigado – Antioquia, Medellín – Antioquia y Bogotá – Cundinamarca. (Grupo Nutresa, 2023).

La planta de Alimentos Cárnicos Caloto enfrenta insuficiencia de capacidad de almacenamiento para materias primas no cárnicas. En este sentido, ha reportado alertas frecuentes sobre la capacidad de almacenamiento excedida, lo que ha provocado retrasos operativos al no poder descargar los insumos necesarios para el proceso de producción debido a la falta de espacio. Para abordar esta situación, se ha decidido implementar un piloto que permita predecir la ocupación de los almacenes de materia prima no cárnica y gestionar eficientemente la capacidad de almacenamiento. Se proyecta que, durante el primer semestre de 2024, la ocupación del espacio de almacenamiento alcanzará el 96,92%, lo que subraya la urgencia de este plan para mejorar la eficiencia y evitar interrupciones en la producción.

Como se puede observar en la figura 3, la cadena de suministros de Alimentos Cárnicos S.A.S. incluye varias operaciones clave, agrupadas en tres categorías principales: el primer grupo se denominó como operaciones primarias y se incluyen aquellas áreas que intervienen en el proceso de transformación del producto o en el flujo de materiales en la cadena de suministro,

entre ellas tenemos la operación de abastecimiento que se encarga de la recepción de las materias primas, gestión de inventarios, almacenamiento y suministro de las materias primas al proceso de producción. También, tenemos el área de producción en la cual se realiza la transformación de las materias primas en productos terminados y el área de logística que se encarga de recibir y almacenar el producto terminado, realizar la preparación de los pedidos solicitados por los clientes y gestionar el transporte y distribución de última milla.

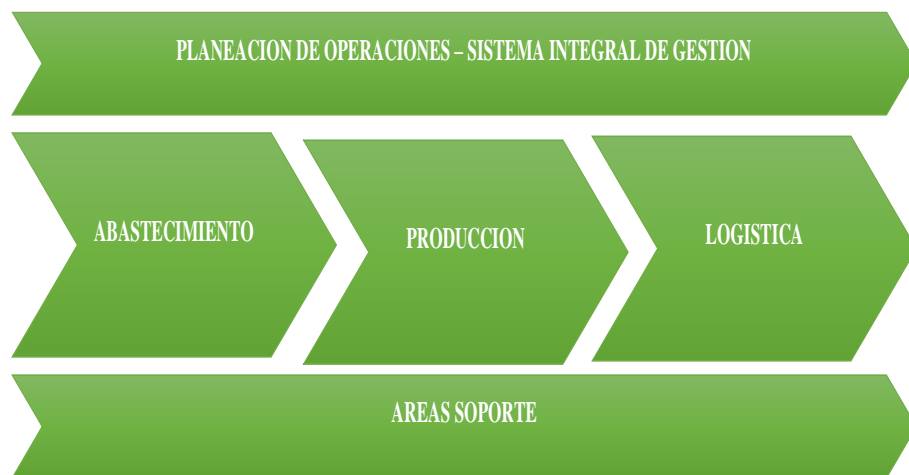
En el segundo grupo tenemos las operaciones transversales en donde tenemos áreas como la planeación de operaciones que se encarga de planificar y programar la producción, gestiona la planeación de compra de materiales, así como las ocupaciones de los recursos a corto mediano y largo plazo, genera las alertas de ocupación de los recursos y planes de acción para mitigar las situaciones que se presenten, genera los planes de venta ajustados los comportamientos del mercado y toma las decisiones estratégicas de la empresa, coordinando las diferentes áreas manteniendo el control y seguimiento de la operación. Por su parte, el sistema integral de gestión se encarga de implementar acciones encaminadas al cumplimiento de las normas de calidad, seguridad y ambiental, necesarias para el cumplimiento legal de la empresa y cómo un sistema que ayuda a apalancar la optimización de los procesos, las mejoras en las eficiencias, la satisfacción del cliente, gestión de riesgos y disminución del impacto ambiental generado por las actividades propias de la empresa.

Por último, tenemos las áreas soportes, donde encontramos aquellas áreas que no intervienen directamente en las operaciones pero son de vital importancia para su funcionamiento, entre estas tenemos el área de TI que se encarga de gestionar todas las tecnologías de información utilizadas por la empresa, el área de mantenimiento que se encarga de que los equipos e instalaciones estén en óptimas condiciones, el área de compras encargada de

seleccionar y evaluar los proveedores así como hacer las negociaciones de precios, gestionar los pedidos y hacer seguimiento a las entregas. Se incluye el área de finanzas encargado de la elaboración de presupuestos, gestionar los recursos financieros de la empresa, gestionar los pagos a proveedores, gestionar los cobros y hacer análisis de costos de rentabilidad. Por su parte, el área de recursos humanos se encarga de gestionar el manejo del personal y sus necesidades, entre sus funciones está el reclutamiento, selección de personal, formación de los empleados, gestionar las nóminas y beneficios de los empleados. El área de mercadeo y ventas, se encargan de promocionar y vender los productos, hacer investigaciones de mercados, desarrollo de estrategia de marketing, gestionar las ventas y brindar atención al cliente. También contamos con un área de investigación y desarrollo encargada de investigar las nuevas tecnologías, desarrollar nuevos productos, mejorar los productos existentes y mejorar los procesos productivos.

Figura 5

Planeación de Operaciones Sistema Integral de Gestión



Así mismo, la figura 5, describe el proceso de producción y almacenamiento en una empresa de alimentos cárnicos procesados se organiza en operaciones principales, transversales y áreas de soporte. En la planeación de operaciones, se definen los objetivos de producción y se

establecen planes y pronósticos de demanda para la producción. El abastecimiento se encarga de seleccionar proveedores, adquirir materias primas (como carne e ingredientes) y gestionar los inventarios. En la producción, las materias primas se transforman en productos terminados mediante procesos como corte, mezcla y empaque. La logística se encarga del almacenamiento y distribución de los productos terminados, incluyendo la gestión de inventarios y el transporte hacia los clientes. Como operación transversal, el Sistema Integral de Gestión coordina todas las áreas para garantizar una gestión eficiente. En las áreas de soporte, los Recursos Humanos gestionan el talento y Mantenimiento se encarga de conservar los equipos y activos de la empresa.

El proceso de producción de alimentos cárnicos procesados comienza con la recepción de materias primas, seguido de la preparación y procesamiento de las carnes mediante inyección de salmueras o mezcla con materias primas no cárnicas. Luego, las carnes se transforman mediante embutido, moldeado o relleno, y pasan por un tratamiento térmico que incluye cocción y enfriamiento rápido. Finalmente, el producto es empacado y almacenado en centros de distribución para su posterior despacho.

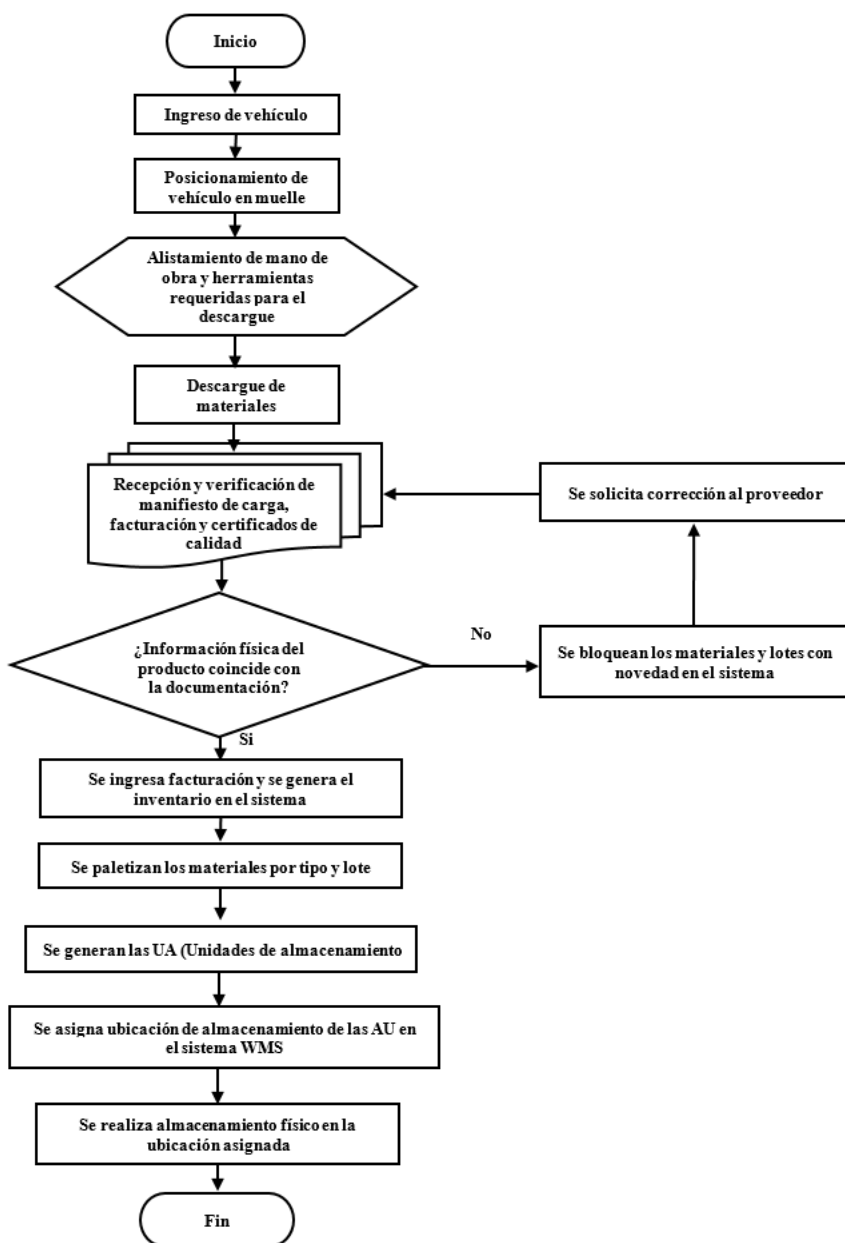
En cuanto al modelo matemático para la predicción y gestión de la ocupación en almacenes de materias primas no cárnicas, se incluye en este proceso la recepción y descarga de materias primas, su almacenamiento organizado en áreas específicas mediante un sistema Warehouse Management System [DNP], y el despacho de insumos al área de producción cuando se solicitan.

Durante la recepción de las materias primas, se verifica la calidad y cantidad, se paletizan por tipo y lote, y se asignan ubicaciones específicas en el sistema WMS para su almacenamiento

físico. Todo el proceso se gestiona y actualiza en tiempo real a través del sistema de inventarios, lo que asegura una mayor eficiencia en la operación.

Figura 6

Flujograma del Proceso



Marco Teórico u Objeto Teórico

Basado en la revisión bibliográfica del Apéndice 1 se presenta a continuación la conceptualización y el estado del arte para la predicción de la ocupación del almacén de productos no cárnicos.

La gestión de inventarios implica el control y monitoreo del stock para asegurar su disponibilidad sin excesos, utilizando sistemas de control y software para optimizar la rotación y minimizar la obsolescencia (Coyle, Bardi, & Novack, 2016). Las condiciones ambientales, como temperatura, humedad y ventilación, son cruciales para mantener la calidad de los productos, con sistemas de climatización y monitoreo constante (Emmett & Dapretto, 2018). El uso de sistemas integrados como el Enterprise Resource Planning [ERP] y Warehouse Management System [WMS] permite centralizar la información y gestionar el inventario en tiempo real. Estos sistemas permiten manejar de manera eficiente configuraciones semiautomáticas en los almacenes, optimizando la asignación de espacios de acuerdo con la rotación de los productos. Además, las metodologías de planificación y control de inventarios contribuyen a enfrentar las fluctuaciones en la demanda, garantizando así la disponibilidad continua de materiales necesarios para la operación (Christopher, 2016).

Conceptualización

Productos no Cárnicos. A partir de la información suministrada por el Codex Alimentarius en su norma general para los aditivos alimentarios, encontramos el sistema de clasificación de alimentos, donde se establecen las características de los productos, subproductos y productos análogos de cada categoría de alimento, entre ellos tenemos la categoría de carnes descrita como canales y cortes de carne y se incluyen en esta categoría las aves de corral y caza, sangre fresca de cerdo y vacuno, pollos frescos enteros o en partes y órganos de vacuno (Codex

Alimentarius, 1995). Además, contamos con la definición de las demás categorías de alimentos, teniendo entre ellas las definiciones de productos lácteos, grasas, aceites y emulsiones grasas, hielos comestibles, frutas y hortalizas, confitería, cereales y productos a base de cereales, productos de panadería, pescado y productos pesqueros, huevos y productos a base de huevo, edulcorantes, sales, especias, productos proteínicos, productos alimenticios para usos nutricionales especiales, bebidas, aperitivos y alimentos preparados. Teniendo en cuenta estas definiciones, podemos definir como productos no cárnicos para la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S., todos aquellos productos alimenticios utilizados en la preparación de embutidos contenidos en el Codex Alimentarius, que su origen sea diferente a canales, cortes, partes, órganos y subproductos de origen vacuno, cerdo, aves de corral y caza (Codex Alimentarius, 1995).

Los productos no cárnicos son aquellos insumos que no tienen origen en carne animal, pero que se utilizan como ingredientes, aditivos, materiales auxiliares o embalajes dentro del proceso de producción de alimentos cárnicos procesados. En este grupo se incluyen especias, condimentos, ingredientes funcionales (como sal, almidones, conservantes), materiales de empaque (bolsas, películas plásticas), productos enlatados, alimentos secos y productos complementarios que, aunque no son perecederos en el mismo grado que la carne, requieren cuidados específicos para mantener su integridad y cumplir con los estándares de calidad (Christopher, 2016; Emmett & Dapretto, 2018).

La gestión de estos productos en almacenes específicos es clave para garantizar la eficiencia operativa. Un almacén bien organizado y administrado incide positivamente en la productividad, sostenibilidad y competitividad de la empresa, permitiendo cumplir con los requerimientos del mercado y de los entes reguladores (Coyle et al., 2016).

El almacén destinado a productos no cárnicos debe asegurar condiciones ambientales controladas que favorezcan la conservación de los productos. Factores como la temperatura, la ventilación y la iluminación adecuada son determinantes para mantener la frescura, la estabilidad y la seguridad de los insumos (Emmett & Dapretto, 2018). Además, se deben aplicar prácticas de rotación de inventario, como el método PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir), para prevenir pérdidas por vencimiento u obsolescencia (Christopher, 2016).

Gestión de Inventarios y Almacenamiento. La gestión de inventarios es una función clave dentro de la logística, ya que permite equilibrar la disponibilidad de materiales con los costos asociados al almacenamiento, evitando tanto excesos como escasez. En este sentido, un sistema de inventario eficiente garantiza el flujo continuo de materias primas hacia el proceso productivo, minimizando interrupciones operativas (Chopra & Meindl, 2019).

Dentro de los sistemas de almacenamiento, la adecuada asignación de espacios y la organización lógica del almacén permiten mejorar los tiempos de respuesta, reducir desplazamientos innecesarios y aumentar la productividad del personal logístico (Jacobs & Chase, 2021). La capacidad física, la rotación de productos, las condiciones ambientales y la clasificación de materiales son variables críticas que deben ser consideradas al momento de diseñar estrategias de almacenamiento para materias primas no cárnicas.

Desde el punto de vista operativo, un diseño de almacén eficiente implica la disposición estratégica de las áreas de recepción, almacenamiento y despacho, con el fin de optimizar los flujos de trabajo. El uso del almacenamiento vertical, mediante estanterías de paletas y racks, permite aprovechar la altura del espacio físico, mientras que el almacenamiento horizontal facilita el acceso y reorganización de productos en estanterías modulares (Emmett & Dapretto, 2018).

Los sistemas WMS juegan un papel protagónico al permitir la trazabilidad de los productos y mejorar el control del inventario. Estas herramientas tecnológicas contribuyen significativamente a la reducción de errores, el ahorro de tiempo y la mejora en la toma de decisiones operativas (Coyle et al., 2016). Adicionalmente, la aplicación del principio de Pareto (80/20) permite identificar los productos más importantes del inventario —aquellos que generan la mayor parte del valor o rotación— para así priorizar su ubicación y reposición (Christopher, 2016).

Por último, el modelo Justo a Tiempo (JIT) se presenta como una estrategia efectiva para reducir los niveles de inventario, minimizando así los costos asociados al almacenamiento prolongado y optimizando el uso del espacio disponible. Bajo este enfoque, los productos se reponen únicamente cuando se necesitan, reduciendo el capital inmovilizado y aumentando la flexibilidad de respuesta a los cambios del mercado (Emmett & Dapretto, 2018).

Esto incluye reducir costos operativos mediante la optimización del espacio de almacenamiento, minimización de pérdidas por obsolescencia y reducción de tiempos de inactividad en la cadena de suministro.

Modelos Matemáticos Aplicados a la Logística. Los modelos matemáticos constituyen herramientas fundamentales para la representación y análisis de fenómenos logísticos. Su aplicación permite formalizar problemas complejos, identificar patrones y establecer soluciones óptimas basadas en datos reales. En el ámbito de la gestión de almacenes, estos modelos se utilizan para determinar capacidades, rutas, secuencias, y asignaciones de recursos (Hillier & Lieberman, 2021). La utilización de modelos predictivos posibilita la anticipación de eventos futuros, permitiendo tomar decisiones estratégicas que optimicen los recursos disponibles. Entre las técnicas más utilizadas se encuentran los modelos de programación lineal, la simulación de

eventos discretos, y los modelos estocásticos, los cuales se adaptan a diferentes niveles de incertidumbre (Taha, 2017).

Predicción de la Ocupación de Almacenes. Anticipar el nivel de ocupación de un almacén permite gestionar proactivamente la infraestructura logística. Las técnicas de predicción, tales como las series de tiempo, los modelos de regresión múltiple y las redes neuronales, permiten estimar la demanda de espacio a partir de variables históricas y factores contextuales (Makridakis et al., 2018). La aplicación de estas metodologías en contextos industriales ha demostrado ser eficaz para reducir los costos de almacenamiento, evitar sobrecargas y garantizar la disponibilidad del producto adecuado en el momento oportuno (Silver et al., 2017). La capacidad de prever los niveles de ocupación también facilita la toma de decisiones sobre ampliaciones, redistribución de espacios y planificación de compras.

Planeación del uso de la Capacidad de Almacenamiento. La correcta planeación de la capacidad en un almacén no solo implica disponer adecuadamente los materiales, sino también maximizar el aprovechamiento volumétrico, considerando variables como la rotación, el tipo de insumo y la frecuencia de uso. Esta planeación se traduce en una mayor eficiencia operativa, reducción de tiempos de desplazamiento y mejor control de inventarios (Gu et al., 2010). Desde una perspectiva sistémica, el diseño del layout, el sistema de ubicación y la estandarización de procesos de almacenamiento permiten alcanzar una organización funcional que contribuye al logro de los objetivos logísticos de la empresa.

La importancia del almacén en una bodega de productos no cárnicos es fundamental para la gestión de inventarios, conservación de calidad, eficiencia operativa y cumplimiento de normativas (Coyle et al., 2016). Un almacén bien gestionado contribuye directamente al éxito y la sostenibilidad del negocio. Aquí se almacenan y gestionan productos no cárnicos, como

alimentos enlatados, productos secos o envasados, los cuales requieren condiciones específicas para conservar su calidad (Christopher, 2016). La adecuada gestión del inventario asegura suficiente stock para satisfacer la demanda del mercado, facilita la rotación de productos (utilizando primero los más antiguos) y previene la obsolescencia y las pérdidas.

Esto incluye reducir costos operativos mediante la optimización del espacio de almacenamiento, minimización de pérdidas por obsolescencia y reducción de tiempos de inactividad en la cadena de suministro.

Apoyo a la Toma de Decisiones en Logística. En entornos productivos donde el margen de error debe ser mínimo, los sistemas de apoyo a la toma de decisiones (DSS, por sus siglas en inglés) se han convertido en aliados estratégicos. Estos sistemas integran datos, modelos matemáticos y herramientas de análisis que facilitan decisiones racionales y oportunas en diferentes niveles de la operación logística (Turban et al., 2018). El uso de un modelo matemático predictivo para la gestión de la ocupación del almacén se enmarca en esta lógica, ya que permite al responsable logístico visualizar escenarios, identificar riesgos y optimizar recursos con base en información estructurada y actualizada.

Estado del Arte

El diseño de un modelo matemático para la predicción y gestión de la ocupación en almacenes de materias primas no cárnicas en la planta Alimentos Cárnicos Caloto requiere una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la gestión de inventarios, modelos de predicción y las herramientas tecnológicas que facilitan estos procesos. A través de esta investigación, se busca identificar enfoques, estrategias y metodologías que puedan ser aplicadas y adaptadas al contexto operativo de la planta. En este sentido, se han considerado estudios sobre modelos de predicción, sistemas de gestión de inventarios, diseño de almacenes y uso de

tecnologías en la administración logística y metodologías que proporcionaron un marco teórico sólido para la predicción y gestión en el almacenamiento.

En el contexto del diseño de un modelo matemático para la predicción y gestión de la ocupación en almacenes de materias primas no cárnicas en la planta Alimentos Cárnicos Caloto, es crucial comprender las prácticas y teorías actuales relacionadas con la gestión de inventarios, el almacenamiento y modelos de predicción.

Entre los estudios revisados encontramos el artículo Restructuración del layout de la zona de picking en una bodega Industrial, este artículo nos presenta un modelo de mejoramiento y optimización de recursos en las operaciones de almacenamiento y picking en empresas industriales. Al hacer énfasis en la optimización de la capacidad de almacenamiento, se presentan modelos matemáticos que permiten calcular el número de espacios requeridos teniendo en cuenta la demanda, capacidad del almacén expresada en número de espacios de almacenaje, estructura horizontal y vertical diseñada para el almacenamiento, así como las dimensiones de ancho, largo y profundidad de dichos espacios. (Arango et al., 2010).

La tesis Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de agroquímicos (2013), busca automatizar el sistema de asignación de posiciones de almacenamiento teniendo en cuenta las características de los productos, restricciones de compatibilidad entre los materiales y normas de seguridad, basados en la legislación existente. Este proyecto plantea un tipo de almacenamiento semicaótico, el cual permite segmentar la bodega en áreas que permiten agrupar ciertos productos según sus características y buscar dentro de estas áreas de almacenamiento las posiciones vacías disponibles. Además, permite ubicar con facilidad las materias por fechas y lotes, garantizando la oportuna rotación de los materiales.

En la tesis Diseño de un centro de distribución basado en modelos de planeación de operaciones para la empresa Dispropan Caribe Ltda (2023) se propone una modificación al Layaud actual del centro de distribución, ajustándose a las necesidades de los procesos en busca de oportunidades de mejora en eficiencia y utilización de recursos para las operaciones bajo techo. Este proyecto describe como se planean y realizan sus procesos, entre los procesos descritos se incluye el proceso de planeación del almacenamiento de materias primas, donde se describen las fuentes de información y modelos matemáticos utilizados para determinar la necesidad de posiciones de almacenamientos requeridas, teniendo en cuenta factores como el tipo de material a almacenar, peso, rotación, presentación y volumen ocupado por el material.

El trabajo de Bobadilla et al. (2008), en su artículo Planeación de Gestión de Inventarios a través del análisis de procesos en la Farmacia Quirúrgica de una clínica, nos plantea un modelo matemático para pronosticar la demanda de insumos requeridos en áreas de partos y cirugías. Además de predecir el comportamiento de la demanda, se realizan los cálculos de las necesidades de inventarios de insumos necesarios para cubrir la necesidad estimada, reduciendo los pedidos adicionales de insumos y alistamientos adicionales de los mismos, evitando retrasos en las atenciones médicas y garantizando el flujo de materiales en los procesos, mejorando la calidad del servicio y reduciendo costos adicionales en los procesos.

En el documento diseño de un modelo matemático para la asignación de ubicaciones de los productos en una bodega de una empresa productora y exportadora de conservas de sardinas y atún. Se plantea una solución para la reducción de los tiempos de preparación y despacho de pedidos, basados en la disminución de los tiempos de recorrido de los montacargas al momento de buscar la mercancía. Para este fin, se realiza una clasificación de los materiales de la bodega con la metodología de clasificación de inventarios ABC y se presenta un modelo matemático que

teniendo en cuenta la clasificación del inventario y la estructura física del almacén, determina el número de posiciones de almacenamiento óptimos requeridos para cada tipo de material, garantizando la optimización de la capacidad de almacenamiento y luego formular matemáticamente la asignación de posiciones para cada área de almacenamiento dentro de la estructura física de almacén, permitiendo la disminución de tiempos de recorrido de los montacargas.

Adicionalmente, el trabajo de Cardona et al. (2018) en la gestión de inventarios y almacenamiento de materias primas en el sector de alimentos concentrados, proporciona una perspectiva directa sobre las prácticas y desafíos en el sector alimentario

Estos estudios ofrecen una base sólida para el desarrollo del modelo matemático propuesto, integrando enfoques teóricos y prácticos que pueden ser adaptados y aplicados a la planta Alimentos Cárnicos Caloto.

Tendencias actuales. Las tendencias actuales en la predicción y gestión de almacenes incluyen el uso de tecnologías avanzadas como los sistemas WMS, metodologías de planeación de inventarios como Demand Driven y técnicas de simulación. Estas herramientas permiten una planeación y gestión más eficiente de la capacidad de almacenamiento y una mejor integración con la cadena de suministro.

Vacíos de investigación. A pesar de la disponibilidad de modelos y técnicas avanzadas, hay una falta de estudios específicos sobre la predicción de la ocupación en el almacenamiento de materias primas no cárnicas en el contexto colombiano y latinoamericano. Esto representa una oportunidad para investigar cómo adaptar y aplicar estos modelos a las condiciones locales.

La literatura revisada proporciona una comprensión sólida de los modelos y técnicas disponibles para predecir la ocupación en almacenes de materias primas. La aplicación de estas

estrategias en la planta de Alimentos Cárnicos S.A.S. puede mejorar significativamente la eficiencia operativa. Sin embargo, se requiere una investigación adicional para adaptar estos modelos a las necesidades específicas del contexto colombiano.

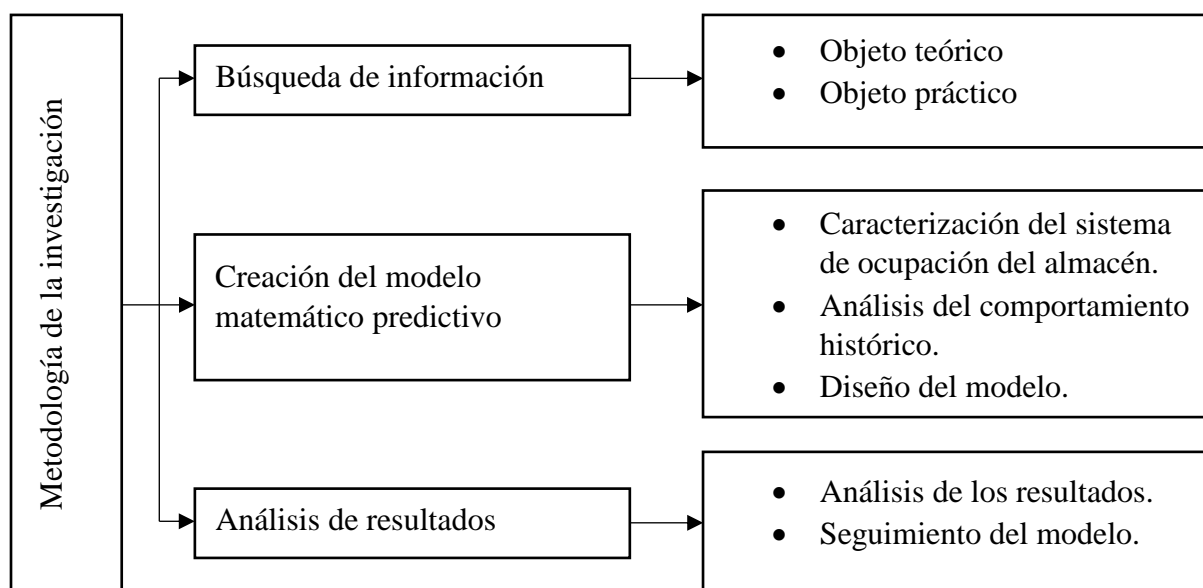
Metodología

La gestión eficiente del almacenamiento de materias primas no cárnicas es crucial para asegurar una operación fluida y rentable en la producción de embutidos. En este proyecto, se desarrolló un modelo matemático para la predicción de la ocupación de los almacenes de materias primas, utilizando herramientas informáticas y bases de datos, cuyo objetivo principal es suministrar información relevante que permita generar alertas de ocupación altas en el almacén, gestionar eficientemente la capacidad de almacenamiento y minimizar los costos asociados, contribuyendo a la eficiencia operativa y a la rentabilidad de la empresa.

La metodología de la investigación aplicada en este proyecto sigue un enfoque sistemático y se dividió en tres fases principales. Cada una de estas fases tiene un propósito específico y fue diseñada para contribuir a la solución del problema de diseñar un modelo matemático para la predicción y gestión de la ocupación en almacenes de materias primas no cárnicas en la planta de Alimentos Cárnicos Caloto.

Figura 7

Mapa Conceptual Estrategia Utilizada en la Metodología de la Investigación

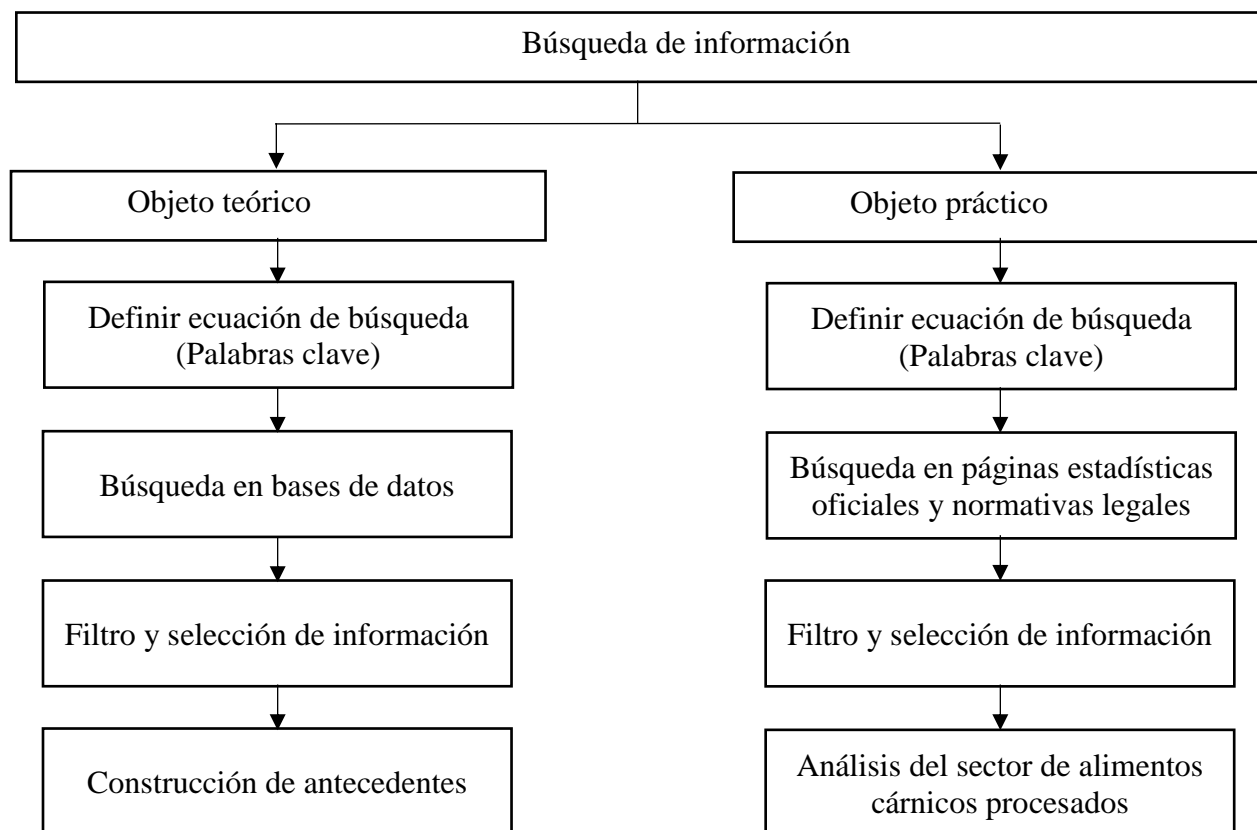


Fase 1 Búsqueda de Información

En la primera fase, se realizó una recopilación exhaustiva de información que permitió definir el objeto teórico de este proyecto. Para ello, se realizaron búsquedas en bases de datos (CORE, Repositorios universitarios, Google Scholar, Scopus), se filtraron aquellos artículos con información de interés para la construcción del modelo matemático y se realizó la construcción de antecedentes. Por otra parte, se realizó la construcción del objeto práctico, para el cual se utilizaron fuentes primarias y secundarias, como estudios de mercado, informes sectoriales, datos específicos de la empresa, consultas en páginas estadísticas oficiales y normativas legales nacionales e internacionales.

Figura 8

Estrategia Búsqueda de Información



Para la construcción del objeto teórico se definió una ecuación de búsqueda, en la cual se utilizaron las palabras modelos matemáticos, modelos predictivos, gestión de almacenes, industria cárnica procesada y almacenamiento de materias primas. Los cuales se ingresaron en motores de búsqueda como CORE, Repositorios universitarios, Google Scholar y Scopus, los cuales son arrojaron una gran cantidad de artículos y estudios. Estos documentos fueron analizados y filtrados, teniendo en cuenta solo aquellos que contenían información útil que nos permitieron tener una base sólida para la construcción de los antecedentes.

Por su parte, en la construcción del objeto práctico fue necesario orientar la búsqueda con palabras claves como materias primas cárnicas, materias primas no cárnicas, embutidos, sectores y alimentos cárnicos procesados. Como la finalidad de esta fase se centró en conocer el entorno en el cual se desarrolla el proyecto, se gestionó la búsqueda en páginas estadísticas e institucionales como la FAO, legislación colombiana, Mordor Intelligence, Grand View Research y Departamento Nacional de Planeación. Luego, filtraron aquellos documentos que nos permitieron conocer la normativa legal y el comportamiento de la industria colombiana en el sector de alimentos cárnicos procesados, generando un análisis comparativo con los mercados a nivel mundial y el comportamiento en Sudamérica.

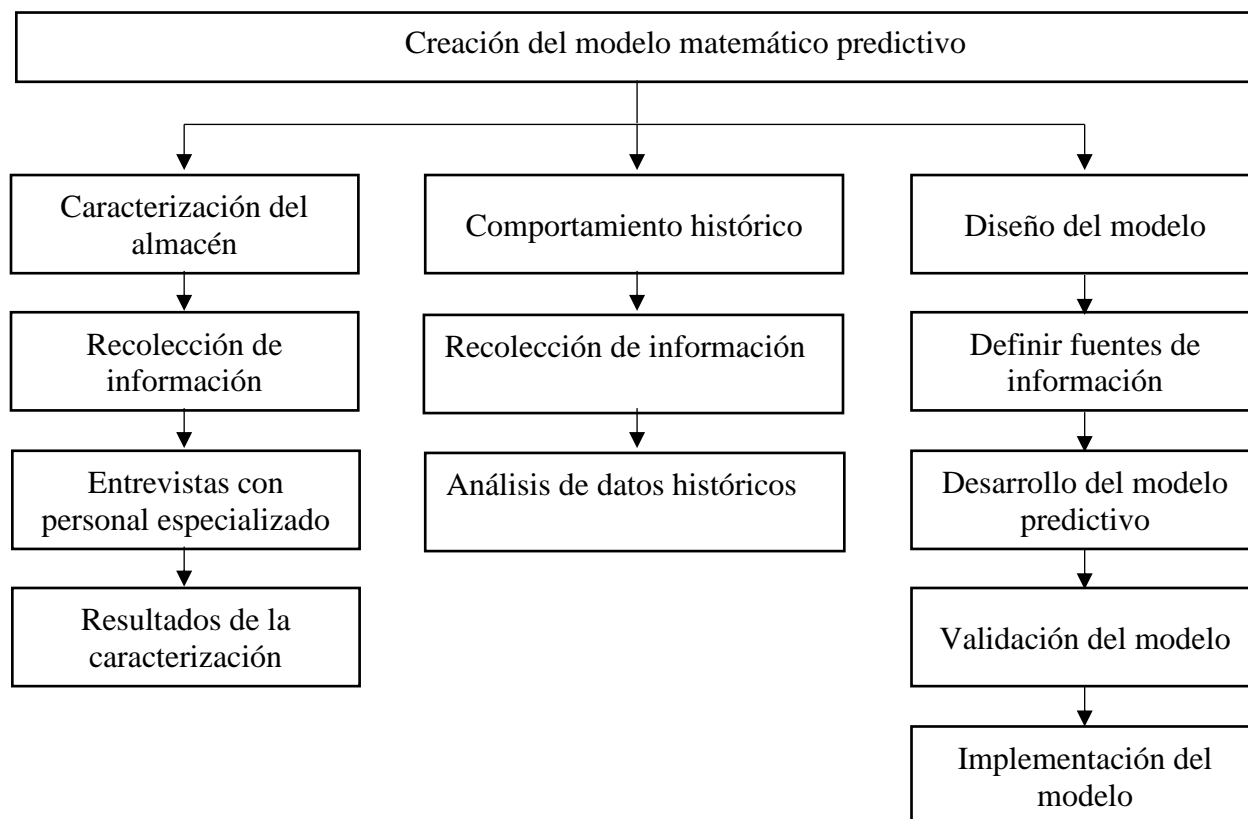
Como resultados del objeto práctico y el objeto teórico, encontramos que el presente proyecto, está alineado con investigaciones previas en la predicción de ocupación de almacenes y la gestión de inventarios en la industria de alimentos procesados, destacando cómo la implementación de modelos matemáticos y computacionales puede generar mejoras tangibles en la eficiencia operativa. La investigación de García y Rodríguez (2020) en empresas alimentarias de América Latina resalta la importancia de una gestión eficiente de inventarios en empresas del sector cárnico.

Fase 2 Creación del Modelo Matemático Predictivo

Esta fase se compone de 3 etapas, en la primera etapa denominada caracterización del almacén, se recopiló información detallada del almacén como capacidad de almacenamiento, estructuras horizontales y verticales, tipo de almacenamiento, restricciones del modelo de almacenamiento y configuración en sistema. En la segunda etapa denominada comportamiento histórico, se realizaron análisis de los comportamientos históricos de la ocupación del almacén, donde se identificaron patrones de comportamientos estacionarios. Y por último tenemos la fase de diseño del modelo, donde se definieron las fuentes de información requeridas y los cálculos necesarios para la construcción del modelo matemático.

Figura 9

Estrategia Creación del Modelo Matemático Predictivo



Para realizar la caracterización del sistema de ocupación del almacén de materias primas no cárnicas, fue necesario recopilar información primaria y secundaria del proceso, entre los datos obtenidos tenemos la configuración del sistema de gestión de almacenes (WMS) que nos ayudó a comprender el modelo de almacenamiento, la estructura física del almacén y la capacidad de almacenamiento con la que contamos. Por otra parte, también obtuvimos la distribución actual del espacio, el inventario de materias primas y datos secundarios proporcionados por otros sistemas, como el sistema de contabilidad o el sistema de gestión empresarial (ERP), además de las observaciones directas realizadas en el almacén para comprender mejor las prácticas operativas y los desafíos percibidos por el personal.

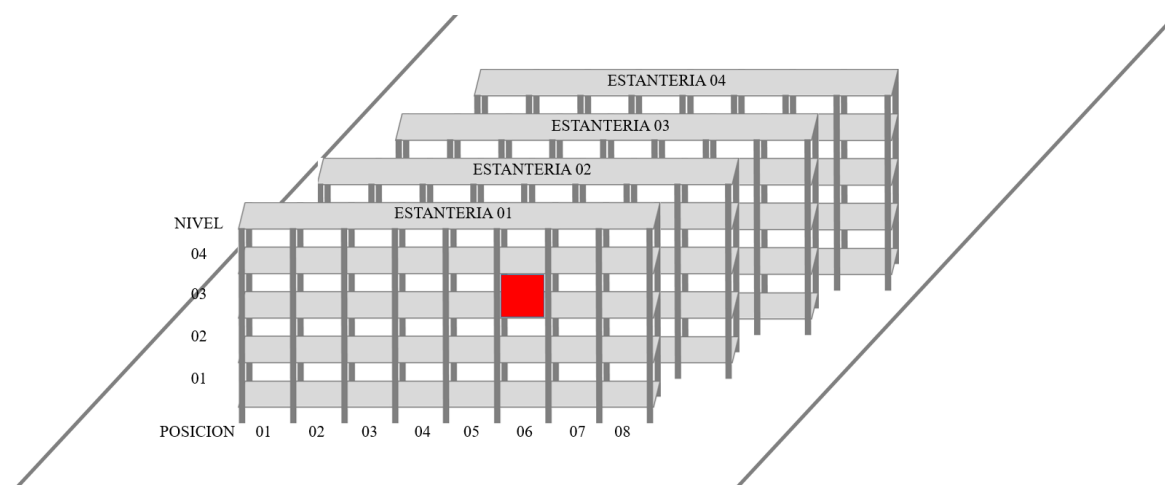
Por otra parte, se realizaron entrevistas con el personal encargado del almacén y la gestión de inventarios obteniendo información detallada sobre las prácticas operativas, los desafíos percibidos y las sugerencias de mejora, se realizó la debida documentación de las opiniones y recomendaciones del personal, teniendo en cuenta la información recibida durante la construcción del modelo matemático.

Con la información recopilada, se realizó la caracterización del almacén donde se logró determinar la capacidad de almacenamiento, la cual cuenta con 1,243 posiciones físicas, cada posición puede almacenar una estiba de hasta 1,000 kg, con dimensiones de 1,95 m de alto, 1,40 m de ancho y 1,40 m de profundidad. Es importante destacar que, para la configuración del almacén en la planta Caloto se utiliza actualmente un sistema WMS, un software de optimización de almacenamiento que asigna la ubicación de los materiales de manera ordenada, basados en coordenadas que permiten conocer la ubicación exacta del material, facilitando las operaciones internas del almacén, en nuestro caso se utiliza configuración de 6 dígitos, en los cuales los dos primeros dígitos hacen referencia a la estantería dentro del almacén, los dos

dígitos siguientes hacen referencia al nivel (Vertical) de la estantería y los dos últimos dígitos hace referencia a la posición (Horizontal) donde se ubica el material. Esta descripción se puede observar esquematizada en la figura 10. Como se puede observar es un plano virtual de las posiciones en las estanterías

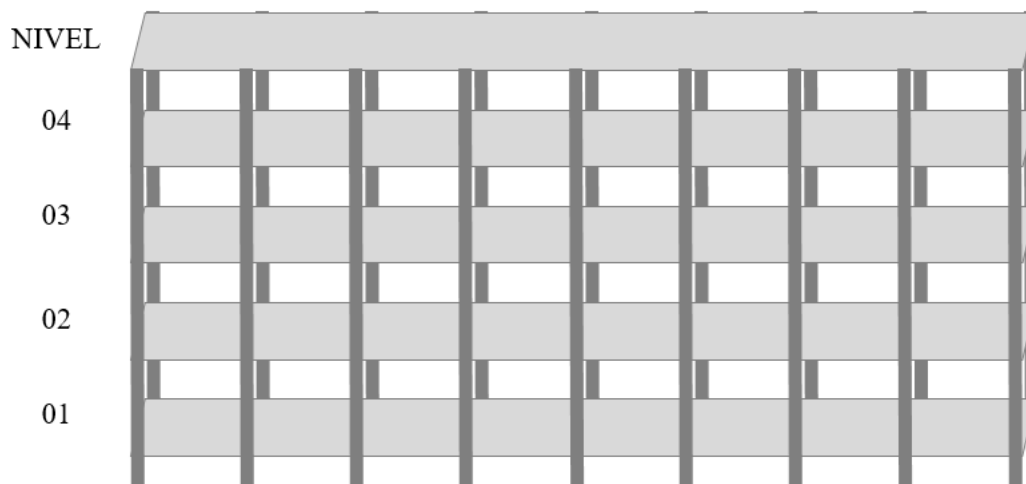
Figura 10

Plano de la Ubicación del Almacén



Nota. Descripción lógica y configuración virtual del almacén. Ubicación [010306]. Estantería 01.
Nivel 03. Posición 06

En la figura 11, se describe la estructura vertical de las estanterías con relación a la configuración lógica del Sistema de Gestión Empresarial (ERP) para obtener una visión integral del flujo de inventarios en el almacén.

Figura 11*Niveles de Altura para Almacenamiento*

En la figura 12, se hace referencia a las estibas y la cantidad de posiciones identificadas en la bodega de almacén, de las 1270 posiciones físicas, se habilitan para el proceso de almacenamiento 1243 posiciones, se descuentan 27 posiciones que se utilizan para pasillos de tránsito de estibadores y posiciones inhabilitadas debido a la inclinación del techo del almacén.

Figura 12*Estibas*

Estas posiciones se encuentran distribuidas según el tipo de material para evitar contaminación cruzada y facilitar la búsqueda de materiales.

A continuación, se describen las zonas de almacenamiento.

- Zona de picking y condimentos: Almacenamiento de materiales listos para la producción diaria.
- Etiquetas: Zona destinada a etiquetas y materiales de identificación de productos terminados.
- Material de empaque. Almacenamiento de películas y otros materiales de empaque.
- Tripas, ganchos y lazadas: Materiales utilizados en la fabricación de embutidos.
- Condimentos: Almacenamiento de especias y aditivos.
- Alérgenos y harinas: Zona especial para materiales alérgenos y harinas.
- Corrugado: Almacenamiento de cajas de cartón.
- Líquidos pequeños: Condimentos líquidos en envases menores a 1 galón.
- Devoluciones: Zona destinada a productos que requieren devolución a los proveedores.
- Líquidos grandes: Almacenamiento de condimentos líquidos en grandes contenedores.

Por otra parte, en la construcción del modelo de predicción de ocupación, se tuvo en cuenta las prácticas operativas visualizadas durante el proceso de almacenamiento y las recomendaciones del personal encargado del almacén. La implementación de estas observaciones permitió diseñar un modelo más realista y adaptado a las necesidades y restricciones específicas del almacén de materias primas no cárnicas.

Durante las observaciones realizadas en el almacén, se identificaron varias prácticas claves para la gestión eficiente del almacén, la utilización de un almacenamiento semicaótico, donde las posiciones libres se asignan automáticamente en el área correspondiente al tipo de material, garantiza una mejor gestión de la capacidad de almacenamiento y previene la contaminación cruzada, manteniendo la calidad de los materiales. La distribución de zonas de almacenamiento por tipo de material, configurando áreas específicas como el área de picking, líquidos grandes y líquidos pequeños, diseñadas para facilitar la operación y cumplir con los requisitos de seguridad e inocuidad. El almacenamiento de los materiales a usarse en producción en el área de picking, asignado en el primer nivel de las estanterías para reducir movimientos en la operación, agilizar los procesos productivos y minimizar el uso de equipos de manipulación. El almacenamiento de los líquidos en el primer nivel para evitar que, en caso de derrame, afecten otros materiales y reducir riesgos de seguridad en la manipulación de tanques y pimpinas al ser este su unidad de embazado desde el proveedor. El almacenamiento de los materiales alérgenos, que, por normativa de seguridad alimentaria deben almacenarse en un área separada de los demás materiales, solo pueden compartir estantería con los materiales líquidos debido al material hermético de su empaque, el cual garantiza que no se genere contaminación cruzada con estos materiales. La unificación de unidades de almacenamiento con el fin de optimizar el espacio unificando materiales que no llenan completamente una posición de almacenamiento, especialmente en áreas como etiquetas, material de empaque, tripas y líquidos pequeños. Y por último, la asignación de espacios fijos en áreas críticas, algunas zonas como el área de picking y condimentos (192 posiciones) y el área de devoluciones, tienen asignaciones fijas. Estas áreas no pueden ser utilizadas para almacenar otros tipos de materiales debido a su función en la producción y las normas de seguridad.

Además de las observaciones realizadas, se complementó la información con entrevistas a personal especializado, los cuales nos proporcionaron información crucial sobre las prácticas operativas y las restricciones que deben mantenerse, entre las cuales, nos solicitaron mantener el diseño actual de áreas de almacenamiento separadas por tipo de material, para prevenir la contaminación cruzada y asegurar la calidad de los productos. El personal destacó la importancia de seguir unificando materiales para liberar espacio en el almacén. Esto aplica principalmente en áreas donde los materiales no ocupan completamente las posiciones de almacenamiento y como sugerencia para el modelo de predicción de ocupación, el personal administrativo del almacén solicitó que el modelo permita modificar las variables de entrada, con el fin de simular y validar distintos escenarios que permitan a la operación gestionar eficientemente la capacidad de almacenamiento.

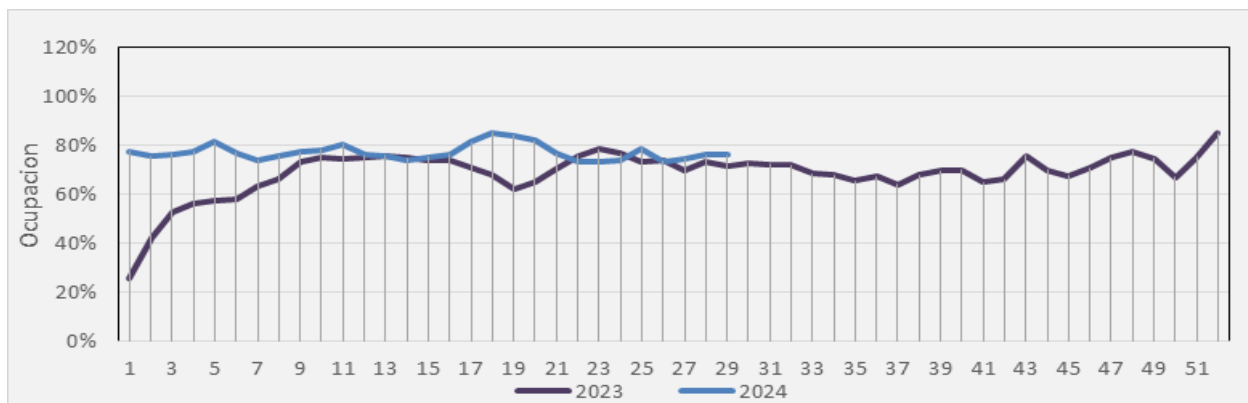
La realización del análisis del comportamiento histórico fue realizada en dos etapas, la primera etapa fue la recolección de datos históricos de ocupación del almacén de materias primas no cárnicas y luego en una segunda fase se realizaron los análisis de estos datos para identificar patrones estacionales, tendencias y fluctuaciones en la demanda de materias primas. Este análisis es clave para entender cómo varía la ocupación en función de la demanda, lo cual influye directamente en el diseño del modelo de predicción de ocupación.

En la información recopilada, se obtuvieron los datos históricos de ocupación del almacén con detalle sobre la cantidad de posiciones ocupadas en cada una de las áreas de almacenamiento a lo largo del tiempo, incluyendo las zonas de picking, líquidos, condimentos, entre otros. También se obtuvo la información sobre la frecuencia de entrada y salida de cada tipo de material en las diferentes zonas de almacenamiento.

Con esta información se pudo evidenciar ciertos patrones de demanda a través del tiempo e identificar los momentos en que ciertas áreas del almacén son más demandadas y cómo estos patrones pueden afectar la ocupación y gestión del almacenamiento. El análisis de estos datos nos permitió ajustar el modelo de predicción de ocupación a las fluctuaciones de la demanda y a las necesidades de almacenamiento a largo plazo.

Se realizó el análisis del comportamiento de las ocupaciones del almacén de Materia Prima No Cárnica [MPNC] por semanas desde la semana 1 del año 2023 a la semana 29 del año 2024, al tener materias primas para la fabricación de productos alimenticios de consumo masivo, se comparan los resultados del año 2023 vs el año 2024, de manera general se visualiza un aumento en las ocupaciones del almacén de MPNC del año 2024 con respecto al año 2023, lo cual es consistente con el aumento en ventas reflejado durante el presente año. (Ver Apéndice 3 para el histórico de ocupaciones).

En la figura 13, se puede evidenciar el comportamiento de la demanda estacionaria, estas se reflejan en el aumento de ocupación en el almacén de MPNC en las semanas previas a la semana santa (Semana santa 2023: semana 14), (semana santa 2024: semana 13), también se ve reflejada la estacionalidad durante las semanas previas al día de las madres, donde se producen productos especiales para la celebración de este día y donde se refleja el aumento en el almacenamiento de materias primas no cárnicas en la sede, debido a la transferencia de fabricación de productos especiales para el día de la madre desde otras plantas hacia la planta de fabricación donde se realizó este proyecto. También se refleja aumento de la ocupación en el almacén de materias primas no cárnicas debido a la temporada navideña, la cual se presenta a partir de la semana 45 hasta la semana 52.

Figura 13*Demanda Estacionaria*

El diseño del modelo matemático para la predicción y gestión de la ocupación en almacenes de materias primas no cárnicas se basó en los datos recolectados y las necesidades operativas previamente identificadas. Por tal motivo, se desarrolló un modelo que permite predecir la ocupación de los almacenes considerando variables como la capacidad de almacenamiento, la demanda de insumos, las restricciones y las sugerencias de mejora del personal.

El modelo se construyó utilizando herramientas informáticas avanzadas, que permitieron realizar los cálculos de forma ágil y el tratamiento de la información de manera adecuada y segura, permitiendo realizar simulaciones y ajustes sobre la capacidad de almacenamiento, variaciones en la demanda y la gestión del inventario.

El diseño del modelo de predicción de ocupación de almacenes de materias primas no cárnicas se dividió en cuatro etapas, en la primera etapa se definieron las fuentes de información, en la segunda etapa se desarrollaron los cálculos del modelo predictivo, en la tercera etapa se realizaron validaciones al modelo y en la cuarta etapa realizamos la implementación del modelo predictivo en el almacén.

En la primera etapa del diseño del modelo predictivo, se abordan las fuentes de información que se seleccionaron para la creación del modelo, esta información se obtiene a partir de varias fuentes, como los sistemas de gestión de inventarios (WMS), las observaciones directas del almacén y las entrevistas con el personal especializado. Esta información es crucial para definir las variables del modelo y establecer las restricciones necesarias para garantizar una operación eficiente.

La primera fuente que se definió para el modelo fue la “Tabla de Distribución de Zonas de Almacenamiento en el Centro de Distribución [CEDDI]”, el almacén está subdividido en diferentes áreas, cada una de las cuales tiene una cantidad específica de posiciones disponibles para diferentes tipos de materiales. La predicción de ocupación en estas áreas debe tener en cuenta tanto las restricciones físicas como las operativas. A continuación, se describe la distribución de las zonas de almacenamiento y la cantidad de posiciones disponibles en cada una.

Tabla 1*Distribución de Zonas de Almacenamiento en CEDI*

Área	Descripción	Posiciones
A00	Zona Picking y condimentos	192
A01	Etiquetas	30
A02	Material de empaque	152
A03	Tripas - Ganchos y lazadas	96
A04	Condimentos	264
A05	Alérgenos – Harinas	294
A06	Corrugados	166
A07	Líquidos pequeños	35
A08	Devoluciones	2
A09	Líquidos grandes	12
Total		1243

Nota. Se designa la codificación del área de almacenamiento, en descripción se le asigna el nombre al área de almacenamiento y las posiciones corresponden a la cantidad de zonas de almacenamiento asignada a cada área.

La segunda fuente definida fue el “Archivo Seguimiento Ocupación Diaria”, donde fue necesario crear una consulta en Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL) que descarga las posiciones ocupadas en el almacén con información histórica del presente año desde bases de datos propias de la empresa, adicional contiene la información de los kilos promedios almacenados en cada posición por cada tipo de material y la capacidad máxima de almacenamiento en cada segmento según los tipos de materiales. Este seguimiento tiene como objetivo registrar y controlar diariamente el nivel de ocupación de las áreas de almacenamiento, asegurando que se utilicen de manera eficiente y que se mantenga un balance adecuado entre la

capacidad disponible y la demanda de insumos o productos almacenados. (Ver Apéndice 4 para la descarga de datos).

La tercera fuente definida fue el “Inventario de Seguridad”, el inventario de seguridad requerido para cada material esta dado por medio la metodología de gestión y planificación de inventarios Demand Driven, en el cual se establecen los días de inventario que se necesitan por cada material desde que se genera la orden de compra hasta la llegada del producto a la planta, adicional a esto se le suma un día de inventario, debido a que la mercancía que entra no puede ser utilizada inmediatamente en el proceso si no hasta el día siguiente y adicional un día más de inventario para mitigar inconvenientes o retrasos durante el abastecimiento de las materias primas. En el contexto de la predicción de la ocupación en el almacenamiento de materias primas no cárnicas, el inventario de seguridad permite protegerse ante fluctuaciones en la disponibilidad de insumos, problemas logísticos, o cambios inesperados en la demanda de producción. Esta información se descarga desde la plataforma WA, la cual consiste en un sistema planeación de demanda con enfoque metodológico en Demand Driven MRP [DDMRP]. Basado en la información que nos suministra el sistema WA podemos determinar el tamaño de los amortiguadores para los días que demoraría el reabastecimiento de las materias primas desde la creación de la orden de compra al proveedor, hasta la llegada del material al almacén de materias primas.

Tabla 2*Materia Prima*

Material	Tamaño buffer	ADU* (consumo promedio)	Zona roja base	Zona roja safe	Zona verde	Adu max	Adu min
T0011586	3,00	0	0	1	2	339	169
G0011346	3,00	0	0	1	2	65	32
C0013336	52,00	0	0	1	50	320	12
M0013232	31,00	0	1	0	25	155	11
T0012715	172,00	0	2	0	150	471	12
C0011128	39,00	0	2	1	25	86	17
A0011660	49,00	0	3	2	25	81	23
T0012384	25,00	0	1	1	20	52	9
D0013298	88,00	0	3	1	50	102	14
C0012417	89,00	0	3	1	50	101	14
T0012848	195,00	0	4	1	150	242	15
M0012147	104,00	0	5	2	50	82	18
D0011363	35,00	0	3	2	20	37	12
K0012455	38,00	1	4	2	20	32	12
D0011318	35,00	1	2	1	25	28	6

Nota. El tamaño buffer corresponde a la configuración actual del inventario de reposición. La zona roja base corresponde al valor mínimo crítico del inventario. La zona roja safe es la cantidad de inventario necesaria antes de solicitar al proveedor. La zona verde: cantidad óptima de inventario. Adu max es el consumo máximo del material. Adu min es el consumo mínimo del material.

La cuarta fuente de información definida, fueron los “Días Hábiles”, para lo cual fue necesario crear una base de datos que contenga las semanas y los días hábiles de la semana para luego establecer el cálculo de la materia prima promedio día necesaria para la producción.

Tabla 3

Días Hábiles

Semana	Días hábiles
01	5
02	5
03	6
04	6
05	6
06	6
07	6
08	6
09	6
10	6
11	6
12	6
13	5

Por último, tenemos como quinta fuente el “Plan de Ventas Explosionado”, que contiene la información desglosada de cada materia prima requerida para el proceso de producción por semana y por tipo de material, estas cantidades son calculadas basada en la cantidad de producto terminado que la empresa planea vender y a partir de ahí se determina qué cantidad de materia prima se requiere.

Tabla 4*Plan de Ventas Explosionado*

Semana	Material	Cantidad	Unidad de medida*
1	L0011774	452	Metros
2	D0011961	2.259	Metros
3	M0012446	1.907	Unidades
4	T0013855	164.760	Metros
5	A0012251	32	Kilos
11	K0011869	524	Metros
12	K0011504	24.610	Metros
13	L0013513	25	Kilos
14	M0011504	11.718	Unidades
17	T0013262	569	Kilos

Nota. El sistema asigna un código para cada material.

En la segunda etapa de la construcción del modelo, se desarrollaron los cálculos necesarios para obtener la predicción de la ocupación de los almacenes, lo primero que debimos tener en cuenta para realizar el cálculo de ocupación, es determinar la cantidad de material que se va a utilizar en el proceso de producción por día. Con el fin de establecer la necesidad de material diario requerido, se inició determinando el consumo promedio día proyectado para cada semana por cada tipo de material, tomando el plan de ventas explosionado, el cual nos llega con la información de las cantidades requeridas por cada material agrupados por semanas y se toma la base de datos de días hábiles, con los cuales realizamos la división del consumo semanal proyectado para cada material entre y los días hábiles correspondientes a esa semana.

Luego de obtener el dato del consumo proyectado promedio día para cada semana por cada material, se necesitó calcular las cantidades de cada material necesarias a reaprovisionar, las

cuales nos indican la cantidad de materiales que llegarían a nuestro almacén de materias primas para garantizar la producción, se debe tener en cuenta que las cantidades a reaprovisionar deben estar calculadas teniendo en cuenta el consumo necesario para la producción y las políticas establecidas por la empresa para calcular el inventario de seguridad, este inventario de seguridad se determina en días de inventario necesarios para garantizar el flujo normal de la operación y no generar desabastecimiento, para realizar este cálculo se tomó la información calculada del consumo promedio día proyectado para cada tipo de material por semanas y se multiplica por el inventario de seguridad necesario para cada material, contenida en la tabla inventario de seguridad.

Para obtener el cálculo de posiciones proyectadas a utilizar para garantizar el almacenamiento de las materias primas, fue necesario tomar el dato anteriormente calculado de la necesidad de inventario a reaprovisionar, el cual está dado en kilos, unidades, metros o litros, según la unidad de medida estandarizada desde el proveedor para cada material y dividirlo entre la información histórica de ocupación que nos indica el promedio de kilos, metros, unidades o litros que se almacenaron en una posición por cada tipo de material, teniendo en cuenta un periodo de 30 días anteriores al día de elaboración del cálculo. Se tomó el promedio de kilos, metros, unidades o litros que se almacenaron en una posición por cada tipo de material, debido a que este dato nos muestra el comportamiento del almacenamiento de los materiales en las posiciones del almacén de materias primas no cárnicas, teniendo en cuenta el fraccionamiento del almacenamiento del material por lotes, peso y volumen.

Por último, para calcular la cantidad total de posiciones, se redondearon hacia arriba las cantidades de posiciones resultantes de los materiales correspondientes a las áreas de condimentos, alérgenos, corrugados y líquidos grandes, debido a que sus condiciones de

almacenamiento requieren estar separadas en el almacenamiento de otros materiales dentro de la misma posición y que los decimales generados en el cálculo se deben expresar como una posición completa más. Por su parte, los materiales correspondientes a las áreas de almacenamiento como etiquetas, material de empaque, tripas y líquidos pequeños, no tienen la necesidad de ser redondeados, debido a que las condiciones de almacenamiento permiten agrupar varios de estos materiales en una misma posición, alineando el modelo predictivo con los procedimientos actuales de almacenamiento para estos materiales. A la suma de las cantidades resultantes de estas áreas, se les sumó las cantidades de las áreas de zonas de picking y devoluciones, las cuales se determinaron como posiciones fijas que no pueden ser utilizadas para almacenamiento, debido a que cumplen otras funciones dentro del flujo de materiales. Para el cálculo del porcentaje de ocupación, se tomó la sumatoria de posiciones descrita anteriormente y se dividió entre el total de posiciones del almacén de materias primas no cárnicas.

La tercera etapa de la construcción del modelo, hace referencia a la validación de los datos resultantes del mismo, donde se validó el modelo utilizando datos históricos y simulaciones para comprobar el funcionamiento del mismo a partir de pruebas de sensibilidad para obtener resultados precisos y realistas e identificar cómo responde el modelo a cambios en los parámetros claves.

Para las pruebas de sensibilidad se realizaron cambios en los datos maestros del cálculo, se realizaron pruebas modificando las cantidades de materias primas del plan de ventas explosionado, la capacidad por áreas de almacenamiento, cambios en la capacidad total del almacén, se realizaron pruebas modificando los días de reaprovisionamiento y los días hábiles desde la semana. Como resultado de estos cambios, se evidenció que los cálculos realizados por

el modelo generaron variaciones coherentes con las modificaciones realizadas, validando así su correcto funcionamiento.

En la cuarta etapa, se realizó la implementación del modelo en el sistema de gestión de almacenes (WMS) de la planta Caloto, adicional, se realizó la capacitación al personal en el uso del modelo y se aseguró la integración exitosa en las operaciones diarias del almacén.

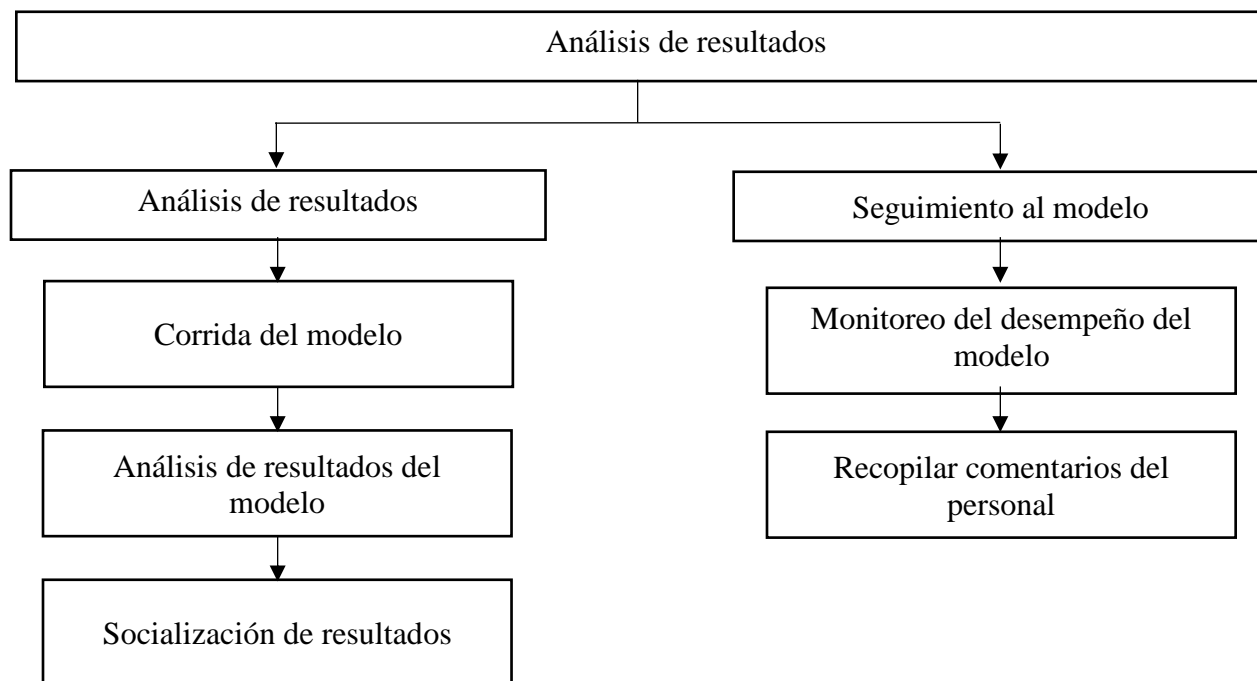
Ya teniendo el visto bueno por parte del área de abastecimiento de la planta caloto, se procedió a hacer la divulgación del cálculo y de los resultados a los equipos de monitoreo de la cadena de suministro, planeación de abastecimiento y compras de materias primas, dónde se aprobó el uso de esta herramienta de forma homologada para todas las áreas mencionadas, con el fin de analizar los comportamientos del almacén de materias primas no cárnicos, realizar monitoreos de las ocupaciones, generar las alertas de ocupación a futuro y utilizar esta información como base para generar acciones que mitiguen las situaciones de ocupación excedida que se puedan presentar. Además, se generó un plan de acción para la capacitación del personal designado a utilizar el modelo para la toma de decisiones y seguimiento de la operación de almacenamiento de materias primas no cárnicas, para esta capacitación se definió como público objetivo auxiliares, analistas, coordinadores y jefes de las áreas de abastecimiento de la planta caloto, planeación de abastecimiento, monitoreo de la cadena de suministros y compras.

En esta capacitación se le realizó la divulgación del Site de Power Bi donde se publicaron los resultados del mismo, este Site es el canal oficial utilizado por la empresa para la presentación de gráficos en línea e información de seguimiento a las operaciones, al público objetivo se les explicó cómo deben leerse los datos de la gráfica, cómo filtrar la información y el uso en general del Site.

Fase 3 Análisis de Resultados.

Figura 14

Análisis de Resultados



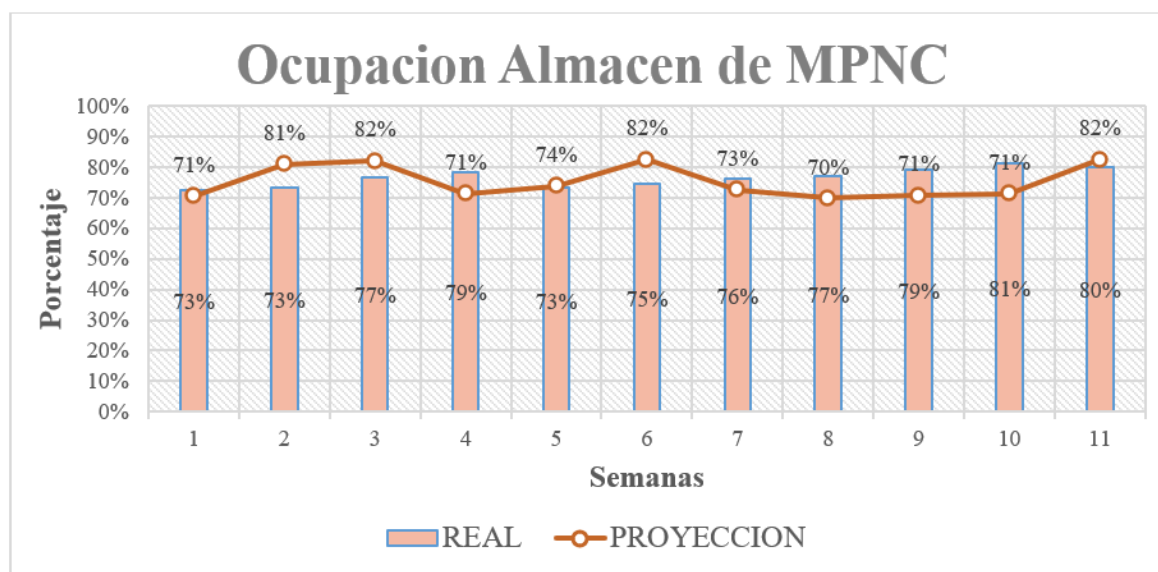
La fase de análisis de resultados consistió en revisar los datos arrojados por el modelo matemático predictivo y realiza seguimiento a la utilización del modelo en el almacén de materias primas no cárnicas. Durante el análisis de los resultados, se generó la corrida del modelo con la información correspondiente del mes, luego se analizaron los datos para validar la coherencia de la información y finalmente se realizó la socialización de los resultados al público objetivo de la información. Por su parte, en el seguimiento al modelo, se revisaron los datos y el funcionamiento del modelo a través del tiempo, con el fin de garantizar la estabilidad del modelo. También, se recopilaron los comentarios realizados por el público objetivo de la información, con el fin de recibir las observaciones, comentarios y mejoras propuestas por el equipo operativo y administrativo del almacén.

El análisis de resultados se dividió en tres etapas, la primera etapa consistió en actualizar las fuentes de información, se generó la corrida del modelo y se realizaron los gráficos correspondientes a los cálculos realizados.

En la segunda etapa, tomamos los datos resultantes de la corrida del modelo matemático de predicción de la ocupación del almacén y se generaron los análisis comparativos de los resultados del modelo vs el comportamiento real del almacén y resultados de corridas con información histórica de ocupación real.

Figura 15

Ocupación del Almacén



Nota. MPNC es la abreviatura de materia prima no cárnica.

Los cálculos de ocupación se generan a partir de la semana 20, fecha en la cual se consolidó el modelo matemático y se calcularon los datos hasta la semana 52 del año 2024, los resultados nos arrojaron un dato máximo del 82% y un mínimo de ocupación del 69% con un

promedio de 74% de ocupación. Se realizó validación del modelo utilizando datos históricos y simulaciones para asegurar que produzca resultados precisos y realistas.

Con el fin de realizar la validación del modelo se toman los datos históricos desde la semana 01 a la semana 11 abarcando los meses de enero, febrero y las dos primeras semanas del mes de marzo. Los datos de ocupación históricos entre estas semanas nos ahorran un máximo del 81% y un mínimo del 73% de ocupación, con un promedio de ocupación del 77%.

Se realiza comparativo entre las ocupaciones reales y las generadas por el modelo matemático de predicción, donde encontramos variaciones altas con un máximo del 8% y unas variaciones bajas con un máximo del -10% en el promedio de las variaciones tanto positivas como negativas nos arroja una variación promedio del real versus la ocupación proyectada de un 1,36%, se generan los cálculos de Error Absoluto Medio [MAE] el cual no arroja un valor de 5,55, lo que nos indica que las predicciones realizadas en el modelo tienen una precisión del 94,45%.

En la etapa de socialización de resultados, se abordó al público objetivo de la información y se les mostraron los resultados de los análisis y datos realizados. Se realiza la divulgación de esta información con la operación de abastecimiento donde se cuenta con la participación del jefe de abastecimiento, coordinadores y analistas del área, donde se les exponen los resultados y las variaciones, a lo cual se menciona que el dato se ajusta a la realidad y al comportamiento actual de las ventas que presentan un incremento del 5%, lo cual impacta directamente en el abastecimiento con una mayor solicitud de materias primas con respecto al plan explosionado de materias primas no cárnicas.

Por su parte, la fase de seguimiento al modelo se dividió en dos etapas, en la primera etapa se monitoreó el desempeño del modelo en el tiempo, se empezó a realizar a partir de la

semana 22 y se obtiene como fecha del último seguimiento la semana 32, durante este periodo de tiempo se evidenciaron variaciones a partir de la semana 28 a la semana 31 volviendo a la normalidad en la semana 32, al analizar profundamente la causa de estas variaciones en el almacenamiento, se evidenció que el comportamiento de las ventas entre esas semanas tuvo un crecimiento del 5% con respecto al plan de ventas establecido para dicha semana, lo que genera una mayor cantidad de materias primas en el almacén con respecto al cálculo realizado para esas semanas basados en el plan explosionado del plan de ventas, por lo cual el análisis concluye que el cálculo de ocupación realizado está acorde al plan de ventas y las variaciones generadas se deben al incremento de las ventas y una mayor compra de materias primas para poder suplir esta necesidad.

En la fase de recopilación de comentarios del personal objetivo de la información, se generó una reunión con los equipos de abastecimiento, planeación de abastecimiento, monitoreo de la cadena de suministros y compras de materias primas no cárnicas, con el fin de obtener retroalimentación acerca del funcionamiento del modelo matemático.

Por su parte los equipos se mostraron muy conformes con los datos, nos comentaron que esta información ha sido de mucha ayuda y les ha proporcionado la información suficiente para realizar movimientos oportunos dentro de los almacenes y evitar que se exceda la capacidad del almacenamiento, también nos comentaron desde el equipo de compras, que se realizaron cambios en la frecuencias de abastecimiento con algunos proveedores con el fin de reducir la ocupación del almacén, el equipo de abastecimiento de materias primas no cárnicas, nos comunicó que gracias a este modelo, se empezó a realizar un proceso de reasignación de capacidades por áreas de trabajo, ajustándolas a la necesidad real según el tipo de materias primas y el comportamiento de las mismas, con el fin de ser un mejor uso del recurso. Por otra

parte, este cambio generó un mejor flujo en el proceso de descargue de materia primas desde los vehículos, al poder contar con espacios suficientes para realizar esta operación.

Resultados

Modelo Matemático para la Predicción de Ocupación

Nomenclatura

- m: cantidad total de semanas.
- n: cantidad total de materiales.
- t: cantidad total de segmentos de materiales.
- Cij: cantidad planeada del material i en la semana j.
- Dj: número de días hábiles en la semana j.
- Pij: consumo promedio diario del material i en la semana j.
- ADUMAXi: días de reaprovisionamiento del material i.
- MNRij: cantidad planeada del material i en la semana j.
- SMi: representa el segmento de almacenamiento al que pertenece el material i
- PROMATi: promedio histórico de kilos almacenados de cada material en una

posición

- PTMkj: cantidad de posiciones a ocupar en la semana j correspondiente a la segmentación de material k
- CAPk: número total de posiciones de almacenamiento asignadas al segmento k.
- OCUPkj: porcentaje de ocupación del segmento k en la semana j

Formulación

Cálculo del consumo promedio diario.

$$P_{ij} = C_{ij} / D_j \quad (1)$$

Cálculo de Necesidad de Material a Reaprovisionar.

$$NMR_{ij} = P_{ij} * ADUMAX_i \quad (2)$$

Cálculo de posiciones semanales a ocupar por segmentación de materiales.

$$PTM_{kj} = \sum(MNR_{ij} / PROMAT_i) \text{ para todo } i \text{ tal que } SM_i = k \quad (3)$$

Cálculo de ocupación semanal del almacén.

$$OCUP_{kj} = TPN_{kj} / CAP_k * 100 \quad (4)$$

En la ecuación (1) se calcula el consumo promedio día proyectado para cada tipo de material, dividiendo las cantidades necesarias en cada semana entre el número total de días hábiles en ese período. En la ecuación (2) se calcula la cantidad a reaprovisionar de cada material por semana tomando el promedio diario de la necesidad de cada material por semana y multiplicándolo por los días de reaprovisionamiento de cada material (ADUMAX). En la ecuación (3) se calcula la cantidad de posiciones semanales proyectadas a utilizar en cada segmento del almacén. En la ecuación (4) se calcula el porcentaje de ocupación que tendrá el almacén en el segmento k de la semana j tomando el total de posiciones de almacenamiento necesarias del segmento k para la semana j (TPN_{kj}), dividiéndolas entre el número total de posiciones de almacenamiento asignadas al segmento k (CAP_k) y multiplicándolo por 100.

Aplicación del Modelo Computacional.

Para el cálculo de la predicción del consumo promedio día, se toma el plan de ventas explosionado por semana y se dividen las cantidades de cada material entre los días hábiles correspondientes a esa semana tomados de la base de datos días hábiles.

Figura 16

Consumo Promedio Día Proyectado para Cada Tipo de Material

Variables

I = Contador de filas para la tabla “Plan de Ventas”

Material = Captura el código del material

Semana = Captura la semana del plan de ventas

Cant = Captura las cantidades del Plan de ventas

J = Contador de filas para la tabla “Días Hábiles”

Días = Captura el número de días de la semana evaluada.

Prom_día = contiene el calculo de unidades promedio día del material evaluado.

K = Contador de filas para la tabla “Consumo Promedio Día”

Parámetros

EOF_TPV = Numero del Ultimo registro de la tabla “Plan de Ventas”.

TPV =Tabla “Plan de Ventas”.

TPV_M = Número de columna de la tabla “Plan de Ventas” que contiene el código del material.

TPV_S = Número de columna de la tabla “Plan de Ventas” que contiene la semana.

TPV_C = Número de columna de la tabla “Plan de Ventas” que contiene la cantidad.

Can_Sem = Numero de Semanas en el año.

TDH = Tabla “Días Hábiles”

TDH_Sem = Número de columna de la tabla “Días Hábiles” que contiene la semana.

EOF_TCPD = Número del Último registro de la tabla “Consumo Promedio Día”

TCPD_Cod = Número de columna de la tabla “Consumo Promedio Día” que contiene el código del material.

Algoritmo 1. Consumo Promedio día

Inicio

Desde I = 1 hasta I = EOF_TPV *desde 1 hasta final de la tabla plan de venta explo.*

Material = TPV [I, TPV_M] *captura el código del material*

Semana = TPV [I, TPV_S] *Captura la semana del plan de ventas*

Cant = TPV [I, TPV_C] *Captura las cantidades del Plan de ventas*

Desde J = 1 hasta J = Can_Sem *desde 1 hasta semana 52*

Si (Semana = TDH[J, TDH_Sem] entonces *busca la semana en la tabla días H.*

Días = TDH[J, TDH_Días] *Captura los días hábiles de la semana*

Fin de comparación

Fin desde

Prom_día = Cant = (TPV [I, TPV_C] / Días) *Calcula la cantidad promedio día*

Desde K = 1 hasta K = EOF_TCPD *desde 1 hasta final de la tabla Consumo Prom Dia.*

Si (Material = TCPD[K, TCPD_Cod] entonces *busca el material en la tabla TCPD*

TCPD[K, Semana] = Prom_día *Asigna a la tabla “Cantidad Promedia Dia” el calculo realizado para el material y la semana correspondiente*

Fin de comparación

Fin desde

Fin desde

Fin

Nota. Modelo computacional 1.

Se crea una nueva tabla con este cálculo “Consumo Promedio día”.

Tabla 5

Consumo Promedio Día

Código	01	02	03	04	05	06	07	08
D0012838	8683	7705	7928	9334	9475	7842	8011	9150
M0013758	24	21	21	26	27	21	22	25
L0012182	1	1	1	1	1	1	1	1
E0012962	3	3	3	4	4	3	3	4
G0012937	0	0	0	0	0	0	0	0
K0012771	17	16	16	21	20	16	16	20
T0011714	30	26	25	32	34	26	27	31
E0012404	11	10	11	9	11	9	9	11
Z0012424	0	0	0	0	0	0	0	0
K0013660	1	1	2	1	1	1	1	2
T0012392	1	1	1	1	1	1	1	1
L0013845	0	0	0	0	1	0	0	0
C0013831	112	91	104	124	127	99	133	116
D0011142	4	4	4	5	5	4	4	4
Z0013384	10	11	11	13	13	10	10	13
K0012953	67	58	63	68	75	59	74	73
C0112918	0	0	0	0	0	0	0	0
G0212625	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. El sistema asigna un código para cada material.

La figura 17 representa el cálculo de necesidad de material a reaprovisionar y cálculo de posiciones semanales necesarias.

Se busca en la tabla “Consumo Promedio Día” según el tipo de material y se toma el dato calculado para la semana correspondiente y se multiplica por el dato calculado de días de reaprovisionamiento (Inventario de seguridad).

Luego, se busca en la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar” según el tipo de material y se multiplica por el dato de kilos promedios almacenados correspondiente a cada material (Archivo seguimiento ocupación diaria).

Se redondean los datos a más, debido a que por definición si la posición requiere almacenamiento, independiente de la cantidad, debe ocupar una posición.

Figura 17

Cálculo de Posiciones Semanales Necesarias

Variables

I = Contador de filas para la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”

Material = Captura el código del material

J = Contador de columnas de la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”

Material = Captura el código del material

K = Contador de filas para la tabla “Consumo Promedio Dia”

CPD = Captura el consumo promedio día del material y la semana evaluada

L = Contador de filas para la tabla “Inventario de Seguridad”

INVS = Captura los días de reaprovisionamiento para el material evaluado.

M = Contador de filas para la tabla “Seguimiento Ocupación Diaria”

Parámetros

EOF_TNMR = Número del Último registro de la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”.

TNMR = Tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”.

Can_Sem = Numero de Semanas en el año.

TNMR_M = Número de columna de la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”.

que contiene el código del material.

EOF_TCPD = Número del Último registro de la tabla “Consumo Promedio Dia”.

TCPD = Tabla “Consumo Promedio Dia”.

TCPD_Cod = Número de columna de la tabla “Consumo Promedio Dia”. que contiene el código del material.

EOF_TINVS = Número del Último registro de la tabla “Inventario de Seguridad”

TINVS = Tabla “Inventario de Seguridad”.

TINVS_Cod = Número de columna de la tabla “Inventario de Seguridad”. que contiene el código del material.

TINS_Adu_max = Número de columna de la tabla “Inventario de Seguridad”. que contiene los días de inventario a mantener para el material evaluado.

EOF_TSOD = Número del Último registro de la tabla “Seguimiento Ocupación Diaria”.

TSOD = Tabla “Seguimiento Ocupación Diaria”.

TSOD_Cod = Número de columna de la tabla “Seguimiento Ocupación Diaria”. que contiene el código del material.

PROMAT = Captura la cantidad promedio almacenada para el material evaluado.

TSOD_Stock = Número de columna de la tabla “Seguimiento Ocupación Diaria”. que contiene la cantidad promedio almacenada para el material evaluado.

Algoritmo 2. Cálculo de Necesidad de Material a Reaprovisionar y Calculo de Posiciones

Inicio

Desde I = 1 hasta I = EOF_TNMR desde 1 hasta final de la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”

Desde J = 1 hasta J = Can_Sem desde 1 hasta semana 52

Material = TNMR [I, TNMR_M] captura el código del material

Desde K = 1 hasta K = EOF_TCPD desde 1 hasta final de la tabla “Consumo Promedio Dia”

Si (Material = TCPD[K, TCPD_Cod] entonces busca el material en la tabla TCPD

CPD = TCPD[K, J] Captura el consumo promedio día del material y la semana evaluada

Fin de comparación - Fin desde

Desde L = 1 hasta L = EOF_TINVS desde 1 hasta final de la tabla “Inventario de Seguridad”

Si (Material = TINVS[L, TINVS_Cod] entonces busca el material en la tabla “Inventario de Seguridad”

INVS = TINVS[L, TINS_Adu_max] Captura los días de reaprovisionamiento para el material evaluado.

Fin de comparación

Fin desde

Desde M = 1 hasta M = EOF_TSOD desde 1 hasta final de la tabla “Seguimiento Ocupación Diaria”

Si (Material = TSOD[M, TSOD_Cod] entonces busca el material en la tabla “Seguimiento Ocupación Diaria”

PROMAT = TSOD[M, TSOD_Stock] Captura la cantidad promedio almacenada para el material evaluado.

Fin de comparación

Fin desde

TNMR[I, J] = ((CPD * INVS) / PROMAT) calcula el número de posiciones promedio día a utilizar en el almacén para el material y la semana evaluada

Fin desde

Fin desde

Fin

Nota. Modelo computacional 2.

Tabla 6*Cálculo de Ocupación Semanal del Almacén*

Área	Código	01	02	03	04	05	06	07
A04	C0012856	101	89	92	108	110	91	93
A02	M0012769	2	2	2	2	2	2	2
A09	G0012974	2	2	2	2	2	2	2
A00	Z0013912	1	1	1	1	1	1	1
A02	M0012403	2	2	2	2	2	2	2
A01	E0012145	3	3	3	3	3	2	3
A00	Z0012278	5	5	6	5	5	4	5
A05	A0011567	2	2	2	2	2	2	2
A05	A0013920	1	1	1	1	1	1	1
A04	C0012131	1	1	1	1	1	1	1
A04	C0012610	3	3	3	4	4	3	4
A09	G0011793	4	4	4	5	5	4	4
A08	D0012695	2	3	3	3	3	2	2
A01	E001181	3	2	2	3	3	2	3
A07	L0011310	1	1	1	1	1	1	1
A07	L0012253	4	4	4	5	5	4	4
A08	D001194	2	2	2	2	3	2	2
A08	D0011414	7	6	6	7	7	6	5
A03	T0012667	5	5	5	6	6	5	5
A08	D0112481	1	1	1	1	1	1	1
A08	D0213380	1	1	1	1	1	1	1
A00	Z0312390	3	2	2	3	3	2	3
A08	D0413815	4	3	3	4	4	3	3
A01	E0511965	1	1	1	1	2	1	1
A00	Z0611512	1	1	1	2	2	1	1

Nota. El área corresponde a la codificación de cada segmentación de almacén. El sistema asigna un código para cada material.

Con el cálculo de posiciones requeridas para el almacenamiento de materia prima proyectado, procedemos a generar los cálculos matemáticos para predecir la ocupación del almacén en porcentaje, dividiéndolo entre el número de posiciones disponibles totales.

Al dato total de posiciones ocupadas calculadas en la predicción, se le debe sumar los datos fijos de posiciones como “Zona Picking y Condimentos (192 Posiciones)”

Figura 18

Ocupación del Almacén en Porcentaje

Variables

I = Contador de columnas para las tablas “Necesidad de Material a Reaprovisionar” y “Calculo Ocupación Semanal”

J = Contador de filas para la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”

Area = Captura el código del área de almacenamiento al que corresponde el material.

Posiciones = Captura el número de posiciones para el material y semana evaluados.

PTT = Sumatoria del total de posiciones de la semana

A00 = Almacena la sumatoria de las posiciones del área “A00”

A01 = Almacena la sumatoria de las posiciones del área “A01”

A02 = Almacena la sumatoria de las posiciones del área “A02”

A03 = Almacena la sumatoria de las posiciones del área “A03”

A04 = Almacena la sumatoria de las posiciones del área “A04”

A05 = Almacena la sumatoria de las posiciones del área “A05”

A06 = Almacena la sumatoria de las posiciones del área “A06”

A07 = Almacena la sumatoria de las posiciones del área “A07”

A08 = Almacena la sumatoria de las posiciones del área “A08”

Parámetros

EOF_TNMR = Número del Último registro de la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”

TNMR = Tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”

TNMR_A = Número de columna de la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar” que contiene el área de almacenamiento del material.

TCOS = Tabla “Calculo Ocupación Semanal”

PA00 = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del área A00

PA01 = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del área A01

PA02 = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del área A02

PA03 = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del área A03

PA04 = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del área A04

PA05 = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del área A05

PA06 = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del área A06

PA07 = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del área A07

PA08 = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del área A08

PATT = Número de fila en la tabla “Calculo Ocupación Semanal” del total del almacén

EST = Número de columna de la tabla “Calculo Ocupación Semanal” que contiene la capacidad de almacenamiento de cada área.

BLOQ = Numero de posiciones bloqueadas en el almacén

Algoritmo 3. Ocupación Del Almacén En Porcentaje

Inicio

Desde I = 1 hasta I = Can_Sem desde 1 hasta semana 52

Desde J = 1 hasta J = EOF_TNMR desde 1 hasta final de la tabla “Necesidad de Material a Reaprovisionar”

Area = TNMR [J, TNMR_A] captura el código del área de almacenamiento al que corresponde el material.

Posiciones = TNMR [J, I] captura el número de posiciones para el material y semana evaluados.

PTT = PTT + Posiciones Sumatoria del total de posiciones de la semana

Si (Area = “A00”) entonces se realiza comparaciones en cada área.

A00 = A00 + Posiciones

Sino

Si (Area) igual a

“A01”: Hacer

A01 = A01 + Posiciones

“A02”: Hacer

A02 = A02 + Posiciones

“A03”: Hacer

A03 = A03 + Posiciones

“A04”: Hacer

A04 = A04 + Posiciones

“A05”: Hacer

A05 = A05 + Posiciones

“A06”: Hacer

A06 = A06 + Posiciones

“A07”: Hacer

A07 = A07 + Posiciones

“A08”: Hacer

A08 = A08 + Posiciones

Fin de comparación

Fin de comparación

Fin desde

TCOS[PA00, I] = (A00 / TCOS[PA00, EST]) cálculo de la ocupación del área A00

TCOS[PA01, I] = (A01 / TCOS[PA01, EST]) cálculo de la ocupación del área A01

TCOS[PA02, I] = (A02 / TCOS[PA02, EST]) cálculo de la ocupación del área A02

TCOS[PA03, I] = (A03 / TCOS[PA03, EST]) cálculo de la ocupación del área A03

TCOS[PA04, I] = (A04 / TCOS[PA04, EST]) cálculo de la ocupación del área A04

TCOS[PA05, I] = (A05 / TCOS[PA05, EST]) cálculo de la ocupación del área A05

TCOS[PA06, I] = (A06 / TCOS[PA06, EST]) cálculo de la ocupación del área A06

Nota. Modelo computacional 3.

Resultados y Discusión

En esta sección se interpretarán los hallazgos del modelo matemático de predicción de ocupación en el almacén de materias primas no cárnicas en las plantas de producción de embutidos Caloto.

Además, se analizará su impacto en la gestión eficiente del almacenamiento y se compararán los resultados obtenidos con los métodos de gestión de almacenamiento existentes. Se discutirán las implicaciones prácticas de estos hallazgos, las limitaciones del modelo y se sugerirán áreas para futuras investigaciones o mejoras.

Interpretación de los Hallazgos

El análisis de los resultados del modelo desarrollado indica una mejora significativa en la eficiencia del almacenamiento de materias primas no cárnicas. Los principales hallazgos incluyen:

- Reducción de costos: el modelo muestra una disminución en los costos asociados al almacenamiento externo, al tener de forma anticipada las alertas de ocupación excedidas permite generar acciones en el flujo de la cadena de suministros que permitan mitigar las situaciones.
- Disminución de retrasos: al ajustar el flujo de materiales a la capacidad de almacenamiento y la necesidad del mercado, se minimizan los retrasos en el recibo y procesamiento de materias primas, especialmente en períodos de alta demanda como la temporada navideña.

Comparación con el Estado Actual

Al comparar los resultados del modelo matemático predictivo de la ocupación con los métodos de gestión de almacenamiento existentes, se destacan las siguientes mejoras.

- Eficiencia operativa: el modelo propuesto supera a los métodos actuales en términos de optimización del flujo de materiales en la cadena de suministros y reducción de costos operativos.
- Proyección a futuro: a diferencia del sistema existente que no permiten predecir a largo plazo, el nuevo modelo proporciona previsiones a corto, mediano y largo plazo, facilitando una mejor planificación y gestión de inventarios.
- Flexibilidad y adaptabilidad: el modelo es capaz de adaptarse a fluctuaciones en la demanda y cambios en la capacidad de almacenamiento, algo que el sistema actual no maneja eficientemente.

Implicaciones Prácticas

Los resultados del modelo matemático de predicción de ocupación tienen varias implicaciones prácticas para las plantas de producción de embutidos.

- Mejora en la operación: la predicción de la ocupación del almacén permite mejorar la planeación de las operaciones y un flujo de trabajo más eficiente, mejorando la productividad y reduciendo los tiempos de espera.
- Reducción de costos: la disminución en la necesidad de almacenamiento externo y la mejora en la gestión de inventarios contribuyen a una reducción significativa de costos.
- Mayor satisfacción del personal: al resolver problemas operativos y reducir la carga de trabajo asociada con la gestión ineficiente de la capacidad de almacenamiento, se mejora la satisfacción del personal de almacén y producción.

Limitaciones y Áreas de Mejora

Aunque el modelo presenta mejoras significativas, también tiene algunas limitaciones.

- Datos históricos limitados: la precisión del modelo depende de la calidad y cantidad de datos históricos disponibles. En casos de datos limitados, el modelo podría no capturar completamente las fluctuaciones estacionales.
- Cambios en la demanda: el modelo debe ser continuamente actualizado para reflejar cambios en la demanda y nuevas tendencias en el mercado.

Áreas para Futuras Investigaciones o Mejoras

- Integración con tecnologías avanzadas: incorporar tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y aprendizaje automático para mejorar la precisión y adaptabilidad del modelo.
- Extensión del modelo a otros tipos de materias primas: investigar la aplicabilidad del modelo a otras categorías de productos dentro de la misma industria o en industrias diferentes.
- Análisis de impacto ambiental: evaluar el impacto ambiental de las mejoras en la gestión de almacenamiento y explorar opciones para hacer el proceso más sostenible.

Esta sección proporciona una visión detallada de los resultados y su análisis, comparando los beneficios del nuevo modelo con los métodos actuales y discutiendo sus implicaciones prácticas, limitaciones y posibles mejoras futuras.

Conclusiones

El presente estudio se centró en el desarrollo un modelo matemático para la predicción y gestión de la ocupación en almacenes de materias primas no cárnicas, con el propósito de gestionar eficientemente la capacidad de almacenamiento de materias primas no cárnicas en la planta de Alimentos Cárnicos Caloto. A lo largo de la investigación, se lograron los objetivos planteados, obteniendo una comprensión profunda del sistema de ocupación del almacén y los patrones históricos de demanda, lo que permitió diseñar un modelo matemático para predecir la ocupación de los almacenes de materias primas y simulación de escenarios que permitan utilizar eficientemente la capacidad de almacenamiento, planear las operaciones de compra y abastecimiento de materias primas no cárnicas y mejorar el flujo de materiales a través de la cadena de suministros.

Inicialmente, se llevó a cabo una caracterización detallada del sistema de ocupación del almacén, mediante el análisis de datos provenientes del sistema de gestión de almacenes (WMS) y otras fuentes. Este análisis proporcionó una visión integral de las prácticas actuales, identificando desafíos y oportunidades de mejora en la gestión de la capacidad de almacenamiento y como un modelo de predicción de ocupación nos permitiría anticiparnos a algunas situaciones antes de convertirse en crisis, actuando de manera preventiva y no reactiva ante estas.

El análisis histórico de la ocupación permitió identificar patrones estacionales y fluctuaciones en la demanda de materias primas no cárnicas, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones en la gestión del inventario. Esto fue esencial para anticipar las necesidades futuras y optimizar el flujo de materiales en el almacén.

Finalmente, el modelo matemático diseñado para predecir la ocupación del almacén mostró resultados significativos en términos de gestionar eficientemente la capacidad de almacenamiento, mejorar el flujo de materiales en la cadena de suministros, reducción de costos operativos, y mejora en la capacidad de respuesta a las demandas del mercado. Este modelo se espera que contribuya a una mayor eficiencia operativa y competitividad en el sector.

El impacto del modelo matemático predictivo fue amplio, mejorando la capacidad de planeación, compras, y la operación de abastecimiento de materias primas no cárnicas. Al anticipar los niveles de ocupación en el almacén y ajustar las frecuencias de reabastecimiento, se logró reducir la necesidad de almacenamiento externo, optimizando recursos y mejorando los flujos internos y externos de la cadena de suministros.

Para Alimentos Cárnicos, este modelo matemático representa un avance clave en la planificación y monitoreo de las operaciones de abastecimiento, consolidando un enfoque integral para la gestión de la cadena de suministro. La medición de todos los tramos de la cadena es fundamental para mejorar la eficiencia, reducir costos y asegurar el flujo continuo de materias primas.

Este estudio demuestra que una predicción, planeación y gestión eficiente de las operaciones en todas las fases de la cadena de suministro es esencial para la competitividad y sostenibilidad operativa de la empresa, asegurando la fluidez de las operaciones desde el inicio del proceso productivo.

Bibliografía

- Arango, M., Zapata, J., & Pemberthy, J. (2010). Restructuración del layout de la zona de picking en una bodega Industrial. *Revista Tecnura*, 14(26), 121–131.
<https://www.redalyc.org/pdf/1210/121018987007.pdf>
- Arrieta, J. (2011). Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, CEDIS). *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 16(30), 83–96. <https://doi.org/10.46631/jefas.2011.v16n30.05>
- Banco de la República. (2020). *Índice de precios al consumidor (IPC). Series IPC total nacional e inflación*. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>
- Becerra, K., Pedroza, V., Pinilla, J., & Vargas, M. (2017). Implementación de las TIC'S en la gestión de inventario dentro de la cadena de suministro. *Revista de Iniciación Científica*, 3(1), 36–49. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1696>
- Colombia. (1983). *Decreto No. 2162* – Reglamenta la producción, procesamiento, transporte y expendio de los productos cárnicos procesados. (Diario Oficial No. 36340).
- Díaz, A., & Marrero, F. (2014). El modelo SCOR y el Balanced Scorecard: una poderosa combinación intangible para la gestión empresarial. *Visión de futuro*, 18(1), 36–57.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357933894002>
- Didier, A., & Álvarez, L. (2021) *Almacenamiento y transporte en Alimentos Cárnicos S.A.S*
<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/6fe5239a-f01b-422f-9bf7-89030a0d7e21/content>
- EAE Business School. (2014). *Retos en la Supply Chain: Cómo optimizar la logística de distribución de productos*. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/como-optimizar-la-logistica-de-distribucion-de-productos/>

- Escorcía, J., González, F., & Patiño, L. (2017). Localización óptima y confiable de instalaciones en una cadena de suministro. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 693–706.
<https://doi.org/10.4067/S0718-33052017000400693>
- Fernández, L. (2013). *Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de agroquímicos*.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24814>
- García, J., & Rodríguez, M. (2020). Optimización en la gestión de almacenes en empresas alimentarias de América Latina. *Revista de Logística y Almacenes*, 15(3), 45-61
- Grand View Research (2023). <https://www.grandviewresearch.com/info/reports-and-publications>.
- Grupo Nutresa S.A.S. (2023). *Acerca de Nosotros*. <https://gruponutresa.com/negocios/grupos-de-alimentos-y-negocios-carnicos/>
- Bobadilla, J., Aguirre, S., Amaya, C., & Velasco, N. (2008). *Planeación de Gestión de Inventarios a través del análisis de procesos en la Farmacia Quirúrgica de una clínica*.
<https://www.researchgate.net/publication/237793036>
- Arrieta Jiménez, V., Cervantes, Y., De la Cruz, L. & López, D. (2021). La importancia del diagnóstico estratégico en las organizaciones. *Económicas CUC*. 42 (2), 243–254.
<https://doi.org/10.17981/econcuc.42.2.2021.Ensy.1>.
- Jung, H., & Choi, J. (2022). Optimization models for warehouse space allocation: *A review*. *International Journal of Production Economics*, 240, 108242.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108242>
- Li, H., Wang, Z., & Li, Y. (2021). Warehouse space optimization in food processing industries: A case study. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(4), 77-89

- Martínez, A., & Pérez, L. (2023). Eficiencia en la gestión de espacios en la industria alimentaria colombiana: Un enfoque práctico. *Revista Colombiana de Logística*, 15(2), 89-105.
<https://doi.org/10.1016/j.rcl.2023.03.005>
- Ministerio de Industria y Comercio. (2018). *Agroindustria y producción de alimentos*.
<http://inviertaencolombia.com.co/sectores/agroindustria/carnico.html>
- Mora, L. (2010). *Gestión logística integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos* (2.ª ed.). <https://bdbiblioteca.universidadean.edu.co:2091>
- Mora, L. (2011). *Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes* (1.ª ed.). Ecoe Ediciones. <https://bdbiblioteca.universidadean.edu.co:2091>
- Morales, C. (2017). *Lo que tienes que hacer antes de implementar un WMS*.
<https://www.bdo.com.pe/es-pe/blogs/blog-bdo-peru/abril-2017/lo-que-tienes-que-hacer-antes-de-implementar-un-wm>
- Mordor Intelligence. (2023). *Processed Meat Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts*. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-processed-meat-market-industry>
- Negocio Cárnico. (2019). *Conectándonos con la estrategia. análisis del entorno*.
<https://www.conectandonosconlaestrategia.com/febrero2018#Macroeconómico>
- Nieto, V., & Ramírez, N. (2018). *Cadena productiva de Carnes y Productos Cárnicos: Estructura, Comercio Internacional y Protección* [Documento de trabajo]. Archivos de Economía. Departamento Nacional de Planeación (DNP).
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/EstudiosEconomicos/471.pdf>
- Rodríguez, O. (2019). *Diseño de un modelo matemático para la asignación de ubicaciones de los productos en una bodega de una empresa productora y exportadora de conservas de*

- sardinas y atún* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio ESPOL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/47370>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023 (SOFI 2023)*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/62edbe6e-fcb9-477d-8a88-e35613dbf4db/content/state-food-security-and-nutrition-2023/annexes5.html>
- Ortiz, M., García, M., Paladines, M., Rodríguez, R., & Murcia, L. (2018). *Gestión de inventarios, almacenes y aprovisionamientos* [Objeto virtual de aprendizaje]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18575/36284840.pdf?sequence=4>
- Pérez, R., Garzón, M., & Nieto, M. (2009). Análisis empírico de la aplicación del modelo de modernización de la gestión para organizaciones en PyMES colombianas. *Revista Escuela de Administración*, 20(2), 65–77. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20612980005>
- Saieh, G., & Durán, D. (2023). *Diseño de un centro de distribución basado en modelos de planeación de operaciones para la empresa Dispropan Caribe Ltda.* [Tesis de grado, Universidad del Norte]. Repositorio Manglar. <http://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/12168#page=1>
- Ramaa, A., Subramanya, K., & Rangaswamy, T. (2012). Impact of warehouse management in supply chain. *International Journal of Computer applications*, 54(1), 14–20. <https://doi.org/10.5120/8530-2062>

- Silva, R., Costa, M., & Santos, J. (2022). Optimization practices in meat processing industries in Brazil and Argentina. *Latin American Journal of Industrial Engineering*, 28(1), 71–85. <https://doi.org/10.1016/j.lajie.2022.01.009>
- Urzelai, I. (2006). *Manual Básico de Logística Integral*. <https://bdbiblioteca.universidadean.edu.co:2091>
- Velásquez, A. (2013). *Modelo de intervención e innovación para la gestión de las organizaciones*. Guía para la gestión Logística (MIIGO). Ediciones EAN.
- Vera, S., y Oviedo, J. (2020). Diagnóstico para la mejora continua del sistema productivo. *Rediseño y adaptación para mipymes*, 2(28), 11–22. <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.28.6658> Ingениare
- Wang, L. (2019). Inventory management optimization in the meat processing industry: An empirical study. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(2), 12-27.
- Weißhuhn, S., & Hoberg, K. (2021). Designing smart replenishment systems: Internet-of-Things technology for vendor-managed inventory at end consumers. *European Journal of Operational Research*, 295(3), 949–964. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.03.042>
- Wu, Y., & Li, X. (2021). Advanced algorithms for space optimization in supply chain management. *Journal of Operations Management*, 67(3), 345-362. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2021.05.006>
- Zambrano, C., Giler, E., Vera, M., & Franco, Y. (2020). Beneficios y desafíos del uso de las TIC en la cadena de suministro. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 8(15), 128–142. <https://doi.org/https://doi.org/10.36825/RITI.08.15.012>

Zucco, M., Gómez, F., Carrera, R., Alveo, C., & Vargas, M. (2016). Los cuatro ejes «WMS, SCM, CRM y ERP» para la e-logística. *Revista de Iniciación Científica*, 2(2), 95–102.

<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1252>

Zuluaga, A., Gómez, R., & Fernández, S. (2014). Indicadores logísticos en la cadena de suministro como apoyo al modelo scor. *Clío América*, 8(15), 90–110.

<https://doi.org/https://doi.org/10.21676/23897848.832>

Apéndice

Apéndice A

Revisión Bibliográfica Parte 1

Título	Autor (es)	Año	Palabras claves	Descripción del documento	Aportes teóricos	Aportes metodológicos	Aportes de contexto
Modelado y optimización de la cadena de suministro de productos perecederos: un estudio de caso en la industria alimentaria	Gutiérrez, Carlos; Fernández, Laura	2018	Cadena de suministro, Productos perecederos, Industria alimentaria, Optimización	Este trabajo presenta un estudio de caso sobre el modelado y la optimización de la cadena de suministro de productos perecederos en la industria alimentaria, incluyendo la gestión de materias primas	Análisis de la cadena de suministro de productos perecederos	Desarrollo de modelos de optimización para la cadena de suministro	Importancia de la eficiencia en la gestión de materias primas en productos perecederos
Modelos de optimización de almacenamiento en la industria alimentaria	López, María; Sánchez, David	2018	Optimización, Almacenamiento, Industria alimentaria	Este artículo revisa diversos modelos de optimización de almacenamiento aplicados en la industria alimentaria, destacando la importancia de la eficiencia en la gestión de materias primas.	Análisis de modelos de optimización de almacenamiento.	Evaluación de técnicas de optimización en el contexto de la industria alimentaria.	Aplicación práctica de modelos de optimización en la gestión de materias primas.
Optimización de la cadena de suministro en la industria alimentaria: un enfoque basado en la simulación	Pérez, Ana; Rodríguez, David	2019	Cadena de suministro, Industria alimentaria, Simulación, Optimización	Este artículo propone un enfoque de optimización de la cadena de suministro en la industria alimentaria utilizando técnicas de simulación, con aplicación en la gestión de materias primas.	Integración de técnicas de simulación en la optimización de la cadena de suministro.	Desarrollo de modelos de simulación para la cadena de suministro	Relevancia de la simulación en la gestión eficiente de materias primas en la industria alimentaria
Modelado y optimización de la cadena de suministro de productos congelados: estudio de caso en la industria de alimentos	Sánchez, Carlos; Pérez, Laura	2019	Cadena de suministro, Productos congelados, Industria de alimentos, Optimización	Este trabajo presenta un estudio de caso sobre el modelado y la optimización de la cadena de suministro de productos congelados en la industria de alimentos, con enfoque en la gestión de materias primas.	Análisis de la cadena de suministro de productos congelados.	Desarrollo de modelos de optimización para la cadena de suministro	Importancia de la eficiencia en la gestión de materias primas en productos congelados.
Optimización de la gestión de almacenes en la industria de alimentos utilizando técnicas de minería de datos	Sánchez, José; López, María	2019	Gestión de almacenes, Industria de alimentos, Minería de datos	Este estudio presenta un enfoque de optimización de la gestión de almacenes en la industria de alimentos utilizando técnicas de minería de datos, con aplicación en la gestión de materias primas.	Aplicación de técnicas de minería de datos en la optimización de la gestión de almacenes.	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando minería de datos	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la industria de alimentos
Optimización del almacenamiento de productos lácteos utilizando algoritmos genéticos	Martínez, David; López, Laura	2019	Optimización, Almacenamiento, Productos lácteos, Algoritmos genéticos	Este artículo propone un enfoque de optimización del almacenamiento de productos lácteos utilizando algoritmos genéticos, con aplicación en la gestión de materias primas	Aplicación de algoritmos genéticos en la optimización del almacenamiento	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos genéticos	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en productos lácteos
Optimización de la gestión de inventarios en la industria alimentaria: un enfoque basado en técnicas de inteligencia artificial	Hernández, Pablo; Rodríguez, Marta	2019	Optimización, Inventarios, Industria alimentaria, Inteligencia artificial	Este trabajo propone un enfoque de optimización de la gestión de inventarios en la industria alimentaria utilizando técnicas de inteligencia artificial, con aplicación en la gestión de materias primas.	Integración de técnicas de inteligencia artificial en la optimización de inventarios.	Desarrollo de modelos de optimización basados en inteligencia artificial.	Importancia de la gestión eficiente de materias primas en la industria alimentaria.
Optimización de inventarios en la industria alimentaria utilizando técnicas de programación lineal	Torres, José; Pérez, Laura	2019	Optimización, Inventarios, Programación lineal, Industria alimentaria	Esta investigación presenta un enfoque de optimización de inventarios en la industria alimentaria mediante técnicas de programación lineal, con énfasis en la gestión de materias primas.	Aplicación de técnicas de programación lineal en la optimización de inventarios	Desarrollo de modelos matemáticos para la optimización de inventarios	Relevancia de la gestión eficiente de materias primas en la industria alimentaria
Optimización de la cadena de suministro de productos refrigerados mediante técnicas de simulación de eventos discretos	Gómez, Ana; Martínez, Luis	2020	Cadena de suministro, Productos refrigerados, Simulación de eventos discretos, Optimización	Este artículo propone un enfoque de optimización de la cadena de suministro de productos refrigerados mediante técnicas de simulación de eventos discretos, con énfasis en la gestión de materias primas	Implementación de simulación de eventos discretos en la optimización de la cadena de suministro	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando simulación de eventos discretos	Importancia de la optimización en la gestión de materias primas en productos refrigerados
Optimización de la gestión de la cadena de frío en la industria de alimentos utilizando algoritmos de agrupamiento	López, Carlos; Gómez, Laura	2020	Optimización, Cadena de frío, Industria de alimentos, Algoritmos de agrupamiento	Este estudio propone un enfoque de optimización de la gestión de la cadena de frío en la industria de alimentos utilizando algoritmos de agrupamiento, con aplicación en la gestión de materias primas	Aplicación de algoritmos de agrupamiento en la optimización de la gestión de la cadena de frío.	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos de agrupamiento.	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la cadena de frío de alimentos
Optimización de la gestión de la cadena de frío en la industria de alimentos mediante técnicas de aprendizaje automático	Fernández, Laura; Rodríguez, Carlos	2020	Optimización, Cadena de frío, Industria de alimentos, Aprendizaje automático	Este estudio propone un enfoque de optimización de la gestión de la cadena de frío en la industria de alimentos mediante técnicas de aprendizaje automático, con aplicación en la gestión de materias primas.	Aplicación de técnicas de aprendizaje automático en la optimización de la cadena de frío	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando aprendizaje automático	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la cadena de frío de alimentos
Optimización de la cadena de suministro utilizando Python y SQL Server: un enfoque práctico*	García, Juan; Martínez, Ana	2020	Optimización, Cadena de suministro, Python, SQL Server	Este trabajo ofrece un enfoque práctico sobre cómo utilizar Python y SQL Server para optimizar la gestión de la cadena de suministro, incluyendo la gestión de materias primas.	Integración de tecnologías de optimización en la cadena de suministro.	Implementación de algoritmos de optimización en Python y SQL Server.	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la industria alimentaria.
Optimización de la gestión de inventarios en la industria cárnica mediante algoritmos genéticos	Martínez, Pablo; López, Ana	2020	Optimización, Inventarios, Industria cárnica, Algoritmos genéticos	Este artículo propone un enfoque de optimización de la gestión de inventarios en la industria cárnica utilizando algoritmos genéticos, con aplicación en la gestión de materias primas.	Aplicación de algoritmos genéticos en la optimización de inventarios	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos genéticos.	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la industria cárnica
Optimización de procesos logísticos en la industria de alimentos utilizando SQL Server	Martínez, Luis; García, María	2020	Optimización, Procesos logísticos, Industria alimentaria, SQL Server	Este artículo presenta un enfoque de optimización de procesos logísticos en la industria de alimentos mediante el uso de SQL Server, con énfasis en la gestión de materias primas.	Integración de tecnologías de optimización en procesos logísticos.	Implementación de soluciones basadas en SQL Server para la optimización de procesos	Relevancia de la eficiencia logística en la gestión de materias primas en la industria alimentaria

Apéndice B

Revisión Bibliográfica Parte 2

Título	Autor (es)	Año	Palabras claves	Descripción del documento	Aportes teóricos	Aportes metodológicos	Aportes de contexto
Optimización de la producción de alimentos balanceados utilizando algoritmos de colonia de hormigas	López, Carlos; Pérez, María	2020	Optimización, Producción, Alimentos balanceados, Algoritmos de colonia de hormigas	Este estudio propone un enfoque de optimización de la producción de alimentos balanceados utilizando algoritmos de colonia de hormigas, con aplicación en la gestión de materias primas	Aplicación de algoritmos de colonia de hormigas en la optimización de la producción.	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos de colonia de hormigas.	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la producción de alimentos balanceados
Optimización de la producción y distribución de alimentos utilizando herramientas de Business Intelligence	Sánchez, Elena; Pérez, Javier	2020	Optimización, Producción, Distribución, Alimentos, Business Intelligence	Este estudio presenta un enfoque de optimización de la producción y distribución de alimentos mediante herramientas de Business Intelligence, con énfasis en la gestión de materias primas	Aplicación de herramientas de Business Intelligence en la optimización de la cadena de suministro de alimentos	Utilización de herramientas de Business Intelligence para el análisis de datos de producción y distribución	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la industria alimentaria.
Modelado y optimización de la cadena de suministro de alimentos utilizando Python	Ruiz, Carlos; Gómez, Andrea	2021	Cadena de suministro, Alimentos, Python, Optimización	Este estudio presenta un modelo de optimización de la cadena de suministro de alimentos desarrollado en Python, con aplicaciones prácticas en la gestión de materias primas.	Desarrollo de modelos de optimización para la cadena de suministro de alimentos	Implementación de algoritmos de optimización en Python	Importancia de la optimización en la gestión de materias primas en la industria alimentaria
Optimización de la logística en la industria alimentaria mediante técnicas de programación matemática	Martínez, José; Sánchez, María	2021	Logística, Industria alimentaria, Programación matemática, Optimización	Este estudio presenta un enfoque de optimización de la logística en la industria alimentaria utilizando técnicas de programación matemática, con énfasis en la gestión de materias primas.	Aplicación de técnicas de programación matemática en la optimización de la logística.	Desarrollo de modelos matemáticos para la optimización de la logística.	Importancia de la eficiencia logística en la gestión de materias primas en la industria alimentaria.
Optimización de la distribución de productos alimenticios en supermercados mediante algoritmos de enjambre de partículas	García, María; Ruiz, Javier	2021	Optimización, Distribución, Productos alimenticios, Algoritmos de enjambre de partículas	Este estudio propone un enfoque de optimización de la distribución de productos alimenticios en supermercados utilizando algoritmos de enjambre de partículas, con aplicación en la gestión de materias primas.	Aplicación de algoritmos de enjambre de partículas en la optimización de la distribución.	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos de enjambre de partículas	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en supermercados
Optimización de la distribución de productos perecederos mediante algoritmos de optimización combinatoria	Pérez, David; Martínez, Ana	2021	Optimización, Distribución, Productos perecederos, Algoritmos de optimización combinatoria	Este artículo propone un enfoque de optimización de la distribución de productos perecederos mediante algoritmos de optimización combinatoria, con énfasis en la gestión de materias primas.	Implementación de algoritmos de optimización combinatoria en la distribución de productos perecederos	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos de optimización combinatoria	Importancia de la optimización en la gestión de materias primas en productos perecederos
Optimización de la producción de alimentos enlatados mediante técnicas de programación no lineal	Gómez, José; Pérez, María	2021	Optimización, Producción, Alimentos enlatados, Programación no lineal	Este artículo propone un enfoque de optimización de la producción de alimentos enlatados mediante técnicas de programación no lineal, con aplicación en la gestión de materias primas	Aplicación de técnicas de programación no lineal en la optimización de la producción	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando programación no lineal	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la producción de alimentos enlatados
Optimización de la producción de bebidas alcohólicas mediante técnicas de modelado estocástico	Gómez, Javier; Pérez, Ana	2021	Optimización, Producción, Bebidas alcohólicas, Modelado estocástico	Este artículo presenta un enfoque de optimización de la producción de bebidas alcohólicas mediante técnicas de modelado estocástico, con énfasis en la gestión de materias primas	Aplicación de técnicas de modelado estocástico en la optimización de la producción	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando modelado estocástico	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la producción de bebidas alcohólicas
Optimización de la planificación de la producción en la industria de conservas utilizando algoritmos evolutivos	Pérez, Javier; Gómez, Laura	2021	Optimización, Producción, Conservas, Algoritmos evolutivos	Este estudio propone un enfoque de optimización de la planificación de la producción en la industria de conservas utilizando algoritmos evolutivos, con aplicación en la gestión de materias primas	Aplicación de algoritmos evolutivos en la optimización de la planificación de la producción.	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos evolutivos.	Relevancia de la optimización en la gestión de materias primas en la producción de conservas
Modelado y optimización del transporte de productos agrícolas utilizando simulación de Monte Carlo	García, José; Rodríguez, Ana	2021	Transporte, Productos agrícolas, Optimización, Simulación de Monte Carlo	Este trabajo presenta un enfoque de optimización del transporte de productos agrícolas utilizando simulación de Monte Carlo, con énfasis en la gestión de materias primas.	Implementación de simulación de Monte Carlo en la optimización del transporte.	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando simulación de Monte Carlo.	Importancia de la optimización en la gestión de materias primas en el transporte de productos agrícolas.
Optimización de la cadena de suministro de alimentos frescos utilizando modelos de programación lineal entera	García, Luis; Rodríguez, Marta	2022	Cadena de suministro, Alimentos frescos, Programación lineal entera, Optimización	Este estudio presenta un enfoque de optimización de la cadena de suministro de alimentos frescos utilizando modelos de programación lineal entera, con especial atención en la gestión de materias primas.	Implementación de modelos de programación lineal entera en la cadena de suministro.	Desarrollo de estrategias de optimización para alimentos frescos	Importancia de la optimización en la gestión de materias primas en alimentos frescos
Optimización de la cadena de suministro de alimentos orgánicos mediante algoritmos de búsqueda tabú	Martínez, Ana; Gómez, Luis	2022	Cadena de suministro, Alimentos orgánicos, Optimización, Algoritmos de búsqueda tabú	Este artículo presenta un enfoque de optimización de la cadena de suministro de alimentos orgánicos utilizando algoritmos de búsqueda tabú, con énfasis en la gestión de materias primas.	Implementación de algoritmos de búsqueda tabú en la optimización de la cadena de suministro	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos de búsqueda tabú.	Importancia de la optimización en la gestión de materias primas en alimentos orgánicos
Optimización de la cadena de suministro de productos de panadería mediante algoritmos de recocido simulado	Martínez, Laura; Gómez, Carlos	2022	Cadena de suministro, Productos de panadería, Optimización, Algoritmos de recocido simulado	Este estudio propone un enfoque de optimización de la cadena de suministro de productos de panadería mediante algoritmos de recocido simulado, con énfasis en la gestión de materias primas	Implementación de algoritmos de recocido simulado en la optimización de la cadena de suministro.	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos de recocido simulado.	Importancia de la optimización en la gestión de materias primas en productos de panadería
Optimización de la distribución de productos en la industria de congelados utilizando algoritmos de optimización heurística	Martínez, María; Sánchez, José	2022	Optimización, Distribución, Productos congelados, Algoritmos de optimización heurística	Este artículo propone un enfoque de optimización de la distribución de productos en la industria de congelados utilizando algoritmos de optimización heurística, con énfasis en la gestión de materias primas	Implementación de algoritmos de optimización heurística en la distribución de productos congelados	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando algoritmos de optimización heurística	Importancia de la optimización en la gestión de materias primas en productos congelados
Optimización de la distribución de productos de panadería utilizando programación entera mixta	Sánchez, María; Ruiz, Carlos	2022	Optimización, Distribución, Productos de panadería, Programación entera mixta	Este estudio propone un enfoque de optimización de la distribución de productos de panadería utilizando programación entera mixta, con aplicación en la gestión de materias primas	Aplicación de programación entera mixta en la optimización de la distribución	Desarrollo de estrategias de optimización utilizando programación entera mixta.	Importancia de la optimización en la gestión de materias primas en productos de panadería

Apéndice C

Histórico de Ocupaciones

Semana - Año	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Total	Ocupación promedio
1-2023	192		11	21	38	35	12	12	2	323	25%
2-2023	192	3	31	40	102	137	10	17	4	537	42%
3-2023	192	5	46	47	128	208	18	23	3	671	53%
4-2023	192	8	50	56	139	220	23	23	4	714	56%
5-2023	192	12	66	59	127	222	21	24	8	732	58%
6-2023	192	18	73	50	139	212	23	23	7	737	58%
7-2023	192	23	77	62	154	231	38	25	7	808	64%
8-2023	192	23	81	62	166	236	52	29	5	846	67%
9-2023	192	22	87	73	190	271	64	29	8	936	74%
10-2023	192	19	73	62	211	264	101	29	6	958	75%
11-2023	192	19	71	62	209	266	101	25	5	951	75%
12-2023	192	20	76	58	200	278	101	25	6	956	75%
13-2023	192	21	72	75	204	273	97	23	8	965	76%
14-2023	192	21	80	75	201	268	81	28	8	954	75%
15-2023	192	19	85	77	210	250	73	30	8	943	74%
16-2023	192	20	88	74	202	262	68	26	5	936	74%
17-2023	192	20	88	78	169	234	85	28	4	899	71%
18-2023	192	22	85	68	162	224	77	27	6	863	68%
19-2023	192	22	66	73	154	194	64	22	6	793	62%
20-2023	192	21	68	74	153	225	66	22	3	824	65%
21-2023	192	22	73	69	171	257	82	25		892	70%
22-2023	192	22	77	85	210	269	79	29	2	964	76%
23-2023	192	22	95	88	206	277	82	29	5	997	79%
24-2023	192	22	111	83	192	267	76	28	6	977	77%
25-2023	192	21	109	74	175	248	80	29	4	932	73%
26-2023	192	23	99	82	184	255	69	25	6	938	74%
27-2023	192	25	86	80	152	230	89	27	6	887	70%
28-2023	192	27	77	84	158	261	102	24	8	934	74%
29-2023	192	28	87	83	145	246	94	25	10	909	72%
30-2023	192	28	76	75	152	253	112	28	10	926	73%
31-2023	192	29	75	69	153	257	109	28	8	919	72%
32-2023	192	29	75	72	142	272	105	26	5	917	72%
33-2023	192	27	74	60	156	252	80	25	3	869	68%
34-2023	192	25	74	62	150	239	92	27	6	865	68%
35-2023	192	25	58	66	158	213	86	27	7	833	66%
36-2023	192	25	63	69	173	219	79	28	6	854	67%
37-2023	192	24	61	65	163	219	60	24	6	814	64%
38-2023	192	25	62	62	190	250	50	25	6	863	68%
39-2023	192	25	64	62	208	258	44	26	5	885	70%
40-2023	192	24	68	70	198	248	60	25	5	890	70%
41-2023	192	24	76	74	160	209	57	26	7	825	65%
42-2023	192	24	74	55	197	211	59	25	6	842	66%
43-2023	192	25	65	67	222	258	105	25	4	963	76%
44-2023	192	24	69	65	186	250	72	24	6	889	70%

Apéndice D

Descarga de Datos

Ubicación	Stock	Código	# Área	Área
010201	-	C0013128	A04	Condimentos
010202	-	C0011128	A04	Condimentos
010203	420	C0011766	A04	Condimentos
010204	300	C0011264	A04	Condimentos
010205	800	C0013949	A04	Condimentos
010206	300	C0013935	A04	Condimentos
010207	450	C0013345	A04	Condimentos
010208	750	C0011406	A04	Condimentos
02203A	750	A0013148	A05	Alérgenos - Harinas
02203B	750	A0013155	A05	Alérgenos - Harinas
02204A	400	A0011982	A05	Alérgenos - Harinas
02204B	600	A0011936	A05	Alérgenos - Harinas
02205A	-	A0012226	A05	Alérgenos - Harinas
02205B	-	A0011201	A05	Alérgenos - Harinas
02206A	-	A0013404	A05	Alérgenos - Harinas
02206B	-	A0012809	A05	Alérgenos - Harinas
03522A	-	K0011528	A06	Corrugados
*03522B	-	K0013608	A06	Corrugados
03523A	210	K0011407	A06	Corrugados
03523B	210	K0011237	A06	Corrugados
03524A	-	K0012151	A06	Corrugados
03524B	720	K0012190	A06	Corrugados
03525A	-	K0013249	A06	Corrugados
04409B	10800	T0013849	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04410A	-	T0012244	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04410B	10800	T0011169	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04411A	60960	T0012131	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04412B	-	T0013103	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04413A	112000	T0012279	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04413B	-	T0012948	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04414A	10800	T0013790	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04414B	10800	T0013768	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04415A	10800	T0012736	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04415B	10800	T0012877	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04416A	-	T0013108	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
04416B	28200	T0012727	A03	Tripas - Ganchos y Lazadas
06313B	-	M0013118	A02	Material de empaque
06314A	120000	M0012816	A02	Material de empaque
06314B	48000	M0012744	A02	Material de empaque
06315A	128	M0012257	A02	Material de empaque
06315B	64	M0012475	A02	Material de empaque
06316A	9600	M0013418	A02	Material de empaque
06316B	-	M0013341	A02	Material de empaque
010111	129,12	Z0013842	A00	Zona Picking y Condimentos