

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍAS EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TEMA:

DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LA MATERIA
PRIMA PARA LA EMPRESA “ECUITALCOL”.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de ingeniero Industrial

AUTOR(A):

Isaac Jacobo Villacis Criollo

DIRECTOR(A):

ING. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc

Ibarra, 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004508576		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Villacis Criollo Isaac Jacobo		
DIRECCIÓN:	Av. 13 de abril y Ramon Alarcón		
EMAIL:	ijvillacisc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	S/N	TELÉFONO MÓVIL:	0992251954


DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LA MATERIA PRIMA PARA LA EMPRESA "ECUITALCOL"
AUTOR (ES):	Villacis Criollo Isaac Jacobo
FECHA: DD/MM/AAAA	24/01/2024
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO INDUSTRIAL
ASESOR /DIRECTOR:	ING. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de enero de 2024

EL AUTOR:


.....
Villacis Cnollo Isaac Jacobo
Ci: 1004508576



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACTULDAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Yo Ingeniera Karen Alejandra Benavides Flores, Directora de Trabajo de Integración Curricular desarrollado por el señor estudiante **Isaac Jacobo Villacis Criollo** para la obtención del título de Ingeniero Industrial

CERTIFICA

Que, el proyecto de Trabajo de grado titulado “**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LA MATERIA PRIMA PARA LA EMPRESA “ECUITALCOL”**”, ha sido elaborado en su totalidad por el señor estudiante **Isaac Jacobo Villacis Criollo**, bajo mi dirección, para la obtención de título de Ingeniero Industrial. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.

Ibarra, 24 de enero del 2024.



Firmado digitalmente por:
**KAREN ALEJANDRA
BENAVIDES FLORES**

MSc. Karen Benavides Flores
CI: 1003597513
DIRECTORA DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

"En el camino de la vida, la fe en Dios y el amor incondicional de una madre son las luces que iluminan cada paso. A mi madre, quien siempre creyó en mí, me brindó su apoyo inquebrantable y me inspiró con su amor, y a Dios, quien me guio en este viaje académico, dedico esta tesis con gratitud y humildad. Que estas palabras sean un tributo a su constante presencia en mi vida y una expresión de mi profundo agradecimiento por ser mis pilares de fortaleza y sabiduría. Que esta obra refleje el amor, la fe y la perseverancia que ustedes han sembrado en mí.

AGRADECIMINETO

Hoy, con gran emoción y humildad, me dirijo a ustedes con palabras de profundo agradecimiento. Mi tesis no habría sido posible sin su apoyo inquebrantable, su sabiduría y su dedicación a la enseñanza.

Cada uno de ustedes ha sido una fuente invaluable de inspiración y conocimiento a lo largo de mi trayecto académico. Han compartido su experiencia, han alentado mi crecimiento intelectual y me han guiado en momentos de duda y desafío. Sus consejos, críticas constructivas y guía experta han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

No solo me han brindado una educación de calidad, sino que también han sembrado en mí el deseo de aprender, explorar y contribuir al conocimiento. Su compromiso con la excelencia académica y su pasión por la enseñanza son un faro que ilumina nuestro camino.

Esta tesis es un testimonio de su influencia en mi vida y en mi formación como estudiante y como persona. A través de estas palabras, deseo expresar mi más sincero agradecimiento por ser modelos a seguir, mentores excepcionales y, sobre todo, por ser parte fundamental de mi éxito académico.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	- 16 -
1.1	Problema.....	- 16 -
1.2	Objetivos	- 17 -
1.2.1	Objetivo General	- 17 -
1.2.2	Objetivos Específicos	- 17 -
1.3	Alcance.....	- 18 -
1.4	Justificación.....	- 18 -
2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	- 21 -
2.1	Inventario	- 21 -
2.2	Función de los inventarios.....	- 21 -
2.3	Costos de inventarios	- 21 -
2.3.1	Proceso de compras	- 22 -
2.3.2	Proceso de almacenamiento	- 23 -
2.4	Tipos de inventarios	- 23 -
2.5	Gestión de inventarios	- 26 -
2.5.1	Variables que afectan a la gestión de inventarios	- 26 -
2.5.2	Sistemas de inventarios ABC	- 27 -
2.5.3	Sistema de inventario justo a tiempo(JIT).....	- 29 -

2.5.4	Rotación de stock	- 29 -
2.5.5	Control de inventarios	- 30 -
2.6	Modelos de inventarios	- 31 -
2.6.1	Modelo básico de la cantidad económica de pedido (EOQ)	- 31 -
2.6.2	Modelo de un solo lote (USL).....	- 32 -
2.6.3	Método Híbrido (MH).....	- 33 -
2.7	Métodos Heurísticos.....	- 33 -
2.7.1	Algoritmo Silver-Meal(SM).....	- 33 -
2.7.2	Algoritmo Wagner-Within(WW).....	- 34 -
2.7.3	Regla de Peterson-Silver	- 35 -
2.8	Pronóstico.....	- 35 -
2.8.1	Métodos de predicción cualitativos.....	- 35 -
2.8.2	Métodos de supervisión (cuantitativos).....	- 36 -
2.9	Metodología	- 38 -
2.9.1	Tipo de investigación	- 38 -
2.9.2	Método de Investigación	- 39 -
2.9.3	Técnica de Investigación.....	- 40 -
2.9.4	Instrumentos	- 40 -
3.	DIAGNOSTICO SITUACIONAL	- 42 -
3.1	Descripción de la empresa.....	- 42 -
3.1.1	Ubicación geográfica.....	- 43 -

3.1.2	Layout de la empresa.....	- 43 -
3.2	Direccionamiento estratégico.....	- 44 -
3.2.1	Organigrama.....	- 45 -
3.2.2	Diagrama SIPOC.....	- 47 -
3.3	Análisis del problema.....	- 48 -
3.3.1	Costos derivados por la inapropiada gestión de la materia prima.....	- 51 -
3.4	Manejo del inventario.....	- 51 -
3.4.1	Costos de la materia prima.....	- 52 -
3.5	Organización de la materia prima dentro de la planta.....	- 53 -
4.	PROPUESTA DEL MODELO DE INVENTARIO.....	- 55 -
4.1	Desarrollo del modelo de inventario.....	- 55 -
4.2	Base de datos.....	- 55 -
4.3	Estacionalidad.....	- 56 -
4.3.1	Código en R.....	- 56 -
4.4	Aplicación de modelos de pronósticos.....	- 59 -
4.4.1	Modelo de pronóstico-ARIMA.....	- 59 -
4.4.2	Modelo de pronóstico -Redes neuronales (MPL).....	- 60 -
4.4.3	K Nearest Neighbors (KNN).....	- 62 -
4.4.4	Método de Holt-Winters.....	- 63 -
4.4.5	Selección de los modelos de pronóstico.....	- 64 -
4.5	Aplicación del coeficiente de variación.....	- 66 -

4.6	Costos de inventario en la empresa Itacol.....	- 67 -
4.7	Organización de los espacios para el almacenamiento	- 68 -
4.8	Desarrollo de los Modelos de inventarios	- 71 -
4.8.1	Aplicación del Modelo Silver Meal	- 71 -
4.8.2	Aplicación del algoritmo de Wagner Whitin	- 73 -
4.8.3	Aplicación del modelo EOQ	- 75 -
4.9	Selección de Modelos Heurísticos	- 76 -
4.10	Políticas de inventarios	- 77 -
4.10.1	Stock de seguridad	- 77 -
4.10.2	Puntos de Reorden.....	- 77 -
4.11	Comparación de resultados de los modelos de inventarios	- 78 -
4.11.1	Comparación de costos aplicando el modelo EOQ vs la situación actual.-	
	78 -	
4.11.2	Comparación de costos aplicando el modelo Wagner Whitin vs la situación actual.....	- 80 -
5.	CONCLUSIONES	- 82 -
6.	RECOMENDACIONES.....	- 83 -
7.	Bibliografía	- 84 -
8.	ANEXOS	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Proceso de ocurrido dentro de una bodega</i>	- 22 -
Figura2 <i>Variables que afectan a la gestión de inventarios</i>	- 27 -
Figura3 <i>Diagrama de Pareto-análisis ABC</i>	- 28 -
Figura4 <i>Características de la demanda</i>	- 31 -
Figura5 <i>Ubicación geográfica-Italcol</i>	- 43 -
Figura6 <i>Layout de la planta Italcol-Ibarra</i>	- 44 -
Figura7 <i>Organigrama- Italcol</i>	- 46 -
Figura8 <i>Diagrama SIPOC-Italcol</i>	- 47 -
Figura9 <i>Lluvia de ideas-problemas relacionados con el incumplimiento con los plazos de entrega</i>	- 48 -
Figura10 <i>Diagrama de Pareto-selección de problemas</i>	- 50 -
Figura11 <i>Proceso de reabastecimiento de la materia prima</i>	- 52 -
Figura 12 <i>Almacenamiento de materias primas por familias</i>	- 53 -
Figura13 <i>Código de prueba de estacionalidad en R-Studio</i>	- 57 -
Figura14 <i>Código del modelo de pronóstico Holt Winters</i>	- 63 -
Figura15 <i>Código del coeficiente de Variación-SKU-6</i>	- 66 -
Figura16 <i>Diagrama de Pareto kg consumidos por día</i>	- 69 -
Figura17 <i>Propuesta de almacenamiento de cada SKU</i>	- 70 -
Figura18 <i>Código del algoritmo Wagner Whitin-SKU_1</i>	- 74 -
Figura19 <i>Costo total algoritmo</i>	- 75 -
Figura20 <i>Comparación del modelo EOQ vs la situación actual</i>	- 79 -
Figura21 <i>Comparación de costos del modelo Wagner Whitin vs Situación actual sin modelo</i>	- 80 -

INDICE FIGURAS

Tabla1 Tipos de inventarios.....	- 23 -
Tabla2 Clasificación ABC según su tipo	- 28 -
Tabla3 Inventarios con rotación alta y con rotación baja	- 29 -
Tabla4 Métodos de pronóstico-Cuantitativos	- 36 -
Tabla5 Empleados que conforman Itacol-Ibarra	- 46 -
Tabla6 Valoración de problemas.....	- 49 -
Tabla7 Costos generados por la inadecuada gestión	- 51 -
Tabla8 Costos de inventario de materia prima	- 53 -
Tabla9 Problemas generales dentro de Itacol	- 54 -
Tabla10 Demanda por tonelada año 2021	- 56 -
Tabla11 Demanda por tonelada año 2022.....	- 56 -
Tabla12 Resultados de prueba de estacionalidad	- 58 -
Tabla13 Ajuste de estacionalidad con 2 diferencias.....	- 59 -
Tabla14 Pronostico Modelo ARIMA.....	- 60 -
Tabla15 Errores Modelo ARIMA	- 60 -
Tabla16 Aplicación de redes neuronales	- 61 -
Tabla17 Errores redes neuronales	- 62 -
Tabla18 Pronóstico aplicando el Modelo K-Nearest Neighbors	- 62 -
Tabla19 Errores del pronóstico aplicando el modelo KNN	- 63 -
Tabla20 Pronóstico método Holt-Winters	- 64 -
Tabla21 Errores del pronóstico-Método Holt Winters.....	- 64 -
Tabla22 Comparación de errores de los modelos de pronóstico.....	- 65 -
Tabla23 Modelos de pronóstico para cada SKU.....	- 65 -
Tabla24 Aplicación del coeficiente de variación.....	- 66 -
Tabla25 Costo por ordenar de los SKU	- 67 -

Tabla26 Costos por mantener el inventario de cada SKU.....	- 68 -
Tabla27 Clasificación ABC conforme a su participación diaria.....	- 69 -
Tabla28 SKU con índice de variación heurístico	- 71 -
Tabla29 Aplicación del método Silver Meal para el SKU-1.....	- 72 -
Tabla30 Planificación del SKU_1	- 73 -
Tabla31 Requerimientos modelo EOQ.....	- 75 -
Tabla32 Comparación de modelos Heurísticos.....	- 76 -
Tabla33 Stock de seguridad para todos los SKU.....	- 77 -
Tabla34 Punto de reorden modelo heurístico	- 78 -
Tabla35 Punto de reorden Modelo EOQ.....	- 78 -
Tabla36 Comparación de la aplicación del modelo EOQ vs la situación actual	- 79 -
Tabla37 Ahorros existentes entre modelo Wagner Whitin vs situación actual.....	- 80 -

RESUMEN

El manejo eficiente de los inventarios desempeña un papel esencial en las empresas, con repercusiones directas en la satisfacción del cliente, la efectividad en las operaciones y la habilidad para ajustarse a las variaciones en la demanda, además de la reducción de riesgos económicos. Itacol, empresa dedicada a la producción de alimentos balanceados, en la cual se ha manifestado problemas de retrasos en la producción, incumplimiento de plazos de entrega y una pérdida de confianza por parte de los clientes, la razón se asocia principalmente a una gestión deficiente de inventarios, especialmente en el control de la materia prima.

Para ello se propone desarrollar un modelo de gestión de inventario conforme a los procesos de producción de la empresa. El desarrollo del presente trabajo empezó con una investigación exhaustiva, combinando análisis documental y de campo para profundizar conocimientos, realizar el estado actual de la empresa y la obtención de una base de datos para la realización del pronóstico. Tras obtener los pronósticos adecuados para cada SKU de acuerdo al menor error, se procedió a realizar pruebas del coeficiente de variación, dando como resultado el uso de los modelos heurísticos para los SKU_1, SKU_4 y SKU_6, mientras que para SKU_2, SKU_3, SKU_5 y SKU_7 se asignó los modelos clásicos. Finalmente se aplicó la metodología ABC para optimizar los espacios designados al almacenamiento estos fueron ordenados por familias y por el número de rotaciones diarias.

Los modelos desarrollados, en caso de ser aplicados, muestran un ahorro significativo dentro de la empresa ya que se lograría una reducción del 23% (equivalente a 1.786.938,24 dólares) al aplicar los modelos clásicos y un 49% (correspondiente a 202.895,95 dólares) al emplear los enfoques heurísticos, se evidencia un valor significativo, indicando así la viabilidad de implementar dicho modelo.

ABSTRACT

The efficient management of inventories plays a crucial role in companies, with direct implications for customer satisfaction, operational effectiveness, and the ability to adapt to variations in demand, in addition to reducing economic risks. Itacol, a company dedicated to the production of balanced food, has experienced issues such as production delays, missed delivery deadlines, and a loss of customer confidence. These problems are primarily associated with inadequate inventory management, especially in the control of raw materials.

To address this, it is proposed to develop an inventory management model in line with the company's production processes. The development of this work began with a thorough investigation, combining documentary and field analysis to deepen understanding, assess the current state of the company, and obtain a database for forecasting. After obtaining suitable forecasts for each SKU with the least error, tests for the coefficient of variation were conducted. The results led to the use of heuristic models for SKU_1, SKU_4, and SKU_6, while classical models were assigned to SKU_2, SKU_3, SKU_5, and SKU_7. Finally, the ABC methodology was applied to optimize storage spaces, organizing them by families and the number of daily rotations.

The developed models, if applied, demonstrate significant savings within the company. Applying classical models would achieve a 23% reduction (equivalent to \$1,786,938.24), while employing heuristic approaches would result in a 49% reduction (corresponding to \$202,895.95). This substantial value indicates the viability of implementing the proposed model.

Capítulo I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

La aparición del COVID-19 significó un gran riesgo para la economía mundial, como resultado algunas empresas cesaron sus actividades económicas. El 63% de las microempresas y 42% de las pymes se encuentran en sectores fuertemente afectados (CEPAL, 2021). Por ende, se presume que la vulnerabilidad afecta a las empresas medianas y pequeñas, siendo uno de los problemas por la falta de motivación para llevar a cabo una gestión apropiada de sus inventarios. Esto resultó en escasez a nivel global y tuvo repercusiones en la industria durante la pandemia; la incapacidad de satisfacer la demanda debido a la ruptura en los inventarios, lo que reavivó la preocupación sobre la exposición a interrupciones (CEPAL, 2021).

En Ecuador, se estima que hay 882,766 empresas, de las cuales el 99.5% se clasifican como micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYME). (Universidad Andina Simón Bolívar, 2021). Algunas de estas empresas han llegado al fracaso debido a diversos factores técnicos para dirigir la producción y las operaciones, los factores son (Baque Cantos, Cedeño Chenche, Chele Chele , & Gaona-Obando, 2020):

- la carencia de habilidades técnicas para supervisar la producción y las operaciones
- dificultades en el suministro de materias primas y materiales
- elevados gastos operativos
- deficiente manejo de las adquisiciones
- ausencia de experiencia con los productos manejados
- falta de sistemas de información eficientes
- errores en la gestión del tiempo

La empresa ITALCOL se encuentra ubicada en la parroquia de Caranqui, ciudad de Ibarra. Comprometida con la fabricación, distribución, comercialización y exportación de alimentos balanceados para diversas especies pecuarias, lo que implica la necesidad de una eficiente gestión de la materia prima en la zona de producción.

De acuerdo con la información otorgada por el jefe de producción, el cual supo manifestar un problema existente con la gestión de la materia prima, esta no llega completa y no tienen donde almacenarla por lo cual causa retrasos en la elaboración de sus productos, como consecuencia no se cumple con los plazos de entrega perdiendo así la confianza de clientes importantes. Pensando en mejorar y satisfacer al cliente, la empresa busca formas de optimizar la gestión de sus inventarios. Para lograrlo, se propone un modelo de inventario más adecuado a su proceso productivo, permitiendo una gestión eficiente de la materia prima y asegurando la entrega oportuna de sus productos a los clientes.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Mejorar la gestión del inventario de materias primas por medio del diseño de un modelo de inventarios en la empresa ECUITALCO, que permita tener un buen aprovisionamiento en sus almacenes, reducir paradas innecesarias y cumplir con los plazos de entrega.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Revisar información bibliográfica sobre los inventarios mediante la búsqueda de fuentes confiables que sustenten el desarrollo del estudio.
- Realizar un diagnóstico situacional por medio de la investigación de campo y documental, para conocer el proceso llevado en la gestión de materia prima en la empresa ECUITALCOL.

- Plantear el modelo de gestión de inventarios que se ajuste al proceso productivo de la empresa, con el propósito de obtener un manejo adecuado de sus materias primas.

1.3 Alcance

La presente investigación está enfocada en el diseño de un modelo de gestión de inventarios de materia prima en la empresa ECUITALCOL. La compañía está situada en la parroquia de Caranqui, en el cantón Ibarra de la provincia de Imbabura. Su actividad principal es la fabricación de alimentos concentrados para animales, así como la producción de materias primas y premezclas. La empresa emplea a un total de 48 trabajadores en la planta, todos comprometidos en proporcionar productos de alta calidad. El estudio se lo realizará en el área de producción con la finalidad diseñar de un modelo de inventario que mejor se acople a su proceso productivo logrando una mayor fluidez en el manejo de las materias reduciendo las paradas y logrando cumplir con el pedido de los clientes.

1.4 Justificación

En la actualidad uno de los objetivos del mundo empresarial es mejorar su productividad aplicando diferentes tipos de estrategias enfocadas en la calidad, eficiencia y costos. En el lapso comprendido entre 2017 y 2021, dentro del contexto del objetivo 5 centrado en incrementar la productividad y competitividad para alcanzar un crecimiento económico sostenible con enfoque en la redistribución y solidaridad, se buscó principalmente estimular la competitividad de las industrias para amplificar sus ventajas competitivas. Esto tenía como propósito generar oportunidades no solo en los mercados locales, sino también en los internacionales, con el fin de disminuir la pobreza y facilitar oportunidades laborales (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo , 2017).

POLÍTICA

5.5 Impulsar la eficiencia, competitividad y excelencia en los productos primarios, así como asegurar la accesibilidad a servicios relacionados y otros elementos necesarios, con la meta de progresar en el desarrollo sostenible de la agricultura, ganadería, acuicultura y pesca. Este enfoque se dirige a cumplir con la demanda a nivel nacional y en los mercados de exportación. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo , 2017).

Fomentar la eficiencia y calidad en los productos agrícolas, ganaderos, acuícolas y pesqueros, junto con el acceso a servicios conexos y suministros complementarios. Esto busca impulsar un crecimiento sostenible en estas industrias, atendiendo tanto la demanda nacional como la internacional.

Sin importar las dimensiones de la empresa, la administración de inventarios es esencial, dado que constituyen una porción sustancial de los activos corporativos. El exceso de inventario acarrea costos adicionales considerablemente altos. Es fundamental considerar que los productos almacenados, al permanecer sin rotación durante un tiempo prolongado, tienden a volverse obsoletos, perdiendo así la oportunidad de ser vendidos y generar ganancias. Por otro lado, la falta de previsión ante la demanda real puede resultar en escasez de existencias para satisfacerla, impactando los tiempos de respuesta y generando insatisfacción en los clientes. Esta situación no solo conlleva problemas financieros, sino que puede llevar a la quiebra de una empresa (Camacho Zapata, RíosBaldovino, Mojica Herazo, & Rojas Millán, 2020).

Este estudio resaltará la relevancia del manejo adecuado de las materias primas en la industria, dado su papel fundamental en los procesos. Es esencial considerar que una gestión deficiente de inventarios resulta en costos operativos, riesgos y falta de sostenibilidad, lo que puede llevar a que los clientes se inclinen hacia competidores si no se logra satisfacer la demanda puntualmente.

ITALCOL, enfrenta actualmente problemas con su inventario de materia prima por la ausencia de una administración eficiente, que ha generado demoras en la producción debido a interrupciones, escasez de inventario y obstáculos en la transferencia de materia prima entre sus almacenes. Por esta razón, se plantea la creación de un “Modelo de Gestión de Inventarios” para facilitar un control más eficaz de las materias primas. Esto facilitará el abastecimiento y respaldará el proceso productivo, contribuyendo a una mayor rentabilidad.

Capítulo II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Inventario

Los inventarios representan bienes o recursos empleados en una empresa con el fin de suministrar o satisfacer las necesidades básicas para su operación diaria. Estos se dividen en distintas categorías, tales como materias primas, productos finales, componentes, suministros y procesos en desarrollo (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

2.2 Función de los inventarios

Algunas de las tareas que desempeñan los inventarios son(F & B, 2014):

- separación de las operaciones
- adaptación a cambios en la demanda
- adaptabilidad en la planificación de la producción
- adaptación a variaciones en los plazos de entrega
- aprovechamiento de descuentos por volúmenes de pedido

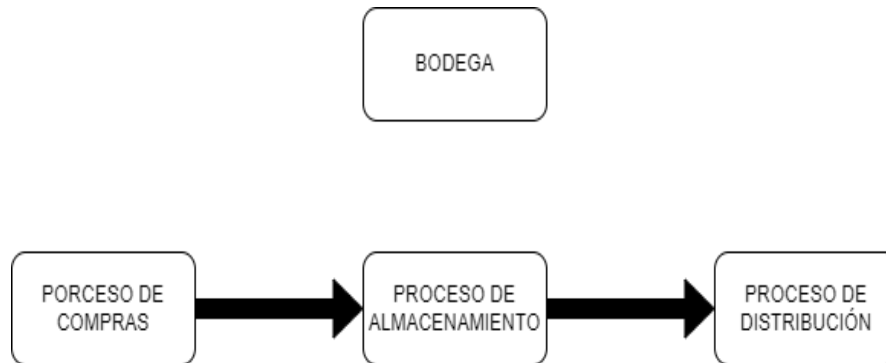
Basándonos en lo mencionado previamente, se puede inferir que el propósito de mantener inventarios en una empresa es garantizar un abastecimiento constante y eficiente de productos y materiales esenciales para respaldar las operaciones diarias y satisfacer la demanda del mercado (Lawrence J & Chad J, 2012).

2.3 Costos de inventarios

En la bodega tenemos actividades logísticas que se pueden identificar en 3 grandes grupos los cuales son:

Figura 1

Proceso de ocurrido dentro de una bodega



Fuente: Administración de Operaciones (2020).

2.3.1 Proceso de compras

En base a la **Figura 1**, el proceso de adquisición inicia con la emisión de una orden de compra en el departamento correspondiente y finaliza cuando el material está listo para su utilización. Los elementos más destacados en este procedimiento son (Gómez & Brito Aguilar, 2020):

- tiempo laboral dedicado a adquisiciones
- comunicaciones (teléfonos móviles, internet, líneas fijas, comunicación por radio)
- área física utilizada para adquisiciones (oficinas y áreas de recepción)
- costos de aprovisionamiento (transporte, seguros, seguridad)
- amortización de mobiliario y equipos utilizados en el proceso de adquisiciones
- conservación de instalaciones y equipos vinculados a la adquisición
- costos asociados a energía y combustible.
- proceso de recepción (verificación, inspecciones)

2.3.2 Proceso de almacenamiento

Los principales recursos involucrados son (Gómez Gómez & Brito Aguilar, 2020):

- pérdida de la oportunidad de inversión del capital atado
- uso del espacio (costos de alquiler, depreciación, mantenimiento, impuestos)
- tiempo del personal para supervisar, manejar y despachar
- degradación de máquinas, infraestructuras y herramientas
- conservación de maquinaria y estructuras
- utilización del software
- obsolescencia, deterioro, pérdidas, robos, falta de existencias
- gastos de energía y combustible

2.4 Tipos de inventarios

Los inventarios se clasifican según su función de acuerdo con (Cruz Fernández, 2017):

Tabla1

Tipos de inventarios

Tipo de inventario	Concepto
Inventario inicial	El inventario inicial refleja la cantidad y el valor de los activos al comienzo de un período contable, abarcando materias primas, artículos en proceso y productos terminados (Kaplan, 2016).
Inventario Final	El inventario final se anota al concluir un período contable, después de gestionar las entradas y salidas de los productos disponibles.

Inventario intermitente	Esta revisión del inventario se lleva a cabo en varias ocasiones a lo largo del año debido a diversas razones. (Caurin, 2017).
Inventario perpetuo	Se mantiene actualizado de manera continua, documentando cada ingreso y egreso de productos, mostrando de manera instantánea el inventario disponible. (HEIZER & RENDER, 2009)
Inventario de materia prima	Inventario utilizado para separar a los proveedores del proceso de producción, con una preferencia por eliminar la variabilidad en cantidad, calidad o tiempo de entrega del proveedor (HEIZER & RENDER, 2009).
Inventario de productos en curso	El inventario de trabajos en curso comprende componentes o materias primas que han experimentado cierta transformación, pero aún no han sido completados. (HEIZER & RENDER, 2009).
Inventario de productos terminados	Es aquel relacionado con productos que han absorbido todos los costos de fabricación, tanto directos como indirectos, y han adquirido su valor completo (Álvares Pareja, 2020).

Inventario de suministros de fábrica.	Estos elementos son útiles para que la empresa conozca qué herramientas tiene disponibles y cuáles necesita adquirir para mejorar su rendimiento (Hubspot, 2023).
Inventario de tránsito	Este stock está conformado por las solicitudes realizadas por los clientes, sin embargo, estos no han sido repartidos (Carro Paz & Gonzales Gómez).
Inventario de ciclo	Se realizan para disminuir los costos unitarios de compra y son apropiadas para artículos no perecederos adquiridos de manera periódica o regular (Hubspot, 2023).
Inventario de seguridad.	Cantidad adicional que se mantiene por encima de la cantidad promedio requerida para satisfacer la demanda (Allen Collier & R. Evans, 2019).
Inventario de previsión	Compuesto por productos adicionales generados durante periodos de menor demanda destinadas a cubrir los requerimientos durante periodos de alta demanda (Editorial Etecé, 2020).
Inventario de desacoplamiento.	Se emplea en situaciones donde la eficiencia de dos procesos no está coordinada en términos de su tasa de productividad (Editorial Etecé, 2020).

Inventario mínimo	Representa la cantidad mínima que puede mantenerse en el almacén (Caurin, 2017).
Inventario máximo	Se define un nivel máximo de inventario, ya que mantener un inventario completo puede resultar excesivo para algunos artículos difíciles de gestionar (Caurin, 2017).

Nota: Esta tabla contiene el concepto de los diferentes inventarios existentes

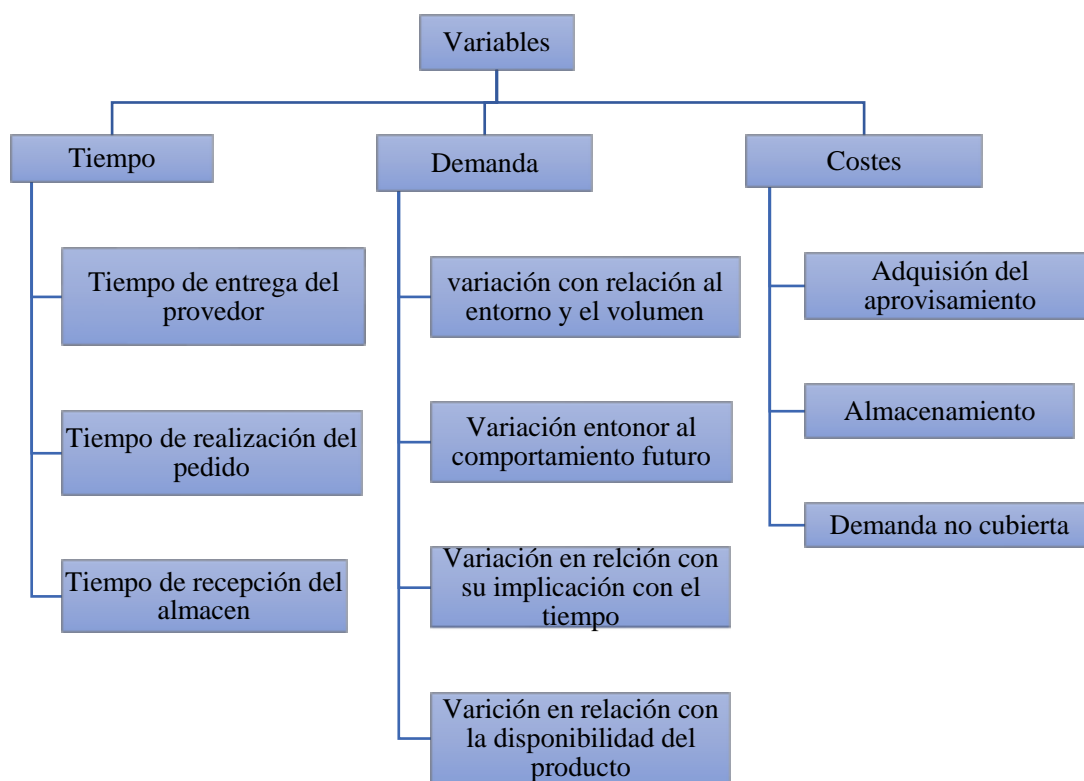
2.5 Gestión de inventarios

La administración de inventarios implica la capacidad y la organización para supervisar tanto física como digitalmente la cantidad de cada artículo específico (Laza, 2020).

2.5.1 Variables que afectan a la gestión de inventarios

Es necesario considerar varias variables antes de tomar decisiones, ya que estas pueden influir en todo el proceso, desde la adquisición de inventario hasta la distribución de productos.

Figura2
Variables que afectan a la gestión de inventarios



Fuente: Gestión de inventarios (2020).

2.5.2 Sistemas de inventarios ABC

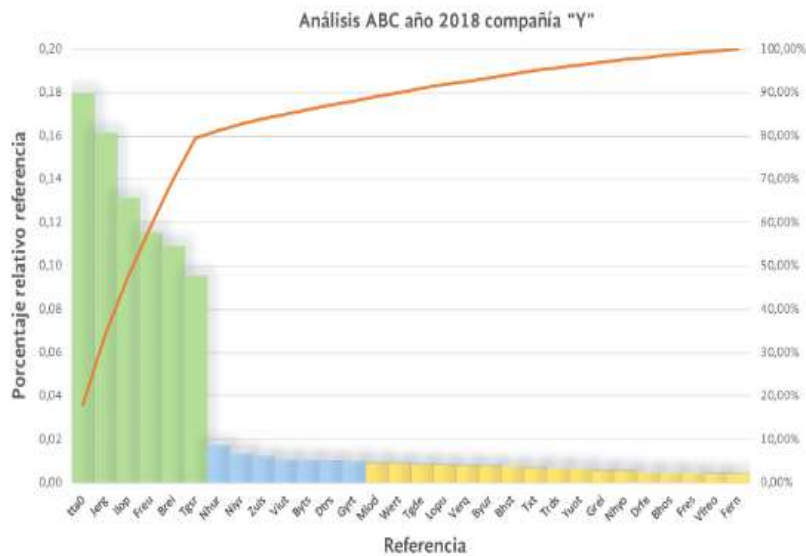
La clasificación ABC en inventarios se fundamenta en el principio de Pareto y se emplea como una herramienta estadística. Este método ayuda a identificar los productos que tienen un impacto más significativo en el valor total del inventario. En resumen, ayuda a determinar qué artículos tienen un costo más alto, una demanda más fuerte o generan mayores ganancias. Esta estrategia ayuda a la organización a administrar su flujo de efectivo de manera más eficiente, permitiendo que se destinen recursos disponibles para otras necesidades (Álvares Pareja, 2020, pág. 30).

Tabla2
Clasificación ABC según su tipo

Tipo	Descripción
A	Entre el 70% y el 80% de las ventas corresponde a un rango del 10% al 20% de los artículos.
B	Un porcentaje del 15% al 20% de las ventas está representado por un rango del 30% al 40% de los artículos.
C	Un porcentaje del 5% al 10% de las ventas está representado por un rango del 40% al 50% de los artículos.

Fuente: Gestion de inventarios cartilla para el aula (2020).

Figura3
Diagrama de Pareto-análisis ABC



Fuente: Gestion de inventarios cartilla para el aula (2020).

2.5.3 Sistema de inventario justo a tiempo(JIT)

El método Just in Time (JIT) se enfoca en reducir al mínimo o eliminar inventarios que no son esenciales, con la finalidad de entregar productos o materiales de forma exacta y puntual, previniendo la acumulación de volúmenes significativos de inventario en la cadena de suministro. Este enfoque establece que los inventarios se adquieren y se integran en la producción en el momento en que se necesitan (Garrido Bayas & Cejas Martínez , 2017, pág. 7).

2.5.4 Rotación de stock

La rotación de inventario representa la frecuencia con la que un artículo atraviesa las fases de almacenamiento, utilización y venta (en el caso de productos terminados) para recuperar la inversión inicial. Esta medida es fundamental para evaluar la efectividad y eficiencia en la gestión de inventarios de una empresa (Arenal Laza, 2022).

Tabla3

Inventarios con rotación alta y con rotación baja

Inventario con rotación alta	Inventario con rotación baja
Menor inversión en stock, ya que las existencias pasan menos tiempo en el almacén y, por tanto, hay menos dinero inmovilizado en existencias	Determinados descuentos por volumen de compra se pueden perder al realizar pedidos más pequeños, aunque más continuos, ya que nuestros proveedores nonos harán esos descuentos.
Se puede mantener precios más bajos	Costos adicionales asociados con la realización de pedidos, manipulación, entre otros.

Al reducirse el stock medio, los costes de almacenamiento disminuyen

Mayor probabilidad de sufrir una ruptura de stock

Es menos probable que los inventarios se vuelvan obsoletos.

En operaciones donde la rotación de inventario es baja, los minoristas corren el riesgo de quedarse con artículos que se vuelven inútiles debido a la obsolescencia.

Nota: En la presente tabla se da a conocer las ventajas y los inconvenientes de tener una rotación alta y baja de los inventarios. Fuente: Clasificación según la Demanda (2022).

A continuación se presentan la forma de calcular el índice de rotación:

Tasa de rotación:

$$\frac{\text{Demanda total(en un periodoX)}}{\text{Stock medio}}$$

Stock medio:

$$\frac{\text{Stock inicial} + \text{Stock final}}{2}$$

Stock medio Mensualmente:

$$\frac{\left[\left[\frac{S1 + S2}{2} \right] * 3\text{meses} + \left[\frac{S3 + S4}{2} \right] * 2\text{meses} + \left[\frac{S5 + S6}{2} \right] * 2\text{meses} \right]}{7\text{meses}}$$

2.5.5 Control de inventarios

Uno de los problemas del control de inventario es la demanda y el tiempo de reposición, debido a la dificultad que presenta saber cuánto debemos pedir, esta demanda se clasifica en:

Demanda determinista

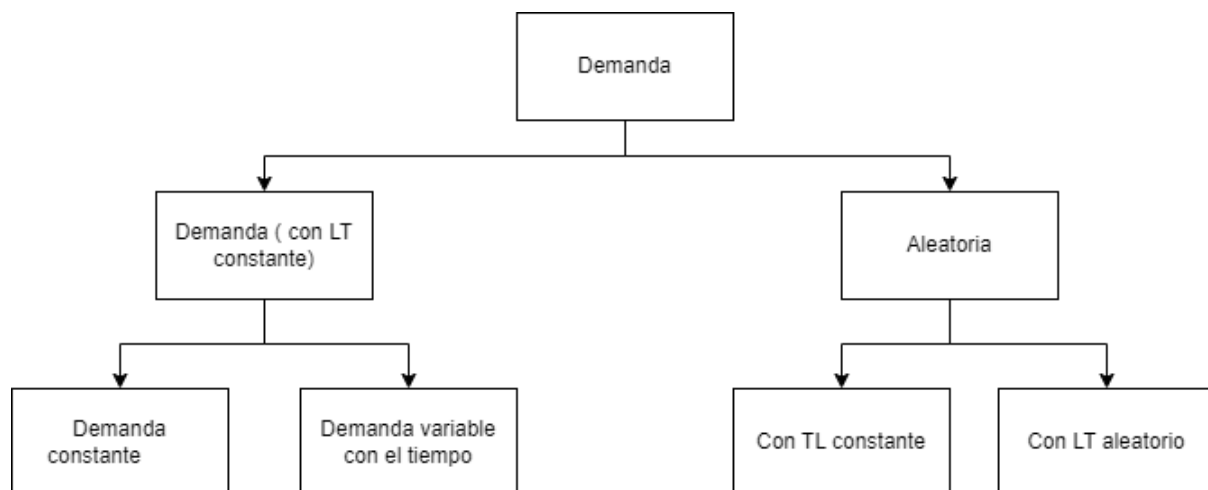
Un modelo determinístico es una representación matemática en la que las condiciones de entrada idénticas siempre producen los mismos resultados, sin tener en cuenta la presencia de eventos aleatorios o la posibilidad de incertidumbre (Laza, 2020).

Demanda probabilística

Se parte del supuesto de que todos los parámetros son exactamente conocidos y se mantienen invariables a lo largo del tiempo. No obstante, en situaciones reales, es más común que la demanda, los tiempos de entrega, el suministro y otros factores experimenten fluctuaciones o cambios (Johnson y otros, 2012).

Figura4

Características de la demanda



Fuente: Fundamento de Control y Gestion de Inventarios (2020).

2.6 Modelos de inventarios

2.6.1 Modelo básico de la cantidad económica de pedido (EOQ)

Esta metodología se fundamenta en la premisa de una tasa de producción constante, asegurando un flujo continuo de inventario a lo largo de todo el ciclo de producción. Dentro de este enfoque de adquisición, se presupone que el artículo no se producirá internamente, sino

que será obtenido externamente. Además, podría requerir la adquisición de materiales secundarios para el proceso productivo, los cuales también se obtienen de fuentes externas (Bronson, 1993).

Variables:

Q: Cantidad de unidades por pedido

Q*: Cantidad óptima de unidades por pedido (EOQ)

D: Cantidad anual de demanda de unidades del artículo en inventario.

S = Gasto asociado a la preparación

H = Gasto asociado al almacenamiento.

Formula:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

2.6.2 Modelo de un solo lote (USL)

Según (Izar & Méndez, 2013); “este modelo se caracteriza por su simplicidad, ya que supone que se realiza un único pedido por el volumen anual”. De esta manera, la cantidad de pedido se representa por "D" y el costo anual del inventario se calcula mediante la siguiente fórmula:

Variables:

Cp: Costo asociado al pedido

D: Demanda anual

Ca: Costo individual por artículo

M: Proporción anual de costos de mantenimiento en el inventario

Q: Cantidad económica de pedido

$$CT = Cp + CaM\left(\frac{Q}{2}\right) + CaQ$$

2.6.3 Método Híbrido (MH)

Esta técnica representa una fusión que examina, en situaciones donde la demanda de artículos es discreta y sujeta a la probabilidad, varias configuraciones de los valores de Q y PRP. Su objetivo es elegir la combinación óptima que resulte en el menor costo total de gestión de inventario (Izar & Méndez, 2013).

Ecuación:

$$CT = Cp \left(\frac{D}{Q} \right) + CaM \left(\frac{Q}{2} \right) + CfNf \left(\frac{D}{Q} \right) + CaD$$

2.7 Métodos Heurísticos

Los métodos heurísticos se emplean cuando no es posible o resulta poco práctico obtener la solución óptima desde una perspectiva computacional. En esta situación, se encuentran los siguientes escenarios:

2.7.1 Algoritmo Silver-Meal(SM)

Se basa en la consideración de la planificación a través de múltiples periodos anticipados, designados como "m". El objetivo principal es minimizar el costo promedio por período durante este intervalo de "m" periodos. El costo evaluado incluye tanto los costos variables, que implican el gasto en realizar pedidos (preparación), como los costos asociados al mantenimiento del inventario. Se establece previamente la demanda futura para los próximos "n" periodos y se considera como una variable conocida en el proceso de planificación (Sippner & Buldin, 1998).

Cálculo de K(m)

$$K(m) = \frac{1}{m} (A + hD_2 + 2hD_3 + \dots + (m-1)hD_M)$$

Se calcula $K(m)$ y se detiene cuando

$$K(m + 1) > K(m)$$

2.7.2 Algoritmo Wagner-Within(WW)

El método de optimización se basa en la programación dinámica, analizando todas las posibles formas de realizar pedidos para satisfacer la demanda en cada período a lo largo del horizonte de planificación. Su eficacia proviene de su capacidad para no evaluar todas las políticas concebibles, dado que para un horizonte de n periodos, la cantidad de políticas potenciales es exponencial, siendo 2 elevado a la n (Sippper & Buldin, 1998).

Donde:

A : Costo asociado a la preparación

H : Gasto asociado al mantenimiento.

D_j : Requerimientos durante el periodo j .

D_l : El costo mínimo desde el periodo 1 hasta el periodo l con inventario cero al final del periodo l .

D_j : Se establece como cero, y la solución de costo mínimo se determina mediante N_n

Formula:

$$K_{t+1} = A + h \left(\sum_{j=t+1}^l (j - t) D_j \right)$$

$$t = 1, 2, \dots, n ; l = t + 1, t + 2, \dots, n$$

$$K_1 = \min_{t = 1, 2, \dots, l} \{K_{t-1} + K_{t,1}\}$$

$$l = 1, 2, \dots, N$$

2.7.3 Regla de Peterson-Silver

La métrica práctica para entender la fluctuación en la demanda, conocida como coeficiente de variabilidad, proporciona información acerca de cuándo sería más adecuado emplear el modelo de lote dinámico en lugar del modelo clásico (Sippner & Buldin, 1998).

$$V = \frac{n \sum_{t=1}^n D_t^2}{(\sum_{t=1}^n D_t)^2} - 1$$

Donde

Dt: Demanda pronosticada y n es el horizonte de planificación.

Prueba de irregularidad:

Condición	Descripción
Si $V < 0.25$	Empleo el modelo EOQ
Si $V > 0.25$	Uso del modelo - lote dinámico.

Fuente: Planeación y Control de la Producción (1998).

2.8 Pronóstico

2.8.1 Métodos de predicción cualitativos

Este método se basa en la visión de personas que tienen acceso más directo a la información, como el equipo de ventas, los gerentes comerciales y los ejecutivos de alto rango. Esta estrategia, conocida como proyección fundamental, busca recopilar información obtenida de manera directa por parte de estos expertos. No obstante, es importante destacar que este método podría reflejar las expectativas de ventas y los objetivos planteados por los expertos involucrados (Gómez Gómez & Brito Aguilar, 2020).

Consenso de un panel

Este método se fundamenta en gran medida en la visión de un conjunto de especialistas que realizan pronósticos en áreas particulares de la empresa. Estos expertos se reúnen en una sesión para debatir la situación y, de manera colectiva, consensuar los valores previstos para las variables a ser proyectadas en el futuro (Torres Muñoz y otros, 2016).

Pronostico visionarios

Esta técnica se basa principalmente en la experiencia de un grupo de profesionales que realizan estimaciones en áreas específicas de la empresa. Estos expertos interactúan en una reunión de trabajo, en la que analizan la situación y llegan a un acuerdo sobre los valores proyectados para las variables relevantes en el futuro (GUTIÉRREZ, 2016).

2.8.2 Métodos de supervisión (cuantitativos)

Estas técnicas predictivas se fundamentan en la exploración de datos pasados y en análisis estadísticos para reconocer pautas y direcciones dentro de la información. Estos métodos se emplean para anticipar eventos futuros apoyándose en tendencias históricas, centrándose en detectar posibles fallos en modelos actuales y en mejorar la exactitud de los pronósticos (Makridakis y otros, 2020).

Tabla4

Métodos de pronóstico-Cuantitativos

Método	Descripción
Regresión Lineal Simple o mínimos cuadrados.	El modelo de pronóstico de regresión lineal se emplea para anticipar el valor previsto de una variable aleatoria "a" basándose en un valor particular de "b". No obstante, su aplicación conlleva la suposición de que la relación entre estas variables es lineal, lo cual puede ser un

desafío si la demanda muestra un comportamiento no lineal. Por esta razón, es crucial realizar un análisis de regresión inicial para evaluar la fuerza de las conexiones entre las variables que conforman el modelo.

Regresión Lineal Múltiple. Este tipo de situación surge cuando dos o más variables independientes afectan a una variable dependiente. Ejemplo: $Y = f(x, w, z)$.

Análisis de Series de Tiempos “Univariados”

Promedio Móvil Simple . Se utiliza el método de pronóstico móvil simple cuando se pretende dar mayor importancia a los conjuntos de datos más recientes con el fin de generar la proyección.

Promedio Móvil de K periodos . Esta técnica de pronóstico es una adaptación del promedio móvil. En contraste con el promedio móvil simple, donde cada dato del promedio tiene el mismo valor, en el promedio móvil ponderado se puede asignar diferente importancia (peso) a cada uno de los datos del promedio, siempre y cuando la suma total de estos pesos sea igual a 100%. Es común asignar el mayor factor de ponderación (porcentaje) al dato más reciente.

Suavización Exponencial Simple . En este enfoque, se determina un promedio de una serie temporal mediante un mecanismo de corrección automática que busca ajustar los pronósticos en dirección contraria a las desviaciones pasadas. Este proceso se lleva a cabo mediante una corrección influenciada por un coeficiente de suavización. Por consiguiente, se requiere tres tipos de datos: el pronóstico del período más reciente, la demanda del período previo y el coeficiente de suavización.

Suavización Exponencial En este enfoque, se realiza inicialmente una suavización exponencial simple para cada punto de la serie y posteriormente se lleva a cabo otro cálculo de suavización.

Series con estacionalidad. Esta metodología se emplea para prever las ventas cuando hay presencia de estacionalidad o ciclos, y también se aplica cuando se observan diferencias significativas en las ventas en cada período. Por esta razón, se vuelve fundamental calcular un índice que facilite el ajuste para cada período.

Fuente: Didáctica y aplicación de la administración de operaciones: contaduría y administración (2016).

2.9 Metodología

2.9.1 Tipo de investigación

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo de gestión de inventario diseñado para administrar la materia prima en la empresa ITALCOL para ello se utilizó los siguientes tipos de investigación:

- Investigación Documental

La investigación documental fue necesaria para la elaboración del marco teórico, se requirió de fuentes bibliográficas acorde tema de investigación con el fin adquirir conocimientos previos al estudio. Para la elaboración de capítulo 3 se realizó la revisión de la información documental en su página Web, como resultado se realizó la descripción de la empresa.

La empresa cuenta con diferentes líneas de producción realizada que realiza en planta, también se realizó la demanda histórica de cada producto los cuales se puede observar en

la primera tabla del Anexo, la cual presenta los productos y sus pedidos desde el mes de diciembre del año 2022 hasta mayo del presente año.

- Investigación de campo

Se realizó visitas con el fin de conocer el funcionamiento de la empresa y poder desarrollar la caracterización de la empresa, se obtuvo información sobre el manejo de la materia prima, con la información recolectada se realizó todos los problemas observados, añadiendo problemas sugeridos por personal encargado de bodega, jefe de producción, asistente de producción.

- Investigación descriptiva

Para analizar la situación actual del problema, se empleó este tipo de investigación para describir el estado de la empresa y sus problemas a través de herramientas exploratorias.

2.9.2 Método de Investigación

En este estudio, se emplearán los siguientes métodos de investigación:

- Método Cuantitativo

Este enfoque permite extender los resultados de manera más amplia, proporciona manejo sobre los fenómenos y una perspectiva fundamentada en recuentos y magnitudes numéricas (Hernández Sampieri y otros, 2014).

Para la realización de los modelos de inventarios se requirió de datos numéricos como la demanda, costo de los pedidos y el costo de almacenamiento. Para realizar el estudio del modelo óptimo para la empresa, y representar los datos por medio de modelos matemáticos para su posterior análisis.

- Método cualitativo

Este enfoque implica la recolección y evaluación de datos para mejorar las preguntas de investigación o identificar nuevas incógnitas durante el proceso de interpretación (Hernández Sampieri y otros, 2014).

Para la identificación de los problemas sucedidos en la planta se procedió a recolectar información sobre el manejo de los inventarios a aquellos encargados del área, por lo cual los datos obtenidos se realizó una priorización de acuerdo a una escala numérica, logrando poderle un peso a cada problema suscitado en la planta, con la finalidad de respaldar el presente estudio.

2.9.3 Técnica de Investigación.

- **Observación**

Se realizará observaciones en área de producción y recolectar información sobre el manejo del inventario de la materia prima y almacenamiento.

- **Análisis de documentos**

Se obtendrán datos numéricos de registros históricos o a partir de un recuento de apariciones de palabras.

- **Entrevista**

Se realizó entrevistas no estructuradas con el fin de tener una mayor flexibilidad y no perseguir preguntas predefinidas, para poder profundizar el tema de interés, debido a la disposición de cada trabajador.

2.9.4 Instrumentos

- Diagrama SIPOC
- Diagrama de Pareto
- Modelos de Inventarios
- Matriz de priorización

- Lluvia de ideas
- Computador
- Celular
- Internet
- Lápiz
- Software
- Calculadora
- Hojas

Capítulo III

3. DIAGNOSTICO SITUACIONAL

3.1 Descripción de la empresa

Italcol es una empresa colombiana fundada en 1968. Inició su trayectoria elaborando mezclas de alimento para cerdos, tanto para su consumo interno como para la venta a fincas cercanas. Actualmente, se dedica a la fabricación, distribución, venta y exportación de alimentos concentrados destinados a diversas especies pecuarias. Con alrededor de 20 plantas de producción distribuidas en Colombia, Ecuador y Panamá, la empresa cuenta con una red de más de 1.800 distribuidores y logra una producción anual que supera los 2 millones de toneladas de alimentos y cerca de 500.000 toneladas de materia prima.

En Ecuador, Italcol opera dos plantas: una en la provincia de Manabí y otra en la provincia de Imbabura. Su presencia en el país le permite abastecer productos a diversas regiones. La gama de alimentos que ofrece para animales de granja incluye concentrados, suplementos alimenticios, premezclas y aditivos, entre otros. El enfoque de Italcol se centra en proporcionar soluciones innovadoras y de alta calidad que satisfagan las necesidades específicas de cada animal en todas las etapas de su ciclo de vida.

Destacándose por su firme compromiso con la sostenibilidad y el bienestar animal, Italcol mantiene estrechas asociaciones con productores y criadores para fomentar prácticas responsables y éticas en la industria. Además, la compañía se enfoca en promover el progreso social y económico de las comunidades donde opera, mediante proyectos que impulsan el desarrollo y la integración social.

3.1.1 Ubicación geográfica

En el año 2020, la compañía estableció una nueva instalación en la provincia de Imbabura. Esta instalación se encuentra al sur del cantón de Ibarra, en las cercanías de la parroquia de Caranqui, específicamente en la dirección 23-37 de la avenida Hernán González de Saa.

Figura5
Ubicación geográfica-Italcol

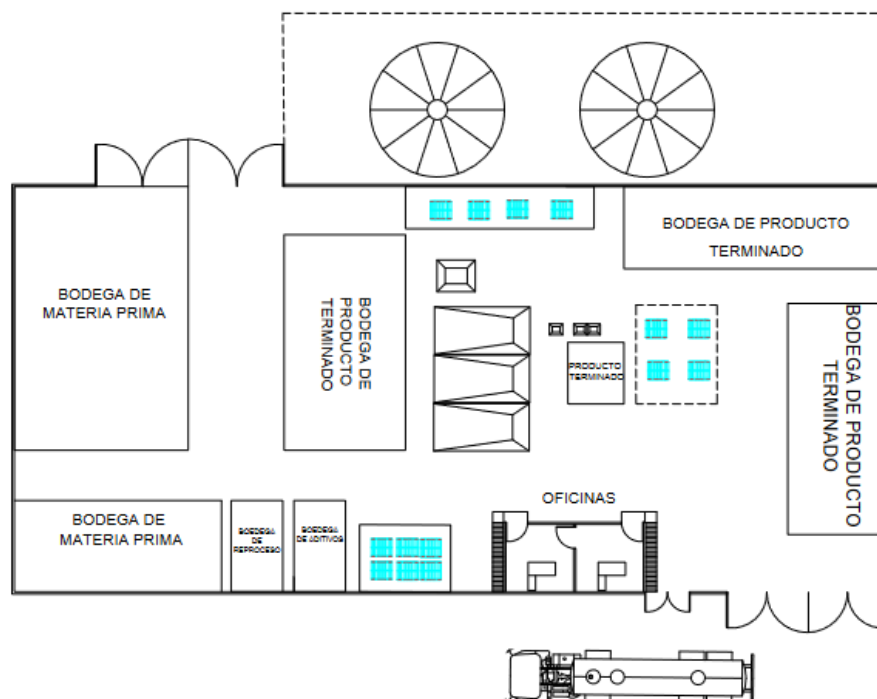


Fuente: Google maps

3.1.2 Layout de la empresa

En la **Figura 6** se muestra la disposición espacial de las instalaciones. En este diseño, no se han implementado subdivisiones físicas para separar las distintas zonas; en cambio, se han asignado áreas específicas para la producción, almacenamiento de materias primas y productos terminados.

Figura6
Layout de la planta Italcol-Ibarra



Fuente: Italcol

3.2 Direccionamiento estratégico

Misión

Italcol tiene como objetivo satisfacer la demanda de alimentos, buscando constantemente mejorar la nutrición y mantener una oferta de productos que sea social, económica y ambientalmente sostenible. Además, se esfuerza por contribuir al mejoramiento continuo del nivel de vida de la comunidad a la que sirve.

Visión

Aspira a liderar el mercado andino de alimentos balanceados para animales mediante el mantenimiento de elevados estándares de calidad, una constante investigación y desarrollo de nuevos productos. Buscamos generar valor asegurando la satisfacción de nuestros clientes, al mismo tiempo que mantenemos un fuerte compromiso social y ambiental con la comunidad y el país.

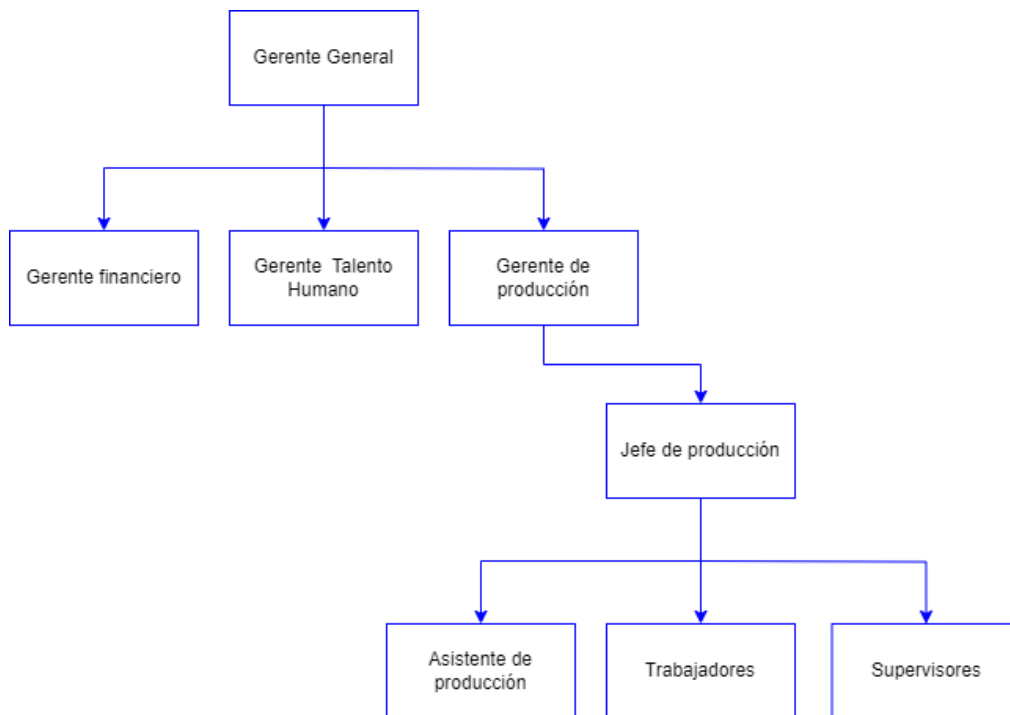
Valores

- **Compromiso:** Asume con responsabilidad nuestras acciones diarias y propósitos individuales y colectivos.
- **Perseverancia:** se esfuerza con determinación constante para superar retos hasta alcanzar nuestras metas.
- **Lealtad:** Mantenemos fidelidad y confidencialidad hacia los principios corporativos, políticas, procesos e información, así como hacia nuestros clientes, tanto internos como externos.
- **Honestidad:** Actuamos de manera recta y transparente, guiados por principios éticos y coherencia con nuestros valores y propósito.
- **Sostenibilidad:** Trabajamos comprometidos para asegurar condiciones de vida para las futuras generaciones, buscando equilibrio entre crecimiento económico, respeto al medio ambiente y desarrollo social.
- **Respeto:** Valoramos la diversidad y promovemos relaciones interpersonales profesionales e interinstitucionales adecuadas y saludables.

3.2.1 Organigrama

En la actualidad, Itacol posee una fuerza laboral de 48 trabajadores distribuidos en dos áreas principales: la administrativa y la operativa. A continuación, se presenta el esquema de la organización.

Figura7
Organigrama- Itacol



Fuente: Itacol

Tabla5
Empleados que conforman Itacol-Ibarra

Nombre	Cargo
Fernando Uribe	Gerente General
Carina Vera	Gerente financiero
Natasha Machuca	Gerente de talento Humano
Kevin Vélez	Gerente de producción
Martín Sosa	Jefe de producción

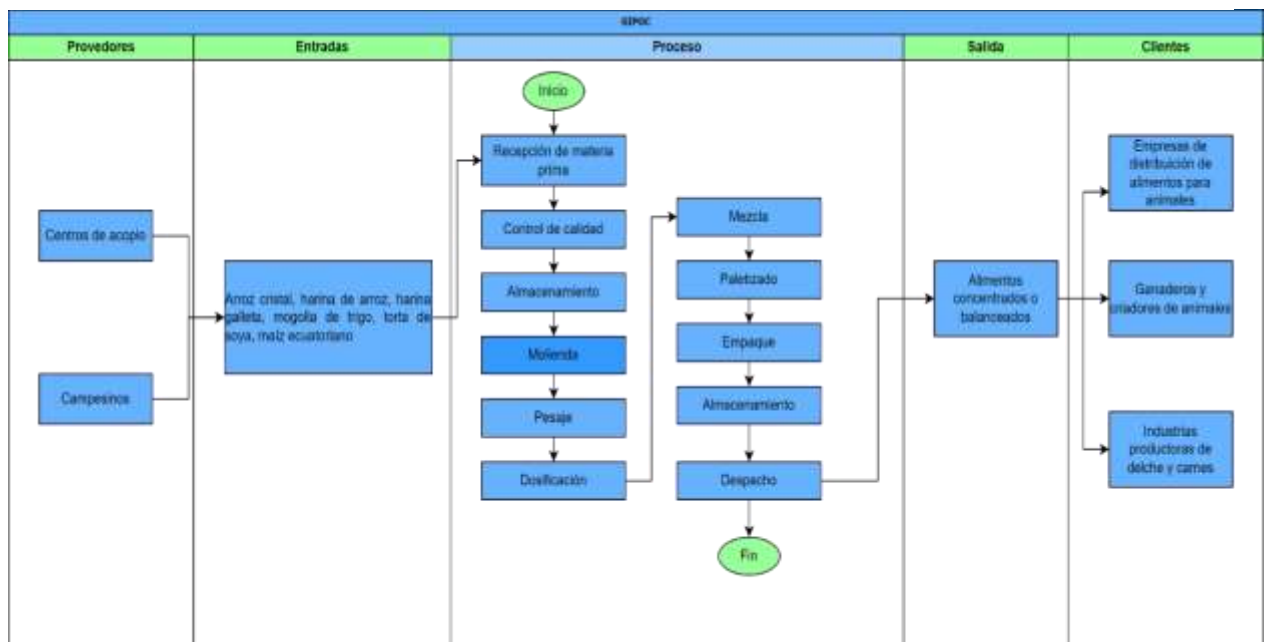
Fuente: Itacol

3.2.2 Diagrama SIPOC

En la **Figura 8**, se presenta el diagrama SIPOC del proceso operativo ocurrido dentro de instalación. Las dos primeras secciones del esquema ilustran la categorización de los proveedores y de la materia prima. La tercera sección aborda la secuencia del proceso de obtención del producto balanceado. Finalmente, en la última sección, se proporciona una descripción concisa de los principales destinatarios del producto.

Cabe aclarar que la empresa no cuenta con proveedores definidos, por tanto, existe la realización de trabajos conjunto con campesinos, centros de acopios y molinos de diferentes partes del país. Así mismo sus clientes se encuentra ampliamente distribuidos en la región de la Sierra y el Oriente, las cuales están conformados por empresas dedicadas a la comercialización y distribución de alimentos para la crianza de animales de granja, empresas del sector lácteo y cárnico, como sus principales clientes.

Figura8
Diagrama SIPOC-Itacol



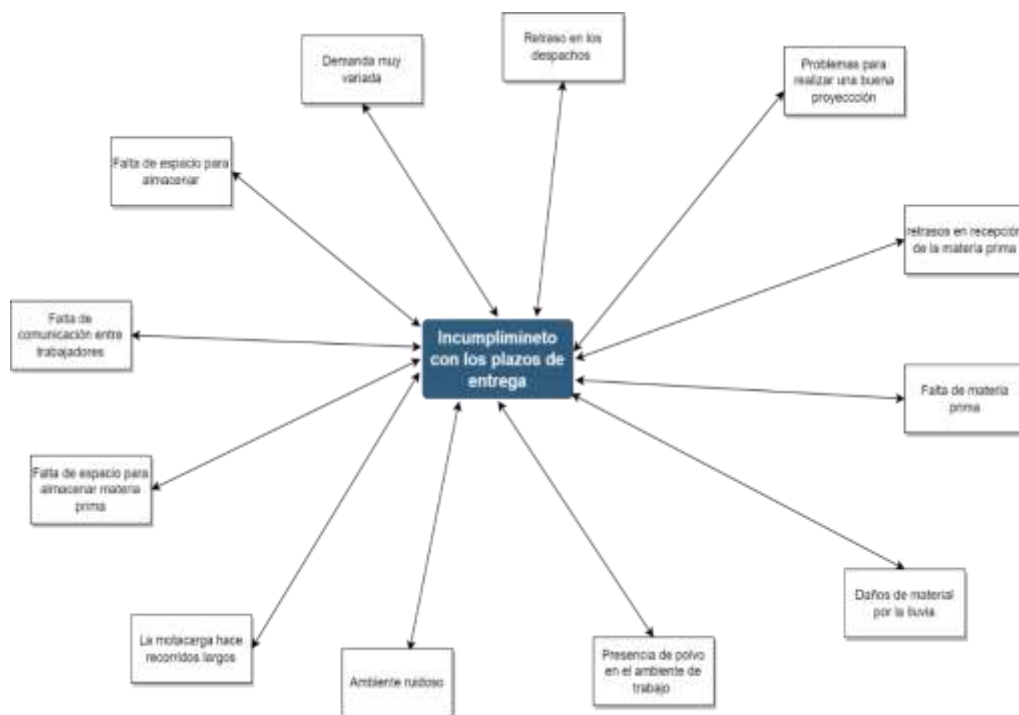
Fuente: Elaboración propia

3.3 Análisis del problema

Para identificar los problemas que afectan al rendimiento de la empresa, se utilizaron herramientas exploratorias. En primer lugar, se empleó el brainstorming, realizando observaciones y planteando preguntas a los encargados y trabajadores del área. Esta herramienta se utilizó con el objetivo de identificar los problemas existentes en la empresa desde la perspectiva de empleados, ayudantes y jefes de área. A continuación, se presentan los problemas identificados dentro de la planta:

Figura9

Lluvia de ideas-problemas relacionados con el incumplimiento con los plazos de entrega



Fuente: Elaboración propia

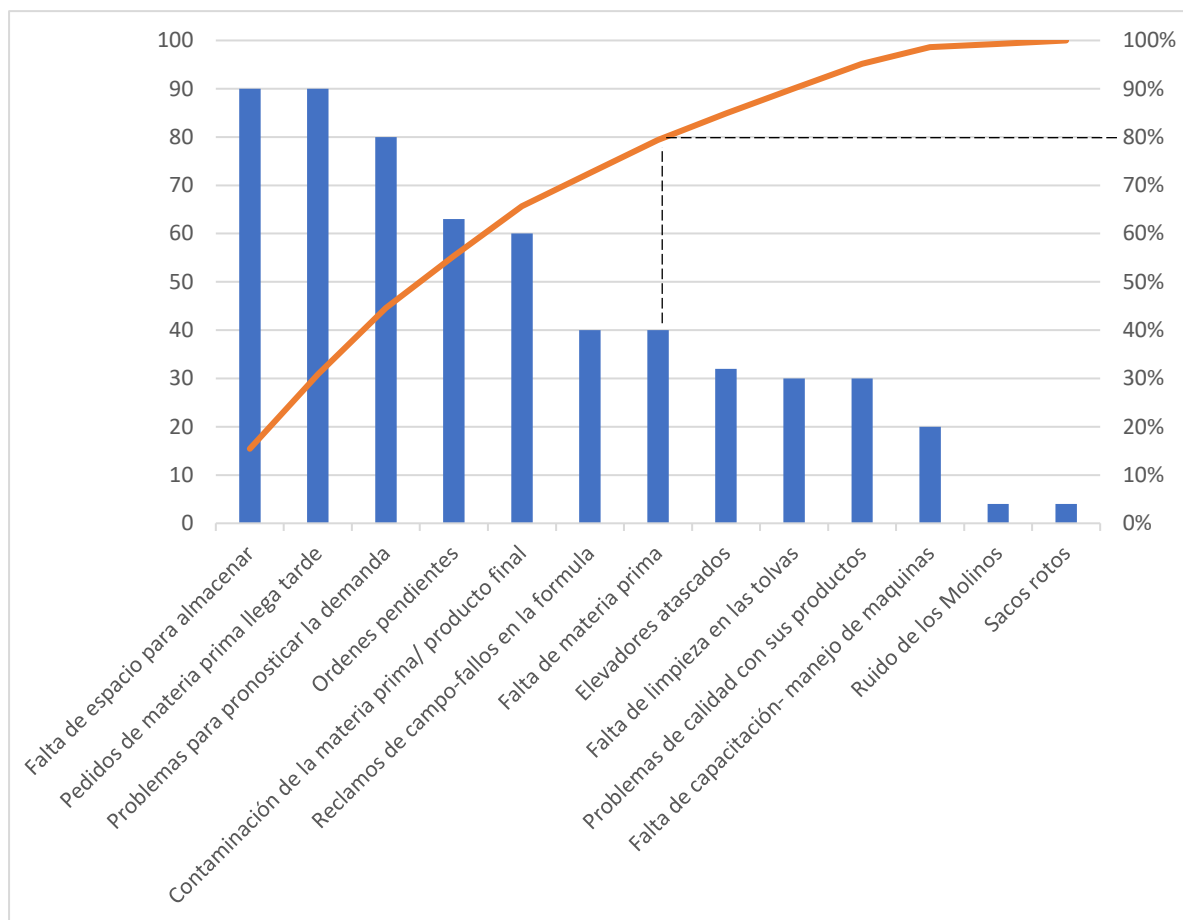
Tras identificar los problemas, se empleó el diagrama de Pareto para priorizar y clasificarlos según su puntuación. Se utilizó una escala del 1 al 10 basada en el impacto y la frecuencia de cada suceso, evaluada a partir de los incidentes ocurridos durante el último año en la planta.

Tabla6
Valoración de problemas

Problemas	Impacto	Frecuencia	Total	%Valor	%Acumulado
Falta de espacio para almacenar	10	9	90	15%	15%
Pedidos de materia prima llega tarde	10	9	90	15%	31%
Problemas para pronosticar la demanda	10	8	80	14%	45%
Ordenes pendientes	7	9	63	11%	55%
Contaminación de la materia prima/ producto final	10	6	60	10%	66%
Reclamos de campo-fallos en la formula	10	4	40	7%	73%
Falta de materia prima	10	4	40	7%	79%
Elevadores atascados	8	4	32	5%	85%
Falta de limpieza en las tolvas	10	3	30	5%	90%
Problemas de calidad con sus productos	10	3	30	5%	95%
Falta de capacitación- manejo de maquinas	10	2	20	3%	99%
Ruido de los Molinos	4	1	4	1%	99%
Sacos rotos	2	2	4	1%	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura10
Diagrama de Pareto-selección de problemas



Fuente: Elaboración propia

El análisis del diagrama de Pareto **Figura 10** ha permitido evaluar la importancia de cada problema identificado anteriormente. Al enfocarse en problemas clave como la falta de espacio de almacenamiento, los retrasos en la llegada de la materia prima y las dificultades en el pronóstico (que representan el 20% de las causas que generan el 80% de los problemas), se pueden alcanzar los objetivos empresariales y satisfacer las necesidades de los clientes. En este sentido, se propone la creación de un modelo de inventario que permita gestionar y supervisar los niveles de existencias de las materias primas.

3.3.1 Costos derivados por la inapropiada gestión de la materia prima

A continuación, se presentan casos de pérdidas económicas en la empresa relacionadas con las materias primas, provocadas por la escasez de almacenamiento y una proyección deficiente. Según el encargado del área de almacenamiento de materias primas, en el último año la empresa registró incidentes que resultaron en una pérdida monetaria de \$30,200 dólares debido a una gestión inadecuada de las materias primas, como se detalla en la **Tabla 7**

Tabla7
Costos generados por la inadecuada gestión

Fecha	Caso	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Costo generado
13/10/2022	POLLA LEVANTE REPRODUCTORA PESADA	Presencia de sustancia blanca en el producto	200 sacos	\$ 25,00	\$ 5.000,00
15/10/2022	SUPER POLLO ENGORDE DP	Presencia de sustancia blanca en el producto	90 sacos	\$ 30,00	\$ 2.700,00
S.f	Harina galleta	No hubo una revisión del inventario, se tuvo que parar la producción	50 toneladas	\$ 0,45	\$ 22.500,00
Total					\$ 30.200,00

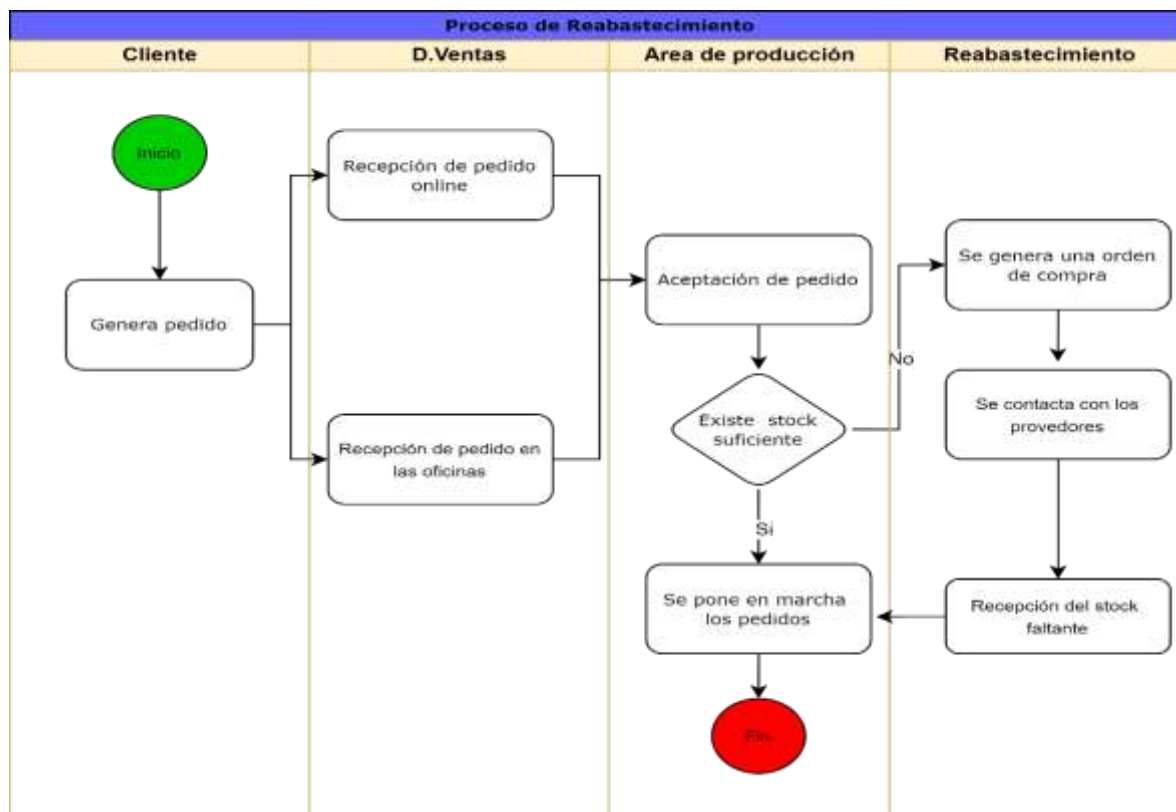
Fuente: Elaboración propia

3.4 Manejo del inventario

El proceso de abastecimiento comienza con la orden del cliente, la cual puede realizarse a través de la página web o en las oficinas. Luego, se lleva a cabo una reunión con el equipo de producción para revisar las órdenes del mes. Se verifica la disponibilidad de materia prima según la cantidad de órdenes; en caso de escasez, se procede a realizar la orden de compra correspondiente de acuerdo con la planificación requerida por el área de producción.

En este análisis, se consideran las siete materias primas que forman parte de los productos destinados a la venta. Por lo tanto, no se incluyen los aditivos ni las fórmulas específicas de cada producto elaborado por la empresa."

Figura11
Proceso de reabastecimiento de la materia prima



Fuente: Elaboración propia

3.4.1 Costos de la materia prima

En la **Tabla 8** se detallan las principales materias primas con sus respectivos costos por kilogramo. No se dispone información acerca de si la empresa cuenta con una codificación establecida para las materias primas. Por consiguiente, en el contexto de este estudio, se ha asignado una codificación específica a cada materia prima, tal y como se observado en la tabla mencionada.

Tabla8*Costos de inventario de materia prima*

SKU	Descripción	Unidad	Precio Unitario
SKU_1	Arroz Cristal	Kg	0,53 ctvs.
SKU_2	Calcio Fino	Kg	0,10 ctvs.
SKU_3	Harina de Arroz	Kg	0,45 ctvs.
SKU_4	Harina Galleta	Kg	0,45 ctvs.
SKU_5	Mogolla de trigo	Kg	0,5 ctvs.
SKU_6	Torta de soya	Kg	0,70 ctvs.
SKU_7	Maíz Ecuatoriano	Kg	0,70 ctvs.

3.5 Organización de la materia prima dentro de la planta

Aunque la empresa no dispone de un espacio específico para el almacenamiento de materia prima, se han asignado áreas para este fin. Las existencias se organizan por familias; sin embargo, no se sigue un procedimiento definido para el almacenamiento. En ocasiones de alta demanda, los materiales se apilan de manera aleatoria, lo que representa un desafío al transportar la materia prima hacia las tolvas y molinos.

Figura 12*Almacenamiento de materias primas por familias*

En resumen, del presente capítulo, el análisis detallado de los procesos de abastecimiento, almacenamiento y gestión de materias primas revela desafíos significativos para la empresa. Aunque se han asignado áreas para el almacenamiento y se han establecido criterios de clasificación, la falta de un procedimiento estructurado ha generado problemas, especialmente en momentos de alta demanda. Las pérdidas económicas asociadas a la gestión inadecuada de las existencias y la carencia de un sistema eficiente para la distribución de materia prima a las áreas de producción han sido evidentes como se muestra en la **Tabla 9**.

Tabla9
Problemas generales dentro de Itacol

N°	Problemas	Descripción
1	Mala gestión de la materia prima	Se encontró una mala proyección al realizar pedidos de materias primas, causando rupturas de stock.
2	Retrasos en los pedidos	Debido a los retrasos en las ordenes de pedidos de materias primas se han parado el proceso de producción de productos en ejecución.
3	Falta de técnicas de almacenamiento	Existen pérdidas económicas por la falta de una buena gestión para almacenar, implicando dejar material fuera de las instalaciones

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV

4. PROPUESTA DEL MODELO DE INVENTARIO

4.1 Desarrollo del modelo de inventario

En este capítulo, se ha desarrollado la propuesta de mejora mediante el empleo de métodos, herramientas y software especializado. El proceso se inició con la adquisición de la base de datos, seguido por la realización de pruebas de estacionalidad y la selección de modelos de pronóstico adecuados.

Además, se utilizaron herramientas para gestionar el almacenamiento de las existencias, clasificándolas por familia y demanda. Finalmente, se elaboraron los modelos de inventario, aplicando modelos heurísticos y económicos basados en su coeficiente de variación. Estos modelos brindaron pautas para una gestión más efectiva del inventario, con el objetivo de prevenir situaciones de falta de stock."

4.2 Base de datos

Para desarrollar el modelo de inventario, se recopilamos datos históricos proporcionados por la empresa, abarcando un período de dos años. Estos datos fueron validados en colaboración con el responsable del almacenamiento de materia prima.

La estructura de los datos es mensual, presentando la cantidad de materia prima requerida durante los años 2021 y 2022, expresada en unidades de toneladas. La información recopilada proviene de registros de pedidos realizados por el área de producción al área de inventario.

Tabla10
Demanda por tonelada año 2021

Artículo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
SKU_1	400	200	160	100	150	200	200	180	180	160	160	200
SKU_2	30	30	25	15	25	30	30	25	25	25	25	30
SKU_3	100	100	80	80	80	100	100	80	80	80	80	100
SKU_4	80	80	50	50	50	80	80	80	50	50	50	80
SKU_5	60	60	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
SKU_6	400	350	200	200	200	400	400	400	200	350	20	400
SKU_7	640	640	640	500	500	640	640	550	550	550	550	640

Fuente: Elaboración propia

Tabla11
Demanda por tonelada año 2022

Artículo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
SKU_1	400	250	170	100	150	200	200	180	180	160	160	200
SKU_2	30	30	20	25	20	30	30	25	25	25	25	30
SKU_3	100	80	100	80	80	100	100	85	80	80	80	100
SKU_4	80	80	60	50	60	80	80	80	50	60	60	80
SKU_5	58	58	58	58	58	60	60	60	60	60	60	60
SKU_6	380	350	200	200	200	40	400	300	300	300	200	400
SKU_7	640	550	500	550	640	640	550	550	550	550	550	640

4.3 Estacionalidad

Después de examinar y verificar la base de datos es crucial conocer el comportamiento que presenta está a lo largo de los dos años con el fin de elegir modelos de pronóstico efectivos.

4.3.1 Código en R

Para conocer la tendencia se realizó un análisis a través de la prueba de estacionalidad a los datos históricos, propuesta por Dickey Fuller, esta se ejecutó en el software R-studio

insertando paquetes de series temporales. A continuación, en la **Figura 13** se presenta el código en R.

Figura13
Código de prueba de estacionalidad en R-Studio

```
library(ggplot2)
library(TSstudio)
library(ggfortify)
library(tseries)
library(astsa)
library(tidyverse)
library(TSstudio)
library(tsfknn)
library(readxl)
library(nnfor)
Datos <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/Base_de_Datos_Jacobo_Villacis.xlsx")
Datos

#convertir la base de datos en serie temporal(ts)
Datosts=ts(Datos$SKU_1,freq=12,start=c(2021,1))
boxplot(Datosts)

#estacionalidad prueba dickey fuller
adf.test(Datosts)

#calculando la estacionalidad
ts_seasonal(Datosts,type="all")

#diferenciaciones
seriedif=diff(Datosts)
seriedif
plot(seriedif)

#seriedif2=diff(Datosts, differences=2)
#seriedif2
#estacionalidad con diferenciaciones
adf.test(seriedif)
```

Fuente: R-Studio

El código utilizado transforma la base de datos en series de tiempo al analizar cada SKU. Según el criterio establecido en el software R, si el valor de probabilidad se sitúa entre el 1% y el 5%, se considera que la demanda es estacionaria. En caso contrario, se concluye que no presenta estacionalidad, es decir, supera los límites de este rango mencionado. Los valores de probabilidad correspondientes a cada SKU se detallan en la **Tabla 12** a continuación

Tabla12*Resultados de prueba de estacionalidad*

Articulo	P valores	Estacionalidad
SKU_1	0,01	SI
SKU_2	0,029	SI
SKU_3	0,01	SI
SKU_4	0,01	SI
SKU_5	0,13	No
SKU_6	0,04	SI
SKU_7	0,01	SI

Fuente: Elaboración propia

Los resultados revelan una tendencia estacional en 6 de los 7 ítems analizados, manteniéndose dentro del rango establecido que los considera estacionarios. Sin embargo, el SKU_5 se excluye de este grupo debido a un valor de probabilidad que excede el rango mencionado anteriormente. Esto se atribuye a la consistencia en la cantidad de mogolla de trigo requerida a lo largo del año, generando pedidos constantes y utilizando su participación completa en la producción.

Para aquellos ítems identificados sin tendencia estacionaria, se procedió a ajustar la serie de tiempo utilizando el método de ajuste por dos diferencias. Este proceso se realizó mediante el software R y se detallan los resultados obtenidos en la **Tabla 13**.

Tabla13*Ajuste de estacionalidad con 2 diferencias*

Articulo	P valores	Estacionalidad
SKU_1	0,01	SI
SKU_2	0,029	SI
SKU_3	0,01	SI
SKU_4	0,01	SI
SKU_5	0,01	SI
SKU_6	0,04	SI
SKU_7	0,01	SI

Fuente: Elaboración propia

4.4 Aplicación de modelos de pronósticos

Los ajustes realizados en la base de datos aumentan la precisión al aplicar los modelos de pronóstico. Los modelos utilizados incluyeron el modelo ARIMA, Redes Neuronales (MLP), el algoritmo de K Nearest Neighbors (KNN) y el método de Holt-Winters. Estos modelos fueron ejecutados en el software R-Studio. Es importante destacar que cada código se sometió a pruebas de estacionalidad y se ajustó individualmente en caso de mostrar una demanda estacionaria.

4.4.1 Modelo de pronóstico-ARIMA

El código del modelo ARIMA incluye paquetes de Forecast utilizados para llevar a cabo los pronósticos. Al ingresar la base de datos y ejecutar el código, se obtuvieron los pronósticos y errores correspondientes a cada una de las materias primas. Estos pronósticos se extendieron para un periodo de 12 meses, tal como se detalla en la **Tabla 14**.

Tabla14
Pronostico Modelo ARIMA

SKU	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
SKU_1	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185
SKU_2	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
SKU_3	90	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
SKU_4	71	68	68	67	67	67	67	67	67	67	67	67
SKU_5	60	60	60	60	59	59	59	59	59	59	59	59
SKU_6	274	283	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282
SKU_7	597	586	584	583	583	583	583	583	583	583	583	583

Fuente: R-Studio

Tabla15
Errores Modelo ARIMA

SKU	RMSE	MAE	MPE	MAPE
SKU_1	77,79993	48,8794	-40,64	55,9
SKU_2	3,848419	3,02989	-28,6	12,9
SKU_3	9,68288	9,48496	-1,23	10,66
SKU_4	13,05648	11,9117	-4,50	19,155
SKU_5	1.808074	1,52397	-0,153	2,66
SKU_6	86,92959	79,8220	-9,724	30,01
SKU_7	48,33004	41,1844	-0,8249	7,15098

Fuente: R-Studio

4.4.2 Modelo de pronóstico -Redes neuronales (MPL)

El siguiente modelo aplicado es el MPL, también conocido como redes neuronales, está conformado por una estructura de nodos o neuronas que reciben datos de entrada y genera datos de salida, el código fue ejecutado en R-Studios, el proceso de funcionamiento es:

1. Convertir la base de datos en una serie temporal
2. Calcula la estacionalidad
3. Pronostica la serie

4. Realización del entrenamiento

5. Gráfico de los resultados

6. Obtención de los Errores del pronostico

El modelo MLP cuenta con un entrenamiento de predicciones con el fin de conseguir un mejor resultado final, haciéndolo mucho más preciso. Se obtuvieron los siguientes pronósticos y errores de la aplicación de este modelo, los cuales se evidencian en la **Tabla 17**.

Tabla16
Aplicación de redes neuronales

SKU	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
SKU_1	400	271	175	101	150	200	200	180	180	160	160	199
SKU_2	27	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
SKU_3	89	78	90	78	89	78	90	78	89	78	89	78
SKU_4	89	85	71	58	71	89	86	85	58	67	69	81
SKU_5	59	61	61	63	63	64	65	66	66	67	68	69
SKU_6	358	331	219	219	219	374	374	287	287	287	219	374
SKU_7	550	482	566	646	640	490	505	592	598	542	574	563

Fuente: R-Studio

Tabla17*Errores redes neuronales*

SKU	RMSE	MAE	MPE	MAPE
SKU_1	1,12	0,43	0,99	0,22
SKU_2	3,72	2,74	0,00	0,01
SKU_3	9,45	9,03	0,00	10,37
SKU_4	0,01	0,01	0,01	0,01
SKU_5	1,71	1,34	0,03	2,37
SKU_6	2,75	2,06	0,67	0,67
SKU_7	17,66	7,30	0,00	1,14

Fuente: R-Studio

4.4.3 K Nearest Neighbors (KNN).

La aplicación del método KNN permite realizar predicciones mediante varios entrenamientos basados en la demanda de periodos anteriores, buscando mejorar la precisión del pronóstico, al igual que el método MLP. Utilizando el software R Studio, se aplicó el modelo de pronóstico KNN, obteniendo resultados que muestran los pronósticos y errores correspondientes en las **Tablas 18 y 19**.

Tabla18*Pronóstico aplicando el Modelo K-Nearest Neighbors*

SKU	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Sept	Oct	Nov	Dic
SKU_1	345	223	144	131	184	211	202	193	184	174	195	320
SKU_2	30	28	22	25	22	30	30	28	23	25	23	30
SKU_3	100	83	91	80	80	100	100	82	90	80	80	100
SKU_4	83	83	58	57	63	82	84	84	59	60	64	84
SKU_5	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
SKU_6	190	355	320	320	250	207	313	181	370	322	280	375
SKU_7	541	515	543	589	587	583	533	535	534	532	576	574

Fuente: R-Studio

Tabla19

Errores del pronóstico aplicando el modelo KNN

SKU	RMSE	MAE	MAPE
SKU_1	125,77	93,22	54,77
SKU_2	4,55	3,44	0,013
SKU_3	10	8,61	0,010
SKU_4	14,30	10,33	0,017
SKU_5	1,70	1,50	0,002
SKU_6	163,30	127,32	0,093
SKU_7	49,47	44,02	0,007

4.4.4 Método de Holt-Winters

Holt-Winters es el último modelo de pronóstico aplicado, el uso de este es ideal en datos que muestran estacionalidad, se ejecutó el código en el software R-Studio usando la script ilustrada en la **Figura14**,

Figura14

Código del modelo de pronóstico Holt Winters

```
library(readxl)
library(forecast)

data <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/Base_de_Datos_Jacobo_villacis.xlsx")
data

par(mfrow=c(3, 1))
data.ts <- ts(data$SKU_7, start = c(2021, 1), frequency = 12)
plot(data.ts, main= "Gráfica 2", ylim = c(0, max(data.ts)))
par(mfrow=c(1,1))
fithw <- Holtwinters(data.ts, seasonal = "multiplicative")
plot(fithw)

par(mfrow=c(1,1))
fithw <- Holtwinters(data.ts, seasonal = "multiplicative")
plot(fithw)

pred=predict(fithw, 12, prediction.interval = TRUE)
plot(pred)
summary(forecast(fithw,h=h))
|
```

Fuente: R-Studio

Al igual que en los modelos anteriores es posible apreciar los pronósticos arrojados por el software en la **Tabla 20** y sus respectivos de errores en la **Tabla21**.

Tabla20
Pronóstico método Holt-Winters

SKU	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep.	Oct	Nov	Dic
SKU_1	430	269	184	108	163	210	224	200	198	177	177	41
SKU_2	30	30	20	25	20	30	30	25	25	25	25	30
SKU_3	101	81	101	81	81	101	101	82	82	81	81	102
SKU_4	101	81	101	81	81	101	101	82	82	81	81	102
SKU_5	62	59	57	57	57	62	60	60	60	57	57	60
SKU_6	373	347	198	196	197	394	387	378	204	334	193	385
SKU_7	622	538	491	539	624	623	599	567	564	489	526	606

Tabla21
Errores del pronóstico-Método Holt Winters

SKU	RMSE	MAE	MAPE
SKU_1	2,5	1,14	0,6
SKU_2	0,08	0,039	-3,57
SKU_3	1,298	0,83	0,45
SKU_4	3,91	3,1	2,19
SKU_5	1,06	0,66	18
SKU_6	42,57	22,36	7,4
SKU_7	29,93	19,81	3,54

4.4.5 Selección de los modelos de pronóstico

Para determinar el modelo de pronóstico óptimo, se llevó a cabo una evaluación comparativa en función de los errores asociados a cada modelo ejecutado, en la siguiente **Tabla22** se puede observar los errores de los modelos aplicados ARIMA, MPL, KNN y HOLT WINTERS.

Tabla22*Comparación de errores de los modelos de pronóstico*

SKU	ARIMA(RMSE)	MPL(RMSE)	KNN(RMSE)	HOLT-WINTERS(RMSE)
SKU_1	1,12	0,43	0,99	0,22
SKU_2	3,848419	3,720015	4,55514022	0,08
SKU_3	9,68288	9,448193	10,0056259	1,298
SKU_4	13,05648	0,011	14,3056091	3,91
SKU_5	0,562785	1,71	1,70496546	1,06
SKU_6	112,0507	2,75	163,039691	42,57
SKU_7	50,43718	17,66	49,4779029	29,93

Fuente: R-Studio

Tras recopilar todos los errores, se seleccionó un modelo específico para cada SKU basándose en el menor error registrado. Los resultados indican que, para los SKU 1, 2 y 3, el método más preciso para el pronóstico es Holt-Winters; para los SKU 4, 6 y 7, se recomienda el uso del modelo MLP. Finalmente, el SKU restante debería emplear el modelo ARIMA. Para facilitar la comprensión, se presenta la **Tabla 23**, que clasifica los errores y los modelos correspondientes a aplicar para cada SKU.

Tabla23*Modelos de pronóstico para cada SKU*

SKU	Menor error	Modelo
SKU_1	0,22	HOLT-WINTERS
SKU_2	0,08	HOLT-WINTERS
SKU_3	1,298	HOLT-WINTERS
SKU_4	0,11	MPL
SKU_5	0,56	ARIMAR
SKU_6	2,75	MPL
SKU_7	17,66	MPL

Fuente: Autor

4.5 Aplicación del coeficiente de variación

Antes de desarrollar los modelos de inventario, se consideró el coeficiente de variación (CV) con el propósito de seleccionar el modelo de inventario más adecuado para cada SKU en nuestra base de datos. El criterio de selección establecido en el software es el siguiente: 'Si el CV es mayor a 0,20, se considera la aplicación del modelo Heurístico; de lo contrario, se aplicarán los modelos Clásicos'. A continuación, se muestra la ejecución de la prueba del coeficiente de variación, y se presenta el código ejecutado en la **Figura 15**.

Figura15

Código del coeficiente de Variación-SKU-6

```
library(readxl)
library(readxl)
Datos <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/Base_de_Datos_Jacobo_Villacis.xlsx")
Datos

CV <- sd(Datos$SKU_6)/mean(Datos$SKU_5)
CV
if(CV>0.20) {
  print("Heurístico")
} else {
  print("Clásico")
}
```

Tabla24

Aplicación del coeficiente de variación

SKU	Coefficiente de variación	Modelo
SKU_1	0,42	Heurístico
SKU_2	0,15	Clásico
SKU_3	0,11	Clásico
SKU_4	0,15	Heurístico
SKU_5	0,016	Clásico
SKU_6	0,4	Heurístico
SKU_7	0,09	Clásico

Fuente: R-Studio

Los SKU_1, SKU_4 y SKU_6 se consideran Heurístico, ya que su coeficiente es mayor al 0,20. Para los SKU_2, SKU_3, SKU_5 Y SKU_7 se obtuvo un coeficiente menor a 0,20 por lo tanto el modelo a aplicar es el clásico como se muestran a en **Tabla 24**.

4.6 Costos de inventario en la empresa Itacol

El valor del inventario de materia prima en Itacol se clasifica en costos por ordenar (S) y costos por mantener (H). Los costos por ordenar engloban todos los trámites asociados con la realización de un pedido, como los costos administrativos, de transporte y servicios relacionados, como internet o llamadas telefónicas. Por otro lado, el costo por mantener representa aproximadamente el 4% del costo por ordenar. Esta cifra requiere una investigación más detallada en relación con los costos.

Tabla25
Costo por ordenar de los SKU

Denominación	Costos administrativos	Servicios	Costo de transporte por tonelada	Costos por ordenar
SKU_1	\$ 3,15	\$1,50	\$15,00	\$ 3.497,70
SKU_2	\$ 3,15	\$1,50	\$15,00	\$ 510,90
SKU_3	\$3,15	\$1,50	\$15,00	\$ 1.748,85
SKU_4	\$ 3,15	\$1,50	\$15,00	\$ 1.316,55
SKU_5	\$ 3,15	\$1,50	\$15,00	\$ 1.159,35
SKU_6	\$3,15	\$1,50	\$15,00	\$ 16.576,00
SKU_7	\$ 3,15	\$1,50	\$15,00	\$ 6.576,92

Fuente: Autor

Tabla26*Costos por mantener el inventario de cada SKU*

Denominación	Descripción	Costo por mantener
SKU_1	Arroz Cristal	\$ 21,20
SKU_2	Calcio Fino	\$ 4,00
SKU_3	Harina de Arroz	\$ 18,00
SKU_4	Harina Galleta	\$ 18,00
SKU_5	Mogolla de trigo	\$ 20,00
SKU_6	Torta de soya	\$ 28,00
SKU_7	Maíz Ecuatoriano	\$ 28,00

Fuente: Autor

4.7 Organización de los espacios para el almacenamiento

Debido a la ausencia de bodegas de almacenamiento en la planta, se utiliza un enfoque alternativo donde se destinan espacios dentro de la misma instalación para el almacenamiento. Para realizar un mejor uso de estos espacios y realizar los transportes de las materias primas con mayor agilidad, se propone implementar la metodología de clasificación ABC con el objetivo de mejorar la gestión de la materia prima.

Esta estrategia permitirá aumentar la eficiencia en el transporte de la materia prima hacia las tolvas y los molinos. Para determinar la ubicación de cada SKU, se tomará en consideración la participación diaria de cada materia prima.

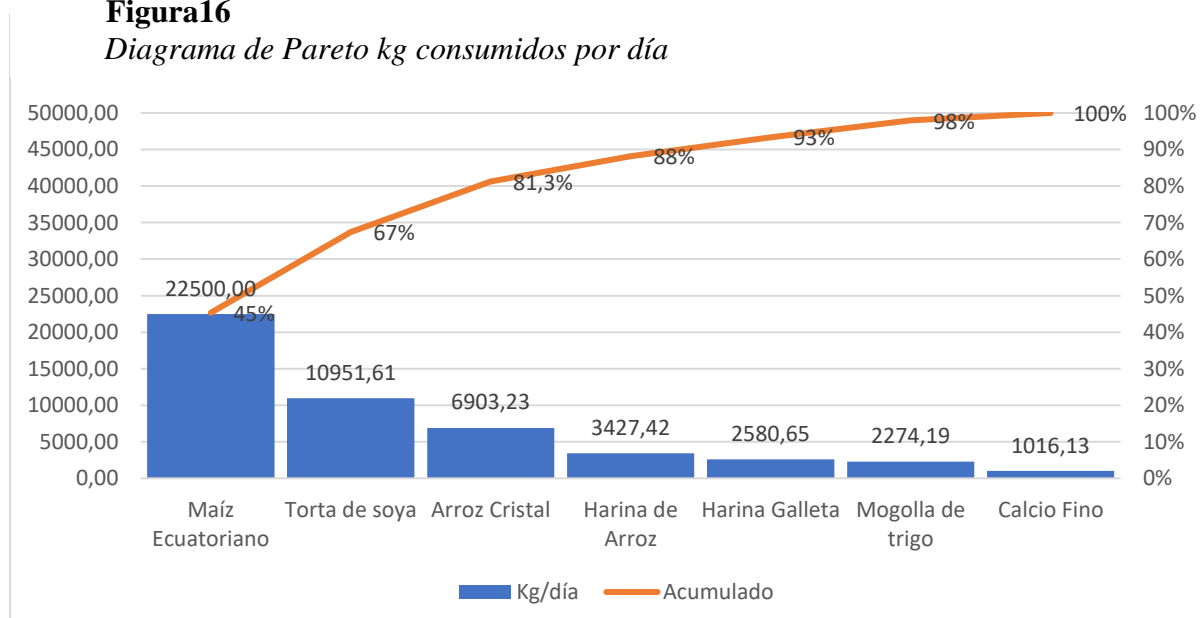
Tabla27
Clasificación ABC conforme a su participación diaria

Material	Kg/día	Participación	Acumulado	Clasificación
Maíz Ecuatoriano	22500,00	45%	45%	A
Torta de soya	10951,61	22%	67%	
Arroz Cristal	6903,23	14%	81%	B
Harina de Arroz	3427,42	7%	88%	
Harina Galleta	2580,65	5%	93%	C
Mogolla de trigo	2274,19	5%	98%	
Calcio Fino	1016,13	2%	100%	

Fuente: Autor

La tabla muestra la clasificación de las materias primas según su participación diaria, resaltando el maíz y la torta de soya como los de mayor tasa de participación. En la categoría B, se encuentran el arroz cristal y la harina de arroz, que representan el 14% y el 7%, respectivamente, del consumo diario. Por último, en la categoría C se ubican materiales con menor participación, como la harina galleta, la mogolla de trigo y el calcio fino.

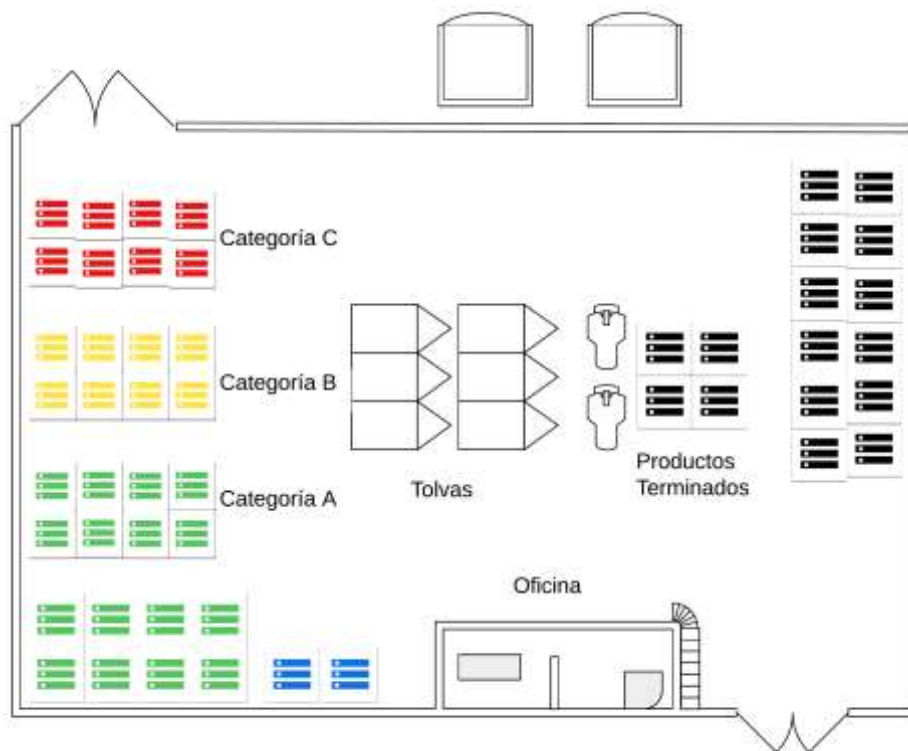
Figura16
Diagrama de Pareto kg consumidos por día



Una vez completada la clasificación, se procederá a la distribución dentro del almacén. Los productos de categoría A se identificarán con el color verde, los de categoría B con el color amarillo y los de categoría C con el color rojo. Esta estrategia optimizará la utilización de los espacios designados, manteniendo la agrupación por familias como se ha estado haciendo, pero ahora complementada con la distribución ABC.

Esta última nos permitirá organizar las familias según su prioridad de uso, como se visualiza en la **Figura 17**. Esto posibilitará un acceso más ágil para los montacargas al realizar cargas y evitará trayectos extensos dentro de la planta.

Figura17
Propuesta de almacenamiento de cada SKU



Fuente: Itacol

4.8 Desarrollo de los Modelos de inventarios

4.8.1 Aplicación del Modelo Silver Meal

Para el desarrollo de los modelos heurísticos, se utilizó la demanda pronosticada conjuntamente con los costos de cada SKU, en la **Tabla 28** se observar de forma más detallada los SKU validados como heurísticos y sus respectivos costos de mantener y ordenar.

Tabla28

SKU con índice de variación heurístico

SKU		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
SKU_1	D	430	251	171	101	151	202	207	185	183	162	163	204
	S	\$3.497,70											
	H	\$21,20											
SKU_4	D	89	85	71	58	71	89	86	85	58	67	69	81
	S	\$1.316,55											
	H	\$18,00											
SKU_6	D	358	331	219	219	219	374	374	287	287	287	219	374
	S	\$5.560,95											
	H	\$28,00											

Para una mejor comprensión de la aplicación del modelo Silver Meal, utilizaremos el SKU_1 como ejemplo. El procedimiento se fundamenta en la multiplicación de los costos de mantenimiento por la demanda en el periodo correspondiente. Si el costo del inventario supera el promedio de costos del periodo anterior, el proceso se detiene y se reinicia. Este modelo nos permite optimizar la reducción de pedidos a lo largo del año.

Tabla29
Aplicación del método Silver Meal para el SKU-1

\$ 21,40		H			SKU1		
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	430	\$34970,00			\$34970	\$34970	\$34970
2	251		\$ 5.371,40		\$ 5.371,40	\$ 40.341,40	\$ 20.170,70
\$ 21,40		H			SKU1		
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	251	\$34970,00			\$3497,70	\$3497,7	\$ 3.497,70
2	171		\$ 5.371,40		\$ 5.371,40	\$ 8.869,10	\$ 4.434,55
\$ 21,40		H			SKU1		
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	171	\$34970,00			\$3497,70	\$3497,7	\$ 3.497,70
2	101		\$ 3.659,40		\$ 3.659,40	\$ 7.157,10	\$ 3.578,55
\$ 21,40		H			SKU1		
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	101	34970,00			3497,70	3497,70	\$ 3.497,70
2	151		\$ 3.231,40		\$ 3.231,40	\$ 6.729,10	\$ 3.364,55
3	202			\$4.322,80	\$4.322,80	\$ 11.051,90	\$ 3.683,97
\$ 21,40		H			SKU1		
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	202	34970,00			3497,70	\$ 3.497,70	\$ 3.497,70
2	207		\$ 4.429,80		\$ 4.429,80	\$ 7.927,50	\$ 3.963,75
3	185						
\$ 21,40		H			SKU1		
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	207	34970,00			3497,70	\$ 3.497,70	\$ 3.497,70
2	185		\$3.959,00		\$3.959,00	\$7.456,70	\$3.728,35
\$ 21,40		H			SKU1		
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	185	34970,00			3497,70	\$ 3.497,70	\$ 3.497,70
2	183		\$3.916,20		\$3.916,20	\$7.413,90	\$3.706,95
\$ 21,40		H			SKU1		
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	183	3497,70			3497,70	\$ 3.497,70	\$ 3.497,70
2	163		\$3.488,20		\$3.488,20	\$6.985,90	\$3.492,95
3	163			\$6.976,40	\$6.976,40	\$13.962,30	\$4.654,10

\$ 21,40		H			SKU1		
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	163	3497,70			3497,70	\$ 3.497,70	\$ 3.497,70
2	204		\$4.365,60		\$4.365,60	\$7.863,30	\$3.931,65

Al finalizar la aplicación del método Silver Meal, se determinan los meses óptimos para realizar los pedidos, la cantidad necesaria y el costo total asociado. Una característica destacada de este método es su capacidad para reducir los costos totales al disminuir significativamente la cantidad de pedidos. En la Tabla 30 se presenta la planificación correspondiente al SKU_1, donde se evidencia una reducción considerable en los pedidos, limitándolos a un total de 9 a lo largo del año, generando un ahorro económico de \$38,177.50.

Tabla30
Planificación del SKU_1

Meses	Requerimientos	Cantidad orden	Inventario final	Costo mtto	Costo de preparación	Costo total acumulado
1	430	430	0	\$	\$ 3.497,70	\$ 3.497,70
2	251	251	0	\$	\$ 3.497,70	\$ 6.995,40
3	171	171	0	\$	\$ 3.497,70	\$ 10.493,10
4	101	252	151	\$ 3.231,40	\$ 3.497,70	\$ 17.222,20
5	151		0	\$		\$ -
6	202	202	0	\$	\$ 3.497,70	\$ 20.719,90
7	207	207	0	\$	\$ 3.497,70	\$ 24.217,60
8	185	185	0	\$	\$ 3.497,70	\$ 27.715,30
9	183	345	162	\$ 3.466,80	\$ 3.497,70	\$ 31.182,10
10	162		0	\$		\$ -
11	163	163	0	\$	\$ 3.497,70	\$ 34.679,80
12	204	204	0	\$	\$ 3.497,70	\$ 38.177,50
TOTAL						\$ 38.177,50

4.8.2 Aplicación del algoritmo de Wagner Whitin

Para la aplicación del algoritmo de Wagner Whitin, se hizo uso del software R-Studios en donde se empleo la demanda mensual de cada periodo, los costos por ordenar y costos por mantener agregados en forma de variables. Es importante contar con la librería (SCperf) la cual tiene como funcion planificar y gestionar inventarios en la cadena de suministro.

Código

En la **Figura 18** se detalla la composición del código en donde se encuentran las variables definidas como:

D: Demanda correspondiente al SKU_1

S: Costo por ordenar

H: Costo por mantener

Figura18

Código del algoritmo Wagner Whitin-SKU_1

```
1 library(SCperf)
2 # sku_1
3 D<-c(430,251,171,101,151,202,207,185,183,162,163,204)
4 S<-3497.70
5 H<-21.20
6 WW(D,S,H,method =c("forward"))
7
8
9
```

El resultado de la ejecución del algoritmo de Wagner en el SKU_1 arrojó un costo total de \$40.522,6 la información detallada se encuentra detallada en la **Figura19**.

Figura19
Costo total algoritmo

```
Call:
  WW.default(D, S, H, method = c("forward"))

TVC:
[1] 40552.6

Solution:
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
[1,] 3497.7 NA NA NA NA NA NA NA NA
[2,] 8818.9 6995.4 NA NA NA NA NA NA NA
[3,] 16069.3 10620.6 10493.1 NA NA NA NA NA NA
[4,] 22492.9 14903.0 12634.3 13990.8 NA NA NA NA NA
[5,] 35297.7 24506.6 19036.7 17192.0 16132.0 NA NA NA NA
[6,] 56709.7 41636.2 31883.9 25756.8 20414.4 19629.7 NA NA NA
[7,] 83040.1 63578.2 49437.5 38922.0 29191.2 24018.1 23127.4 NA NA
[8,] 110494.1 87110.2 69047.5 54610.0 40957.2 31862.1 27049.4 26625.1 NA
[9,] 141530.9 114267.4 92325.1 74008.0 56475.6 43500.9 34808.6 30504.7 30122.8
[10,] 172440.5 141742.6 116365.9 94614.4 73647.6 57238.5 45111.8 37373.5 33557.2
[11,] 206996.5 172843.0 144010.7 118803.6 94381.2 74516.5 58934.2 47740.3 40468.4
[12,] 254569.3 216091.0 182933.9 153402.0 124654.8 100465.3 80558.2 65039.5 53442.8
      [,11] [,12]
[1,] NA NA
[2,] NA NA
[3,] NA NA
[4,] NA NA
[5,] NA NA
[6,] NA NA
[7,] NA NA
[8,] NA NA
[9,] NA NA
[10,] NA NA
[11,] 37054.9 NA
[12,] 41379.7 40552.6
```

4.8.3 Aplicación del modelo EOQ

Para el desarrollo de los modelos clásicos, se disponía de la demanda anual y sus respectivos costos. Es importante destacar que la empresa no cuenta con un inventario de seguridad, por lo que el modelo se desarrolló prescindiendo del porcentaje del inventario de seguridad

Tabla31
Requerimientos modelo EOQ

SKU	Q (Cantidad Optima)	Punto de Orden	Ordenes al año	Costo total
SKU2	82	3	4	\$35.414,41
SKU3	132	10	8	\$512.183,30
SKU5	86	9	9	\$406.780,21
SKU7	816	66	11	\$5.196.425,02

De acuerdo con el modelo EOQ, para el SKU_1 se obtuvo una cantidad óptima (Q) de 82 toneladas. El punto de reorden se establecerá cuando las existencias alcancen las 3 toneladas, y se proyectan 4 órdenes a lo largo de los 12 periodos, con un costo total de \$35,414.10.

En el caso del SKU_3, la cantidad óptima es de 132 toneladas, con un punto de reorden de 10 toneladas. Se prevén 8 órdenes en los 12 periodos, generando un costo total de \$512,183.30. Una particularidad del modelo radica en la relación entre la cantidad requerida de un artículo y el número de órdenes.

Por ejemplo, para SKU_5 y SKU_7, se proyectan 9 y 11 órdenes anuales, respectivamente, con costos totales de \$406,780.21 y \$5,196,425.02, debido a sus mayores requerimientos.

4.9 Selección de Modelos Heurísticos

El modelo se seleccionó de acuerdo al que tenga un mayor ahorro en los costos totales, a continuación, se mostrará las comparaciones realizadas entre los modelos Silver Meal y Wagner Whitin.

Tabla32
Comparación de modelos Heurísticos

SKU	SKU_1	SKU_4	SKU_6	Total	Ahorro
Silver Meal	\$ 38.177,30	\$ 16.675,62	\$167.883,48	\$222.736,60	46%
Wagner Whitin	\$ 40.552,60	\$ 15.165,43	\$151.760,00	\$202.895,95	49%

El modelo de optimización propuesto por Wagner-Whitin resulta en una menor suma total de costos en comparación con la otra alternativa general. No obstante, al analizar específicamente el SKU1, se puede identificar que el modelo Silver-Meal muestra un costo total más bajo en términos de ordenar y mantener este artículo en particular. Sin embargo, al considerar los demás SKU, se logra obtener un ahorro económico global superior al emplear

el modelo de Wagner-Whitin. En consecuencia, el modelo Wagner-Whitin se destaca como la opción más adecuada y beneficiosa para la empresa, ya que se ajusta de manera óptima a las necesidades generales, permitiendo alcanzar un mayor ahorro económico.

4.10 Políticas de inventarios

4.10.1 Stock de seguridad

Con el fin de prevenir un quiebre de inventario, se procedió al cálculo del stock de seguridad. Esta medida busca evitar agotamientos inesperados debido a incertidumbres en la demanda o demoras imprevistas en la reposición de las materias primas. A continuación, se detalla el nivel adicional de stock que se debería mantener por encima del inventario esperado.

Tabla33

Stock de seguridad para todos los SKU

Código	Entrega Mx	Entrega Min	Demanda media	Stock de seguridad
SKU_1	5	3	6,90	14
SKU_2	5	3	1,02	2
SKU_3	5	3	3,43	7
SKU_4	5	3	2,58	5
SKU_5	5	3	2,27	5
SKU_6	5	3	10,95	22
SKU_7	5	3	22,50	45

En la **tabla 33** se muestra el valor del inventario de seguridad correspondiente a cada SKU. Tomando el caso específico del SKU_1 como ejemplificación, se establece que el inventario extra es de 14 toneladas aparte del inventario habitual.

4.10.2 Puntos de Reorden

El punto de reorden es el mínimo de existencias que se debería tener de inventario, este nos informa el nivel stock en el cual se debería realizar el proceso de abastecimiento. A continuación, se presenta el punto de reorden realizado para los SKU aplicados los modelos heurísticos y el punto de reorden realizados al aplicar los modelos EOQ.

Tabla34*Punto de reorden modelo heurístico*

Código	Plazo de entrega	Consumo Diario	Reorden (Ton)
SKU_1	3	7	21
SKU_4	3	3	9
SKU_6	3	10	30

La **Tabla 34** detalla el nivel mínimo de inventario recomendado para mantener, y para ilustrar, se toma como ejemplo el SKU_6, el cual muestra un nivel de inventario de 30 toneladas. Por consiguiente, el departamento encargado de la gestión de la materia prima debe estar atento para realizar un nuevo pedido cuando el inventario alcance las 30 toneladas, teniendo en cuenta el tiempo necesario para recibir el pedido.

El modelo EOQ permite conocer el punto de reorden para las existencias restantes. Se muestra los puntos de reorden en la **Tabla 35**

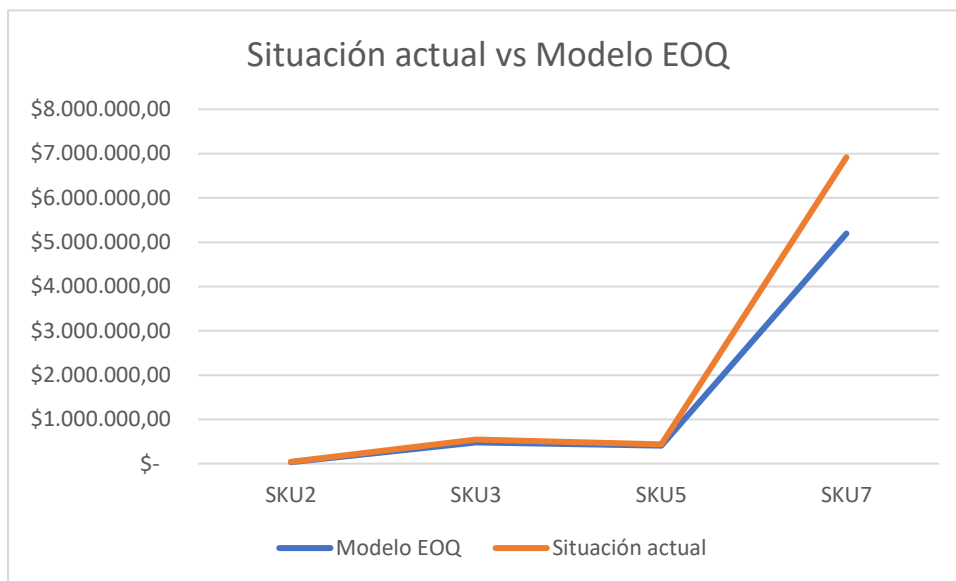
Tabla35*Punto de reorden Modelo EOQ*

Código	Reorden (Ton)
SKU_2	3
SKU_3	12
SKU_5	9
SKU_7	66

4.11 Comparación de resultados de los modelos de inventarios

4.11.1 Comparación de costos aplicando el modelo EOQ vs la situación actual.

En la **Figura 20**, se observa la comparación entre los costó anuales generados por los SKU 2, SKU3, SKU5, SKU7 sin la aplicación de un modelo de inventario y con la aplicación del modelo EOQ.

Figura20*Comparación del modelo EOQ vs la situación actual***Tabla36***Comparación de la aplicación del modelo EOQ vs la situación actual*

	SKU_2	SKU_3	SKU_5	SKU_7	Total	Porcentaje
Modelo EOQ	\$ 34.163,10	\$480.270,05	\$ 406.780,21	\$5.196.425,02	\$6.150.802,63	
Situación actual	\$ 42.669,02	\$544.126,33	\$435.757,68	\$6.915.187,84	\$7.937.740,87	23%
Ahorro					\$1.786.938,24	

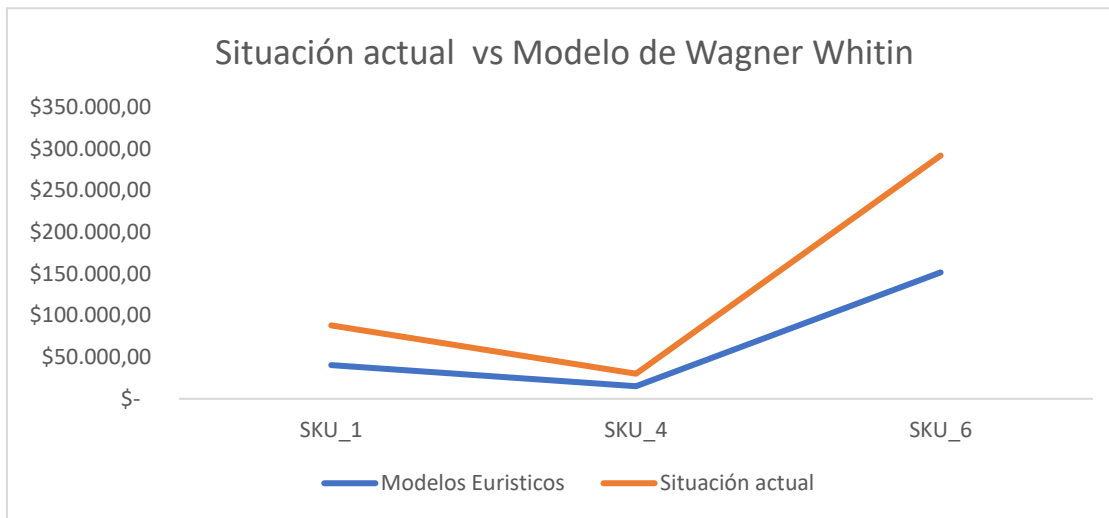
Una vez desarrollado el modelo EOQ, se logra un ahorro de \$1,786,938.24, como se detalla en la Tabla 36. Este ahorro representa el 23% del costo total sin la aplicación del modelo de inventario. Estos ahorros se derivan de las cantidades solicitadas para diferentes períodos del año, siendo más notables en los SKU_2, SKU_3 y SKU_5, donde se reducen las órdenes de pedido. Además, el modelo propone un punto de reorden cuando el nivel de stock alcanza un valor predefinido, lo que contribuye a prevenir rupturas de stock mediante revisiones periódicas en los almacenes.

4.11.2 Comparación de costos aplicando el modelo Wagner Whitin vs la situación actual.

Una vez seleccionado el modelo adecuado para los SKU con una variabilidad Heurística, se procedió a realizar una comparación entre los costos actuales y los costos aplicando el modelo de inventario Wagner Whitin.

Figura21

Comparación de costos del modelo Wagner Whitin vs Situación actual sin modelo



En la **Figura 21**, los costos asociados con la situación actual se muestran en color naranja, indicando una mayor magnitud en comparación con los costos generados al emplear un modelo de inventario. Esta diferencia en los costos puede atribuirse a la metodología utilizada para realizar los pedidos y a las variaciones en las cantidades requeridas en diferentes periodos

Tabla37

Ahorros existentes entre modelo Wagner Whitin vs situación actual

	SKU_1	SKU_4	SKU_6	Total	Ahorro
Wagner Whitin	\$ 40.510,50	\$15.165,43	\$151.760,00	\$207.478,03	49%
Costo Actual	\$88.278,61	\$30.125,37	\$291.970,00	\$410.373,98	
Ahorro				\$202.895,95	

Se obtuvo un ahorro de \$202.895,95 dólares al año a través de la aplicación de los modelos Heurísticos, lo cual representa el 49% del costo generado sin la aplicación del modelo.

Por lo tanto, la aplicación de los modelos de inventarios permite obtener un ahorro económico en la empresa, también ayuda a definir los puntos de reorden a fin de evitar los quiebres de stock. La empresa tendrá beneficios si puede adaptar los modelos de gestión planteados, así cumpliendo con satisfacción lo requerido por sus clientes.

5. CONCLUSIONES

- Se logró recolectar fuentes bibliográficas, las cuales desempeñaron un papel fundamental al proporcionar una orientación para establecer los pasos necesarios en el desarrollo del modelo de inventario.
- Al realizar el análisis de la situación actual se identificó problemas en la gestión mediante la aplicación del diagrama de Pareto, en donde se evidencia que el 20% de los factores críticos, tales como la carencia de una metodología efectiva para pronosticar, limitaciones en la gestión del espacio de almacenamiento y retrasos en los pedidos, son responsables del 80% de los desafíos enfrentados, esto demuestra la necesidad del desarrollo de un modelo de gestión de inventarios que permita optimizar el funcionamiento interno de la empresa para lograr sus objetivos.
- Se identificó los modelos de pronósticos con menor error para cada SKU, para el SKU5 el modelo ARIMA, para los SKU4, SKU6 y SKU 7 el modelo MPL y para los SKU1, SKU2 Y SKU3 el modelo Holt Winters; así como también se aplicó los modelos heurísticos para los SKU 1, SKU4 y SKU 6 y para los SKU2, SKU3, SKU5 y SKU7 el modelo económico en base al coeficiente de variación.
- El modelo desarrollado revela un ahorro del 49%, equivalente a \$202.895,95 dólares para los SKU heurísticos, y un 23%, equivalente a \$1,786.938,29 dólares con la aplicación de modelos clásicos. Estos resultados destacan la importancia de un modelo de gestión el cual entrega beneficios sustanciales en términos de eficiencia y reducción de costos."

6. RECOMENDACIONES

- Invertir en capacitación y herramientas de análisis para mejorar la precisión en los pronósticos, esto con el fin de garantizar pronósticos más precisos para evitar un inventario excedente o inventario faltante.
- Es recomendable tomar en consideración la adopción de modelos de gestión de inventarios no solo para las materias primas sino también en los productos terminados así se optimizaría los espacios dentro de la planta.
- Se recomienda establecer un inventario de seguridad basado en la demanda y el tiempo de entrega manteniendo un costo balanceado del inventario adicional con el fin de evitar inventario faltante.
- Se recomienda aplicar la clasificación ABC para las existencias y los productos terminados, esto permitirá optimizar el uso de los espacios designados para el almacenamiento, dando por prioridad a los productos de mayor rotación, asignándoles espacios estratégicos de acuerdo a su categoría A, B y C.

7. Bibliografía

- Allen Collier, D., & R. Evans, J. (2019). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES*. Toluca: Cengage Learning.
- Baque Cantos, M. A., Cedeño Chenche, B. S., Chele Chele , J. E., & Gaona-Obando, V. B. (2020). Fracaso de las pymes: Factores desencadenantes, Ecuador 2020. *Fracaso de las pymes: Factores desencadenantes, Ecuador 2020*, 5(4), 24. <https://doi.org/https://doi.org/10.23857/fipcaec.v5i4.293>
- Camacho Zapata, A. S., RíosBaldovino, J. P., Mojica Herazo, J., & Rojas Millán, R. (2020). Importancia de la gestión de inventario en empresa de Manufacura. *Importance of inventory management inManufacturing Company*, 2(2), 6. <https://doi.org/10.17981/bilo.2.2.2020.05>
- Garrido Bayas, I. Y., & Cejas Martínez , M. (2017). LA GESTIÓN DE INVENTARIO COMO FACTOR ESTRATÉGICO EN LA ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS. *Negotium*, 13(37), 22. <https://doi.org/ISSN: 1856-1810>
- HEIZER, J., & RENDER, B. (2009). *Principios de la Administración de Operaciones* (Vol. Séptima edición). PEARSON EDUCACIÓN. <https://doi.org/SBN: 978-607-442-099-9>
- Makridakis, S., C, S. W., & Hyndman, R. J. (2020). *Forecasting: Methods and Applications*. Wiley. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119543569>.
- Torres Muñoz, A., Domínguez Bocanegra,, A. R., & Domínguez Bocanegra, G. (2016). *Didáctica y aplicación de la administración de operaciones: contaduría y administración*. Instituto Mexicano de Contadores Públicos. <https://doi.org/https://elibro.net/es/ereader/utnorte/116377?page=381>. Consultado en: 10 May 2023

- Álvarez Pareja, L. F. (2020). *Gestión de inventarios cartilla para el aula*. Corporación Universita Minuto de Dios. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/198393?page=35>
- Arenal Laza, C. (2022). *Clasificación según la Demanda*. Editorial Tutor Formación. . <https://doi.org/https://elibro.net/es/ereader/utnorte/223217>
- Bronson, R. (1993). *Investigación de operaciones*. McGrawHill.
- Carro Paz, R., & Gonzales Gómez, D. (s.f.). Gestión de Stocks. En R. Carro Paz, & D. Gonzales Gómez, *Gestión de Stocks* (pág. 35). Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Caurin, J. (28 de Marzo de 2017). *Tipos de inventarios:Emprende Pyme*. Emprende Pyme: <https://emprendepyme.net/tipos-de-inventarios.html>
- CEPAL, N. (2021). Sectores y empresas frente al COVID-19. *Emergencia y reactivación, I*(1), 24.
- Cruz Fernandez, A. (2017). *Gestión de inventarios. UF0476*. Antaquera, Málaga, España: IC Editorial. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/59186?page=14>
- Editorial Etecé. (1 de Octubre de 2020). *Concepto*. Concepto: <https://concepto.de/inventario/#ixzz8J6d85Yp0>
- F, R. J., & B, R. C. (2014). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES; Producción y cadena de suministro*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. <https://doi.org/978-607-15-1004-4>
- Gómez Gómez, I., & Brito Aguilar, J. G. (2020). Administración de Operaciones. En I. Gómez Gómez, & J. G. Brito Aguilar, *Administración de Operaciones* (pág. 193). Universidad Internacional del Ecuador.
- GUTIÉRREZ, A. F. (2016). *Métodos de pronósticos para negocios*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. <https://doi.org/http://prod77ms.itesm.mx/podcast/EDTM/P007.pdf>

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. <https://doi.org/78-1-4562-2396-0>
- Hubspot. (25 de abril de 2023). *Que es un inventario: concepto, tipos y ejemplos*. Que es un inventario: concepto, tipos y ejemplos: <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-inventario>
- Izar, J. M., & Méndez, H. (2013). Estudio comparativo de la aplicación de 6 modelos de inventarios para decidir la cantidad y el punto de reorden de un artículo. *Estudio comparativo de la aplicación de 6 modelos de inventarios para decidir la cantidad y el punto de reorden de un artículo*, 1(1), 16. <https://doi.org/ISSN 1859-0870>
- Johnson, P. F., Leenders, M. R., & Flynn, A. E. (2012). *Administración de compras*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. <https://doi.org/978-607-15-0758-7>
- Kaplan, R. S. (2016). *Contabilidad de costos: Principios y aplicaciones*. Editorial Alpha.
- Lawrence J, G., & Chad J, Z. (2012). *Administracion financiera*. 978-607-32-0983-0. <https://doi.org/978-607-32-0983-0>
- Laza, C. A. (2020). *Gestión de Inventarios: UF0476*. Tutor Formación.
- Llamas, J. (2020 de Junio de 2020). *Economipedia*. Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/inventario-final.html>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo . (2017). *PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR. PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR*: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>
- Sipper, D., & Buldin, R. (1998). *Planeación y Control de la Producción*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. <https://doi.org/ISBN 970-10-1944-X>

Universidad Andina Simón Bolívar. (2021). Observatorio de la PyME. *Novedades PyME No. 510, 1(503)*, 3.

Vidal Holguín, C. (2020). *Fundamento de Control y Gestion de Investarios*. Programa Editorial Universidad del Valle.
<https://doi.org/https://elibro.net/es/ereader/utnorte/128995?page=175>

8. ANEXOS

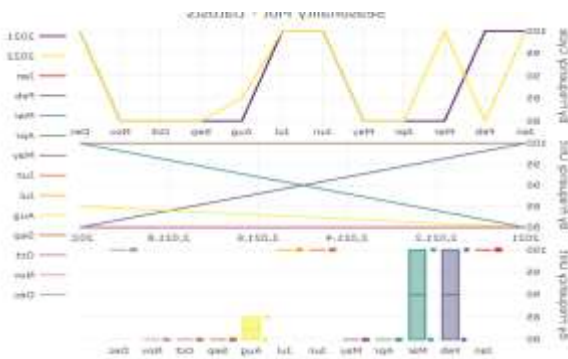
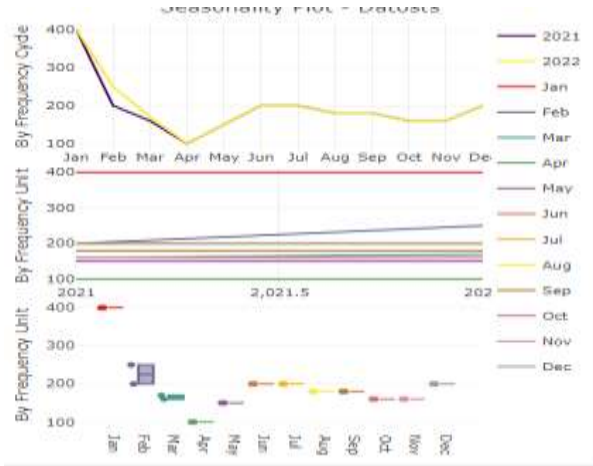
ANEXO I

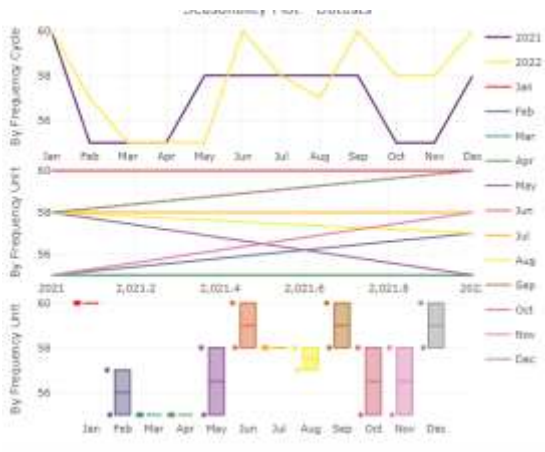
Datos históricos

	SKU_1	SKU_2	SKU_3	SKU_4	SKU_5	SKU_6	SKU_7
Enero	400	30	100	80	60	400	640
Febrero	200	30	100	80	60	350	640
Marzo	160	25	80	50	58	200	640
Abril	100	15	80	50	58	200	500
Mayo	150	25	80	50	58	200	500
Junio	200	30	100	80	58	400	640
Julio	200	30	100	80	58	400	640
Agosto	180	25	80	80	58	400	550
Septiembre	180	25	80	50	58	200	550
Octubre	160	25	80	50	58	350	550
Noviembre	160	25	80	50	58	20	550
Diciembre	200	30	100	80	58	400	640
Enero	400	30	100	80	58	380	640
Febrero	250	30	80	80	58	350	550
Marzo	170	20	100	60	58	200	500
Abril	100	25	80	50	58	200	550
Mayo	150	20	80	60	58	200	640
Junio	200	30	100	80	60	40	640
Julio	200	30	100	80	60	400	550
Agosto	180	25	85	80	60	300	550
Septiembre	180	25	80	50	60	300	550
Octubre	160	25	80	60	60	300	550
Noviembre	160	25	80	60	60	200	550
Diciembre	200	30	100	80	60	400	640

ANEXO II

Cálculo de estacionalidad para los SKU1, SKU_2, SKU_3, SKU_4, SKU_5,
SKU_6, SKU_7



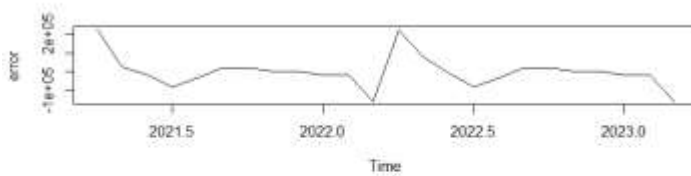


ANEXOIII

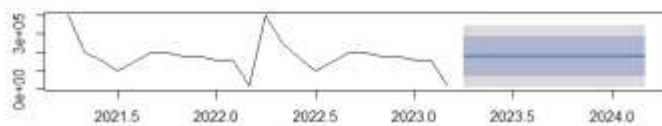
Modelo de pronósticos

ARIMA

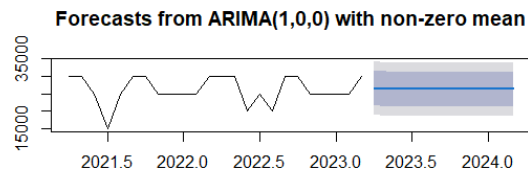
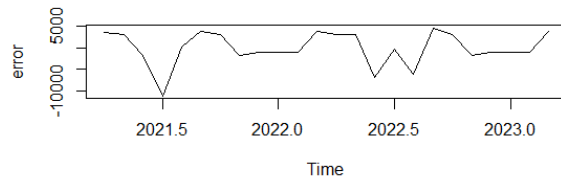
SKU_1



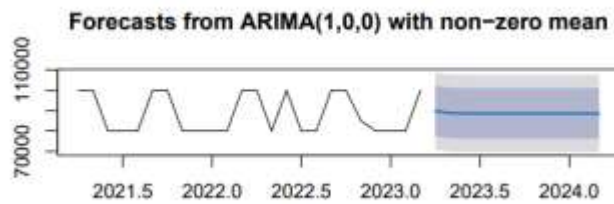
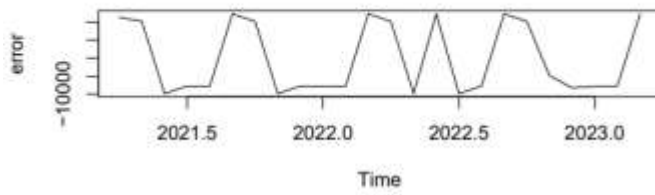
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



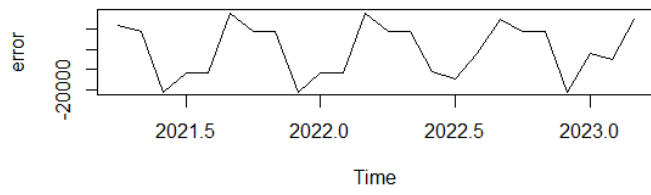
SKU2



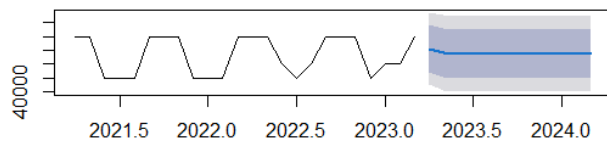
SKU3



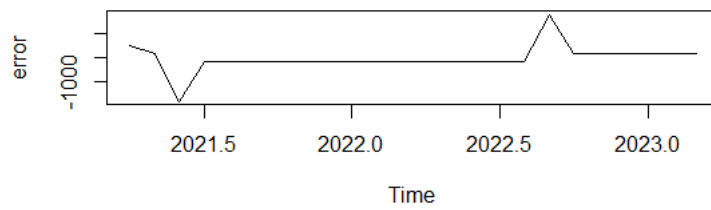
SKU4



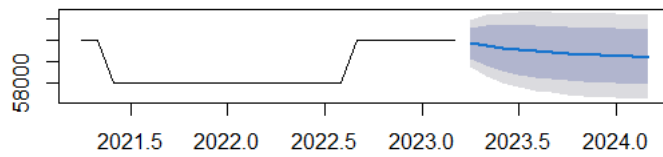
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



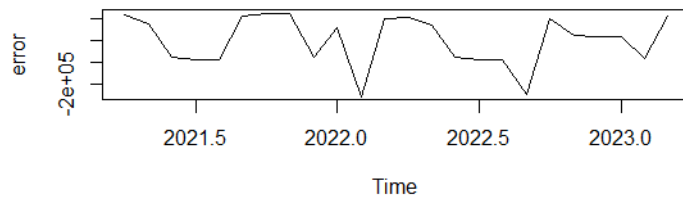
SKU5



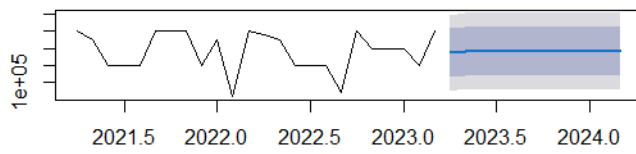
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



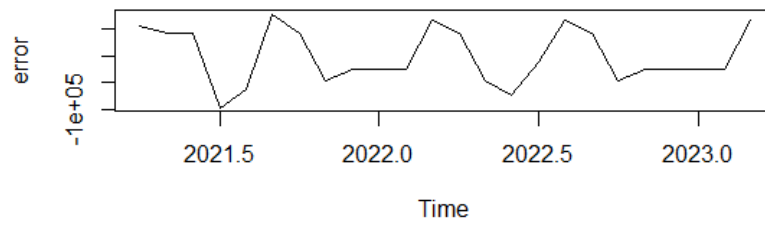
SKU6



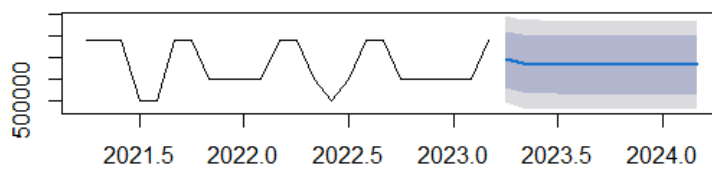
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



SKU7

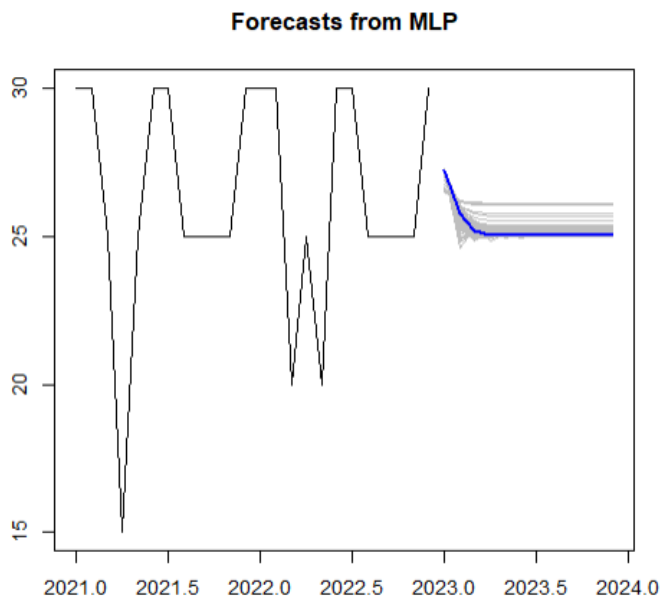


Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean

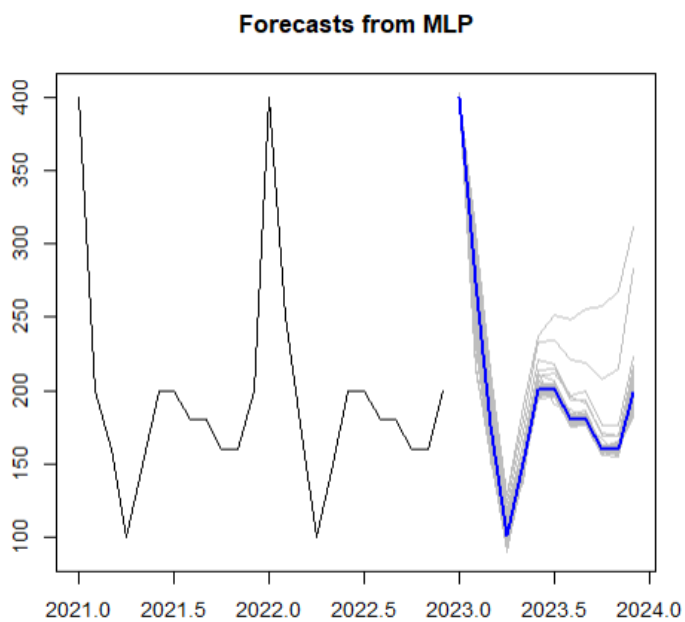


Modelo MPL

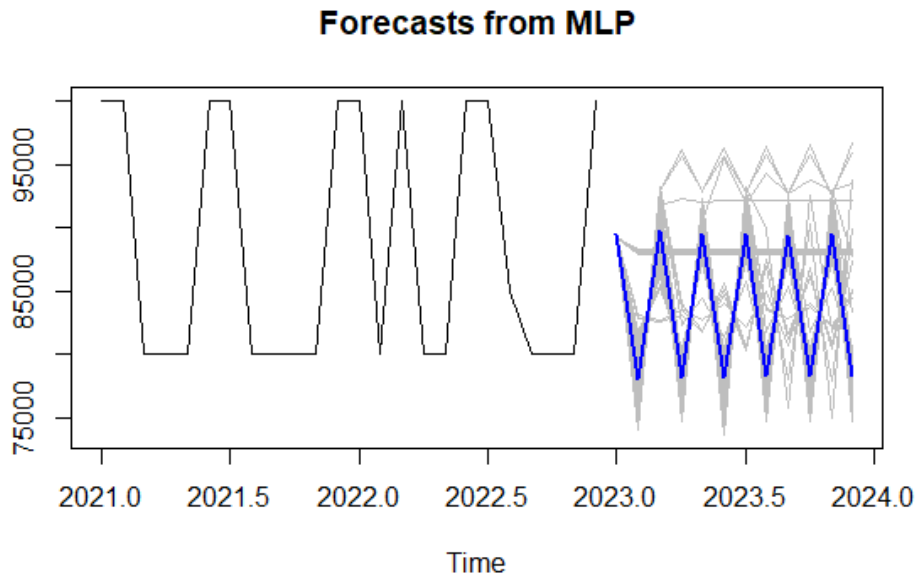
SKU1



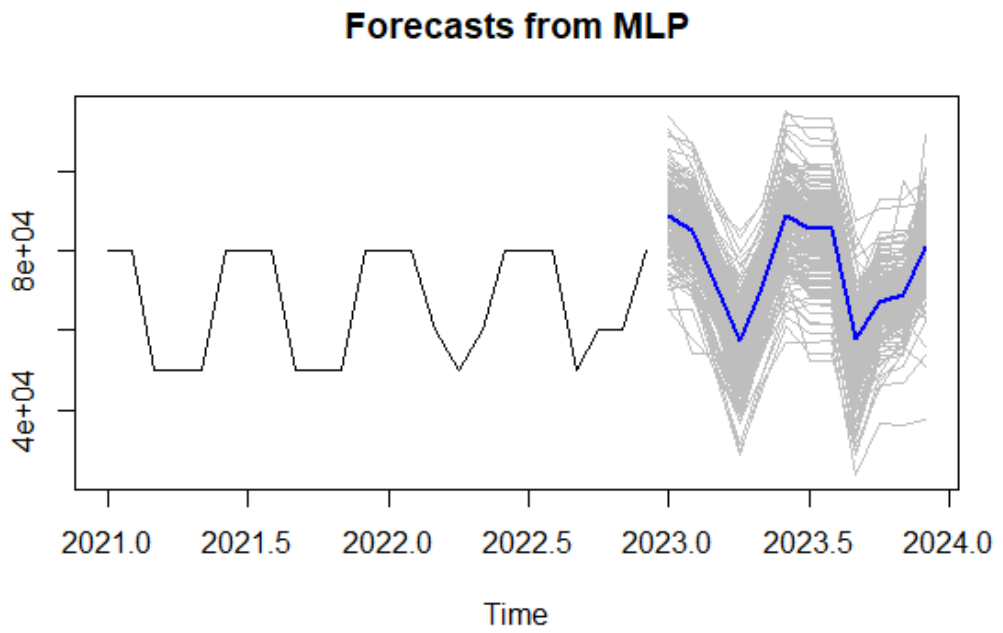
SKU_2



SKU_3

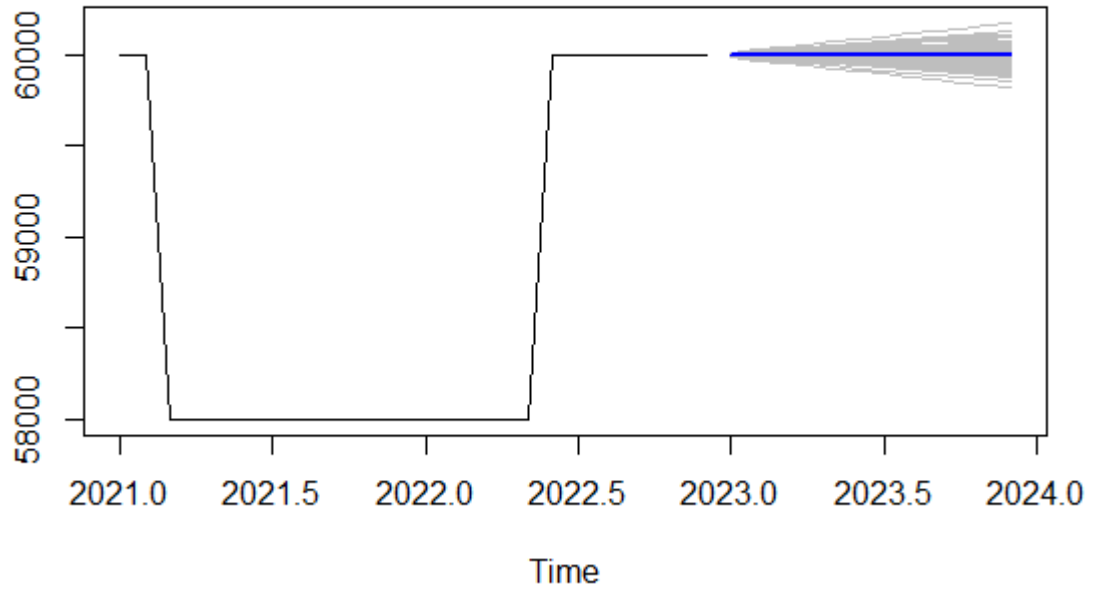


SKU_4



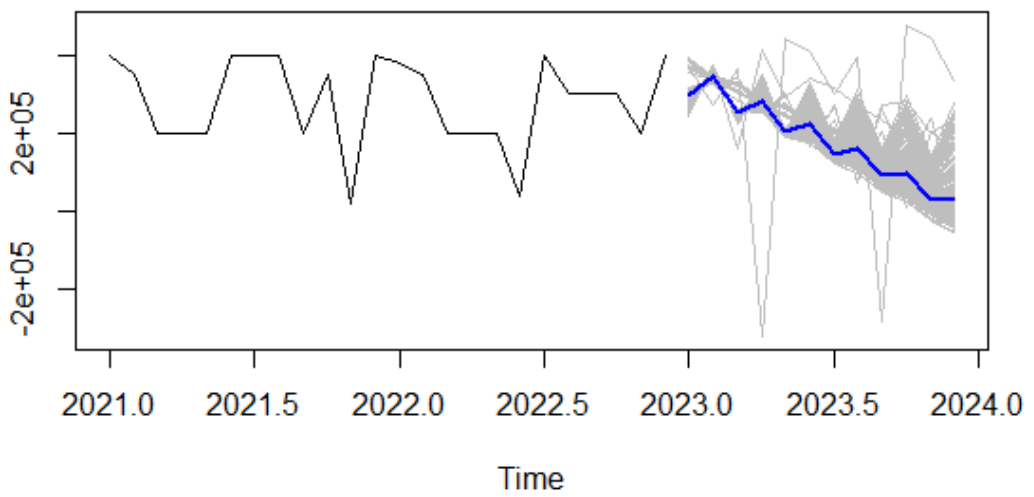
SKU_5

Forecasts from MLP

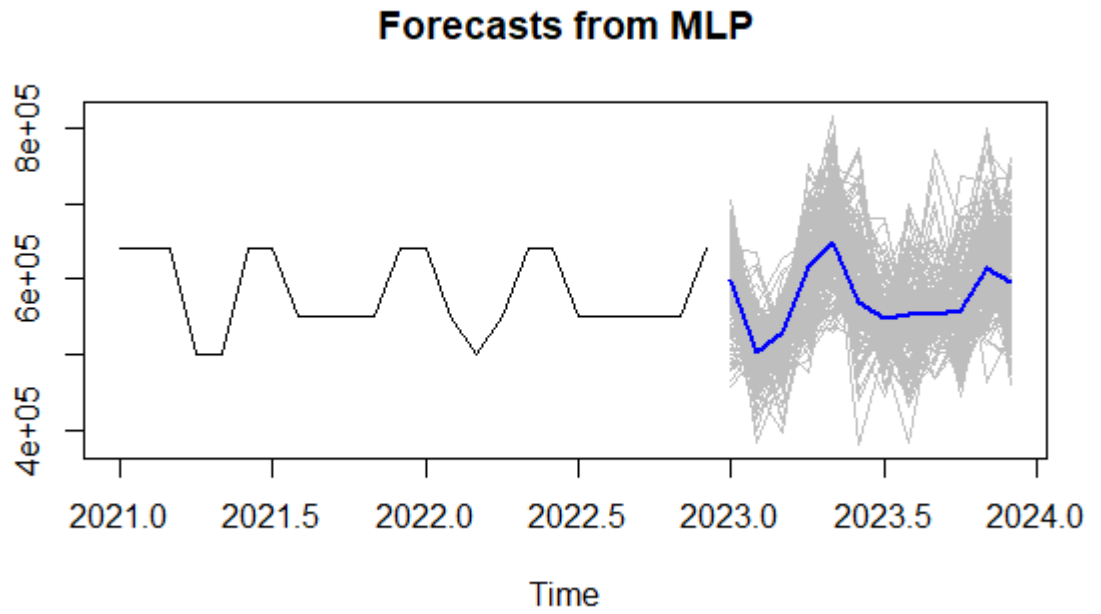


SKU_6

Forecasts from MLP

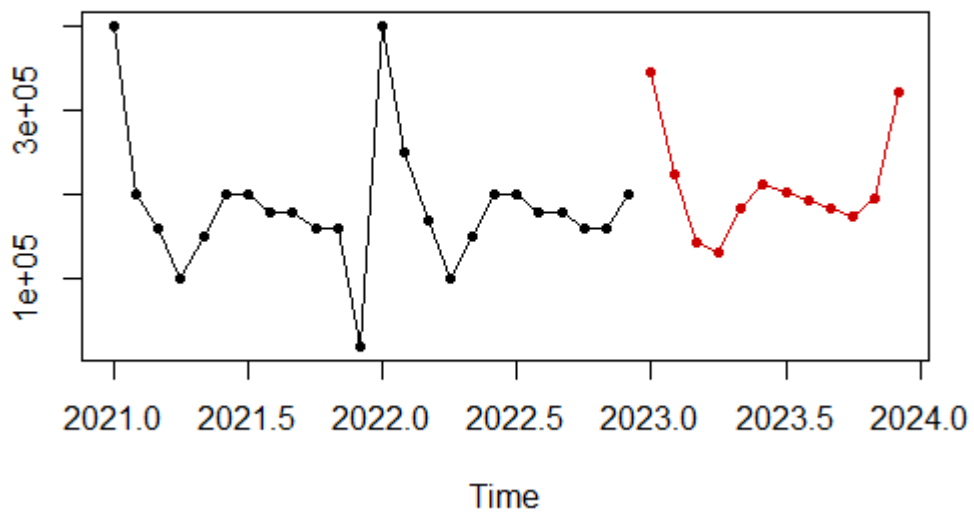


SKU_7

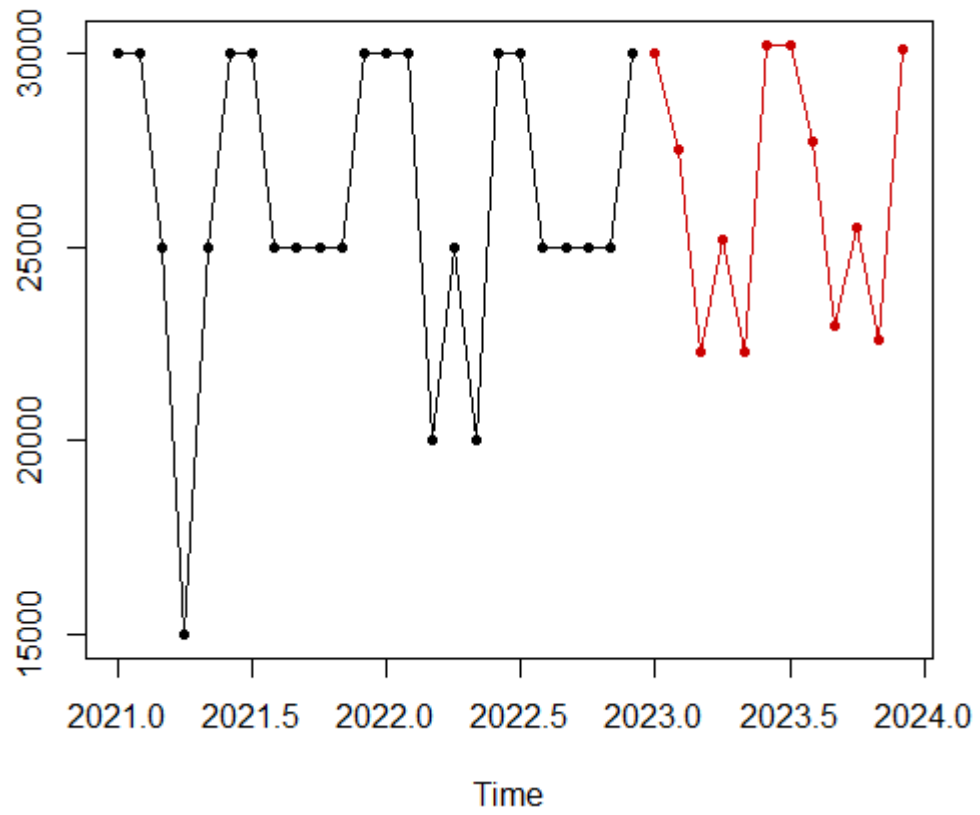


Modelo -KNN

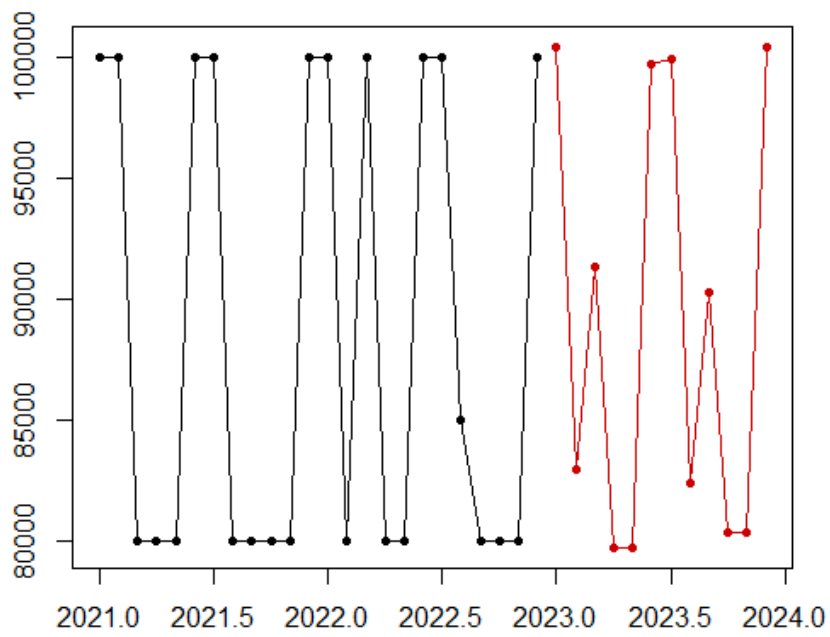
SKU1



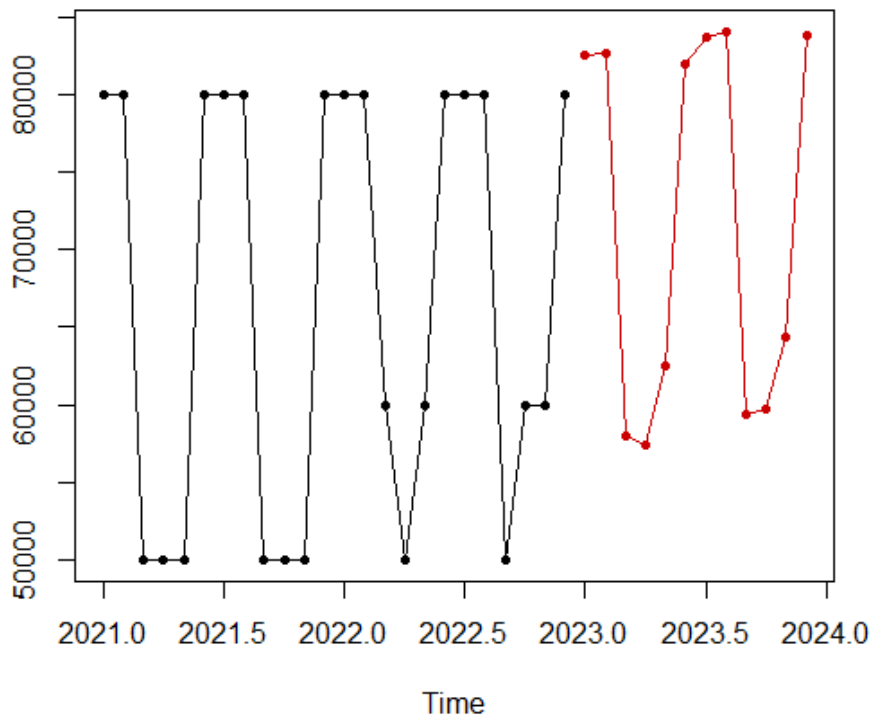
SKU 2



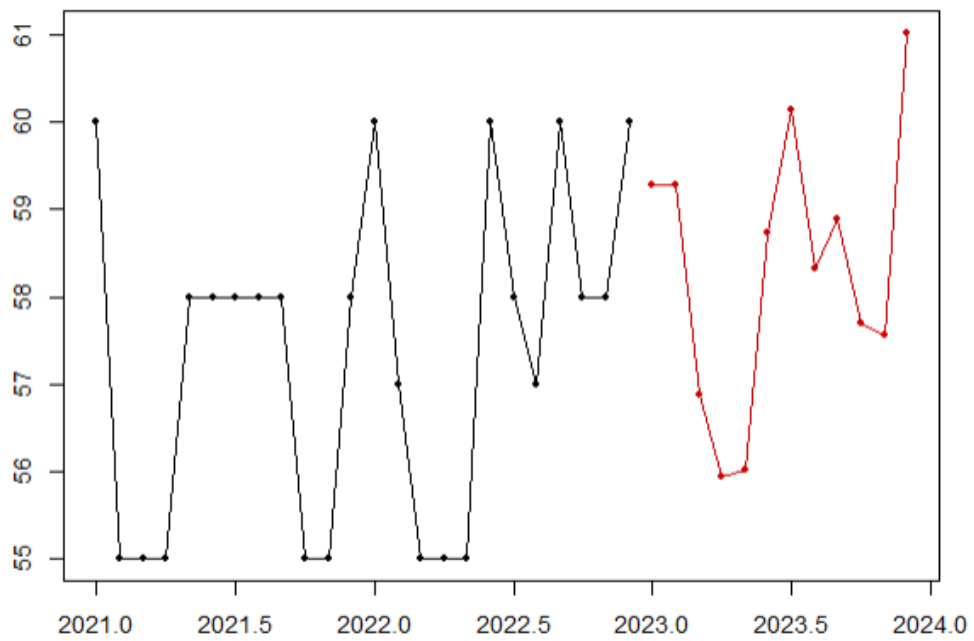
SKU_3



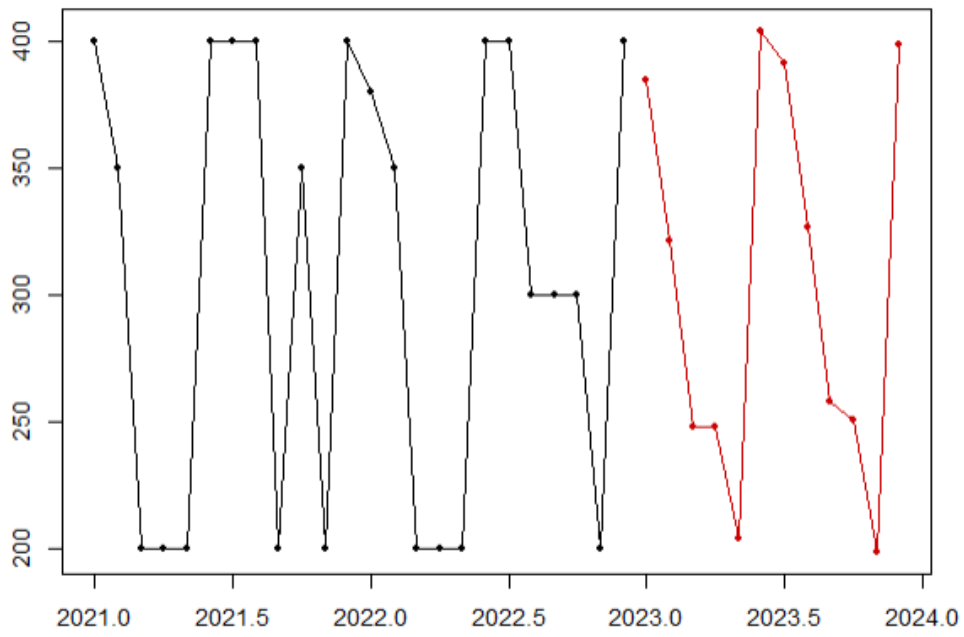
SKU_4



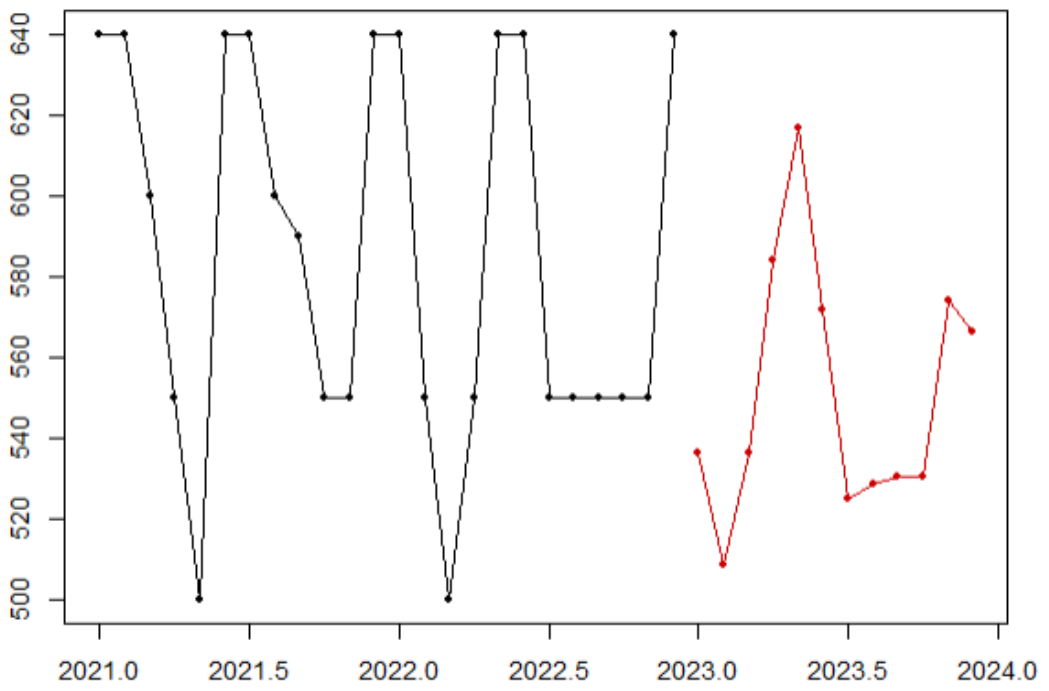
SKU_5



SKU_6

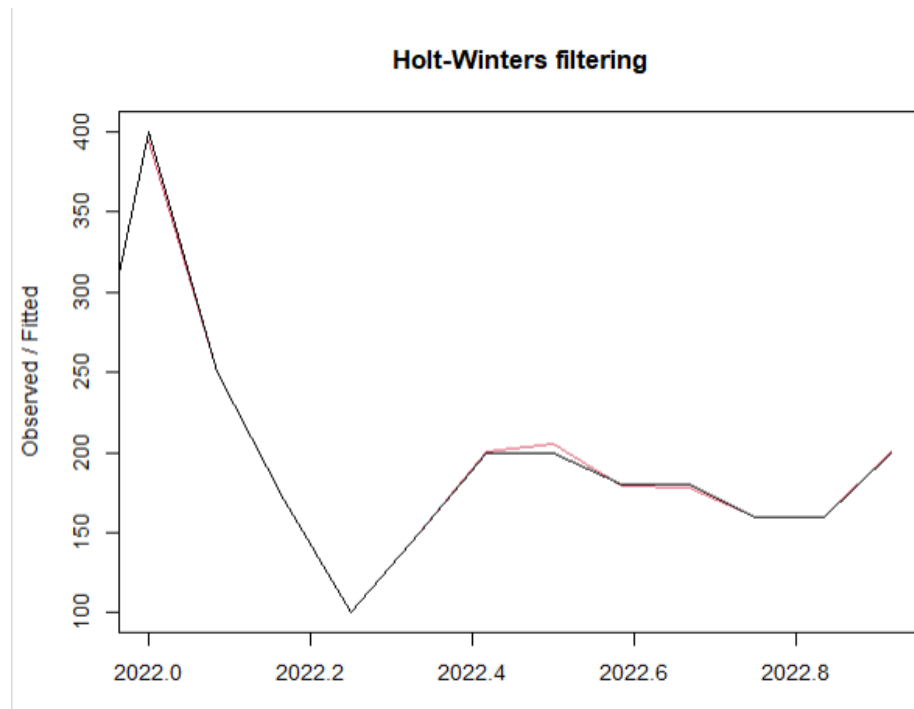


SKU_7

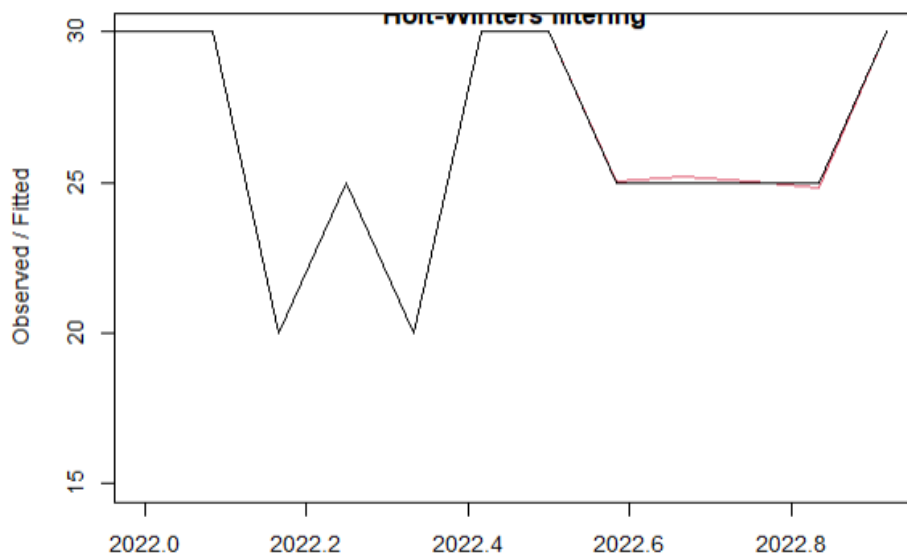


Modelo Holt Winter

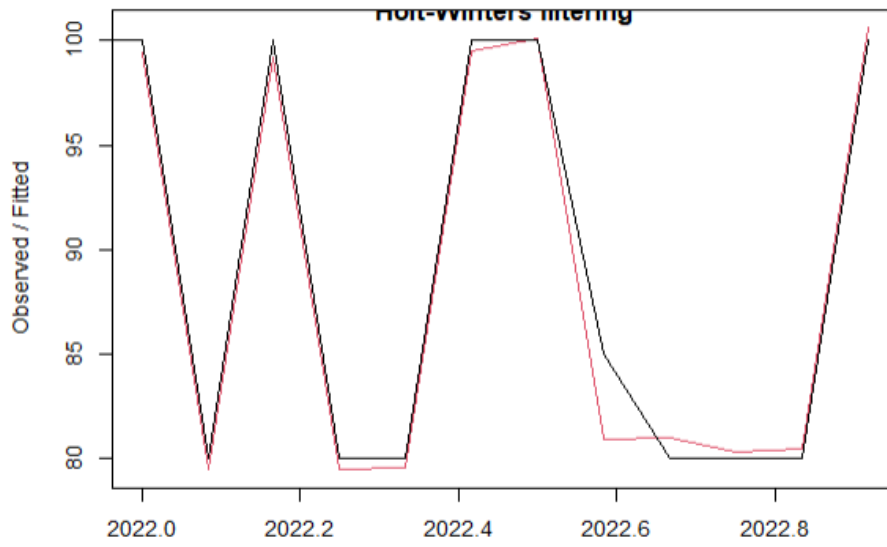
SKU1



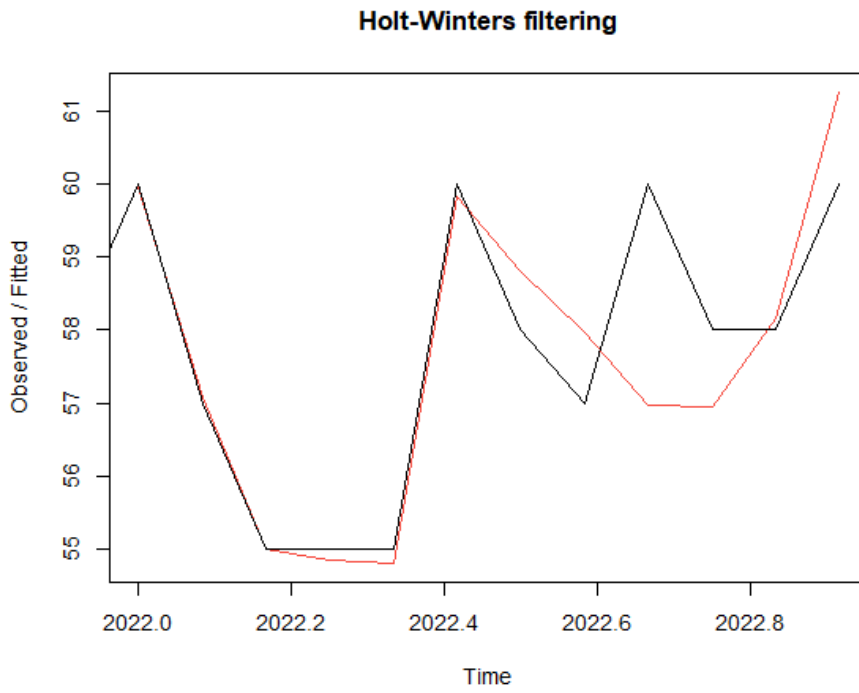
SKU_2



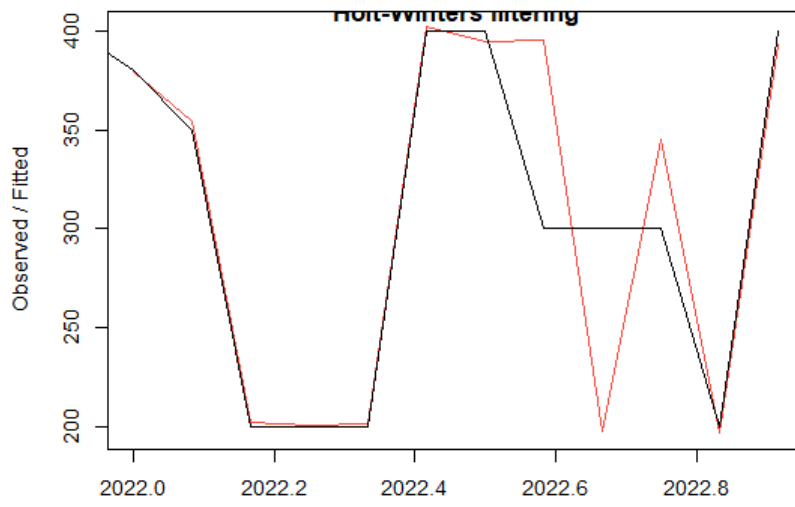
SKU_3



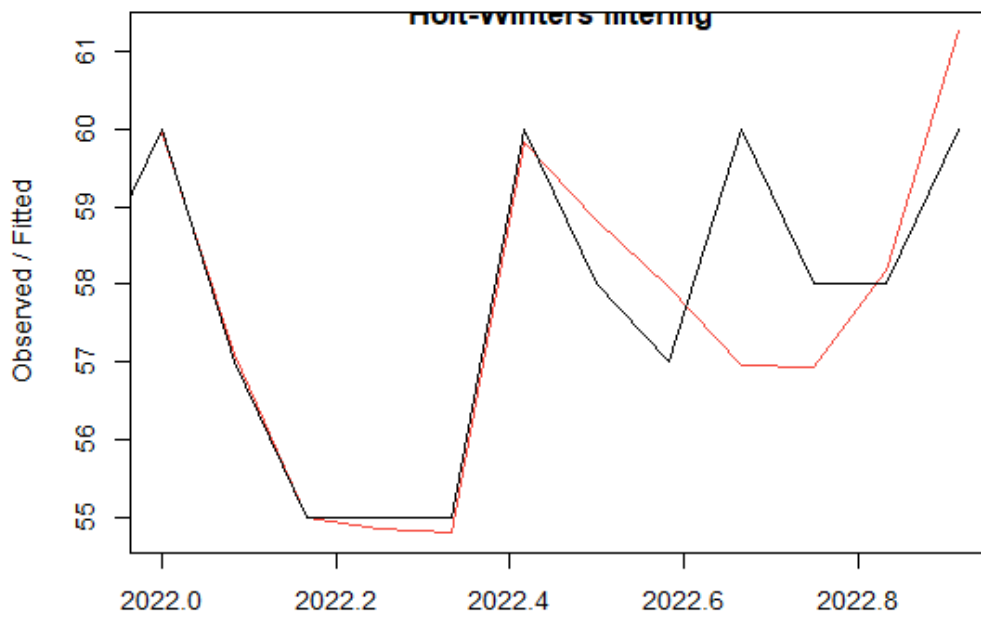
SKU_4



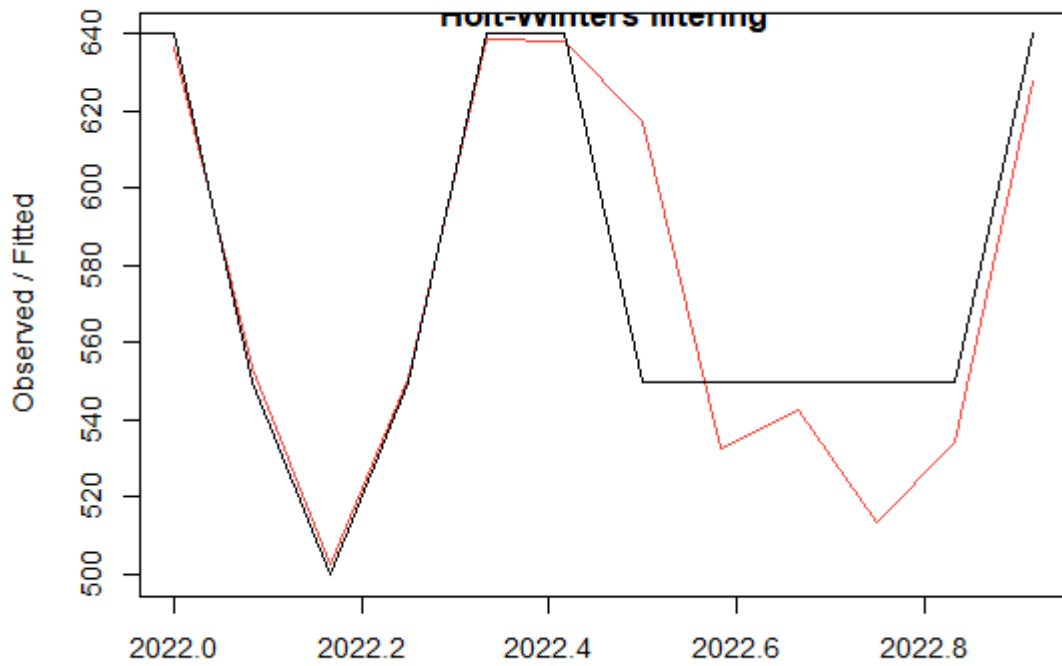
SKU_5



SKU_6



SKU_7



ANEEXO IV

Modelo Silver Meal

SKU_4

\$ 18,00	H	SKU4								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	89	1315,55						1315,55	1315,55	1315,55
2	85		\$ 1.534,78					\$ 1.534,78	\$ 2.850,33	\$ 1.425,17
3	71									
4	58									
5	71									
6	89									
7	86									
8	85									
9	58									
10	67									
11	69									
12	81									

\$ 18,00	H	SKU4								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	85	1315,55						1315,55	1315,55	1315,55
2	71		\$ 1.278,64					\$ 1.278,64	\$ 2.594,19	\$ 1.297,09
3	58			\$ 2.088,00				\$ 2.088,00	\$ 4.682,19	\$ 1.560,73
\$ 18,00	H	SKU4								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	58	1315,55						1315,55	1315,55	1315,55
2	71		\$ 1.276,69					\$ 1.276,69	\$ 2.592,24	\$ 1.296,12
3	89			\$ 3.195,25				\$ 3.195,25	\$ 5.787,50	\$ 1.929,17
\$ 18,00	H	SKU4								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	89	1315,55						1315,55	1315,55	1315,55
2	86		\$ 1.539,08					\$ 1.539,08	\$ 2.854,63	\$ 1.427,32
3										
\$ 18,00	H	SKU4								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	86	1315,55						1315,55	1315,55	1315,55
2	85		\$ 1.538,14					\$ 1.538,14	\$ 2.853,69	\$ 1.426,84
3										

\$ 18,00	H	SKU4								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	85	1315,55						1315,55	1315,55	1315,55
2	58		\$ 1.041,41					\$ 1.041,41	\$ 2.356,96	\$ 1.178,48
3	67			\$ 2.419,11				\$ 2.419,11	\$ 4.776,08	\$ 1.592,03
\$ 18,00	H	SKU4								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	67	1315,55						1315,55	1315,55	1315,55
2	69		\$ 1.238,93					\$ 1.238,93	\$ 2.554,48	\$ 1.277,24
3	81			\$ 2.912,28				\$ 2.912,28	\$ 5.466,77	\$ 1.822,26
\$ 18,00	H	SKU4								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	81	1315,55						1315,55	1315,55	1315,55
2										
3										

Planificación SKU_4

Meses	Requerimientos	Cantidad orden	Inventario final	Costo mtto	Costo de preparacion	Costo total acumulado
1	89	89	0	\$ -	\$ 1.315,55	\$ 1.315,55
2	85	156	71	\$ 1.278,64	\$ 1.315,55	\$ 3.909,74
3	71		0	\$ -	\$ -	\$ 3.909,74
4	58	128	71	\$ 1.276,69	\$ 1.315,55	\$ 6.501,98
5	71		0	\$ -	\$ -	\$ 6.501,98
6	89	89	0	\$ -	\$ 1.315,55	\$ 7.817,53
7	86	86	0	\$ -	\$ 1.315,55	\$ 9.133,08
8	85	143	58	\$ 1.041,41	\$ 1.315,55	\$ 11.490,04
9	58		0	\$ -	\$ -	\$ 11.490,04
10	67	136	69	\$ 1.238,93	\$ 1.315,55	\$ 14.044,52
11	69	150	0	\$ -	\$ 1.315,55	\$ 15.360,07
12	81	81	0	\$ -	\$ 1.315,55	\$ 16.675,62

Modelo Silver Meal SKU6

\$ 28,00	H	SKU6								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	358	16576,00						16576,00	16576,00	16576,00
2	331		\$ 9.266,92					\$ 9.266,92	\$ 25.842,92	\$ 12.921,46
3	219			\$ 12.285,32				\$ 12.285,32	\$ 38.128,24	\$ 12.709,41
4	219				\$ 18.427,98			\$ 18.427,98	\$ 56.556,21	\$ 14.139,05
5	219									
6	374									
7	374									
8	287									
9	287									
10	287									
11	219									
12	374									

\$ 28,00	H	SKU6								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	219	16576						16576,00	16576,00	16576,00
2	219		\$ 6.142,66					\$ 6.142,66	\$ 22.718,66	\$ 11.359,33
3	374			\$ 20.955,84				\$ 20.955,84	\$ 43.674,50	\$ 14.558,17
\$ 28,00	H	SKU6								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	374	16576						16576,00	16576,00	16576,00
2	374		\$ 10.477,92					\$ 10.477,92	\$ 27.053,92	\$ 13.526,96
3	287			\$ 16.074,67				\$ 16.074,67	\$ 43.128,59	\$ 14.376,20

\$ 28,00	H	SKU6								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	287	16576						16576,00	16576,00	16576,00
2	287		\$ 8.037,33					\$ 8.037,33	\$ 24.613,33	\$ 12.306,67
3	287			\$ 16.074,67				\$ 16.074,67	\$ 40.688,00	\$ 13.562,67
\$ 28,00	H	SKU6								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	287	16576						16576,00	16576,00	16576,00
2	219		\$ 6.142,66					\$ 6.142,66	\$ 22.718,66	\$ 11.359,33
3	374			\$ 20.955,84				\$ 20.955,84	\$ 43.674,50	\$ 14.558,17
\$ 28,00	H	SKU6								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	374	16576						16576,00	16576,00	16576,00
2										
3										

Planificación SKU_6

Meses	Requerimientos	Cantidad orden	Inventario final	Costo mtto	Costo de preparacion	Costo total acumulado
1	358	908	550	\$ 15.409,58	\$ 16.576,00	\$ 31.985,58
2	331		219	\$ 6.142,66	\$ 16.576,00	\$ 54.704,24
3	219		0	\$ -		\$ 54.704,24
4	219	439	219	\$ 6.142,66	\$ 16.576,00	\$ 77.422,90
5	219		0	\$ -		\$ 77.422,90
6	374	748	374	\$ 10.477,92	\$ 16.576,00	\$ 104.476,82
7	374		0	\$ -		\$ 104.476,82
8	287	574	574	\$ 16.074,67	\$ 16.576,00	\$ 137.127,48
9	287		0	\$ -		\$ 137.127,48
10	287	506	506	\$ 14.179,99	\$ 16.576,00	\$ 167.883,48
11	219		0	\$ -		\$ 167.883,48
12	374	374	0	\$ -		\$ 167.883,48

Modelo Wagner Whitin

SKU_1

```

Console Terminal Background Jobs
R 4.3.0 - ~/Dias es amor/Tesis/INVENTARIO/
TVC:
[1] 40510.2

solution:
      [,1]  [,2]  [,3]  [,4]  [,5]  [,6]  [,7]  [,8]  [,9]
[1,] 3497.7    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[2,] 9242.9  6995.4    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[3,] 16662.9 10705.4 10493.1    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[4,] 23086.5 14987.8 12634.3 13990.8    NA    NA    NA    NA    NA
[5,] 35806.5 24527.8 18994.3 17170.8 16132.0    NA    NA    NA    NA
[6,] 57006.5 41487.8 31714.3 25630.8 20372.0 19629.7    NA    NA    NA
[7,] 82446.5 62687.8 48674.3 38370.8 28852.0 23869.7 23127.4    NA    NA
[8,] 109158.5 85583.8 67754.3 53634.8 40300.0 31501.7 26943.4 26625.1    NA
[9,] 139686.5 112295.8 90650.3 72714.8 55564.0 42949.7 34575.4 30441.1 30122.8
[10,] 170214.5 139431.8 114394.3 93066.8 72524.0 56517.7 44751.4 37225.1 33524.8
[11,] 204134.5 169959.8 141530.3 116810.8 92876.0 73477.7 58319.4 47401.1 40298.8
[12,] 250541.3 212147.8 179499.5 150561.2 122407.6 96790.5 79413.4 64276.3 52955.2

      [,10] [,11] [,12]
[1,]    NA    NA    NA
[2,]    NA    NA    NA
[3,]    NA    NA    NA
[4,]    NA    NA    NA
[5,]    NA    NA    NA
[6,]    NA    NA    NA
[7,]    NA    NA    NA
[8,]    NA    NA    NA
[9,]    NA    NA    NA
[10,] 33620.5    NA    NA
[11,] 37012.5 37012.5    NA
[12,] 45450.1 41231.3 40510.2

Jt:
[1] "1"  "2"  "3"  "3"  "5"  "6"  "7"
[8] "8"  "9"  "9"  "10 or 11" "12"

```

SKU4

TVC:
[1] 15178.95

```

solution:
      [,1]  [,2]  [,3]  [,4]  [,5]  [,6]  [,7]  [,8]
[1,] 1316.55    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[2,] 2846.55  2633.1    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[3,] 5402.55  3911.1  3949.65    NA    NA    NA    NA    NA
[4,] 8534.55  5999.1  4993.65  5227.65    NA    NA    NA    NA
[5,] 13646.55 9833.1  7549.65  6505.65  6310.2    NA    NA    NA
[6,] 21656.55 16241.1 12355.65  9709.65  7912.2  7626.75    NA    NA
[7,] 30944.55 23981.1 18547.65 14353.65 11008.2  9174.75  8943.3    NA
[8,] 41654.55 33161.1 26197.65 20473.65 15598.2 12234.75 10473.3 10259.85
[9,] 50006.55 40469.1 32461.65 25693.65 19774.2 15366.75 12561.3 11303.85
[10,] 60860.55 50117.1 40903.65 32929.65 25804.2 20190.75 16179.3 13715.85
[11,] 73280.55 61295.1 50839.65 41623.65 33256.2 26400.75 21147.3 17441.85
[12,] 89318.55 75875.1 63961.65 53287.65 43462.2 35148.75 28437.3 23273.85

      [,9]  [,10] [,11] [,12]
[1,]    NA    NA    NA    NA
[2,]    NA    NA    NA    NA
[3,]    NA    NA    NA    NA
[4,]    NA    NA    NA    NA
[5,]    NA    NA    NA    NA
[6,]    NA    NA    NA    NA
[7,]    NA    NA    NA    NA
[8,]    NA    NA    NA    NA
[9,] 11576.4    NA    NA    NA
[10,] 12782.4 12620.4    NA    NA
[11,] 15266.4 13862.4 13936.95    NA
[12,] 19640.4 16778.4 15394.95 15178.95

```

Jt:
[1] "1" "2" "2" "3" "5" "6" "7" "8" "8" "10" "10" "12"
> |

SKU7

```
Call:
  WW.default(D, S, H, method = c("forward"))

TVC:
[1] 151760

Solution:
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9] [,10] [,11] [,12]
[1,] 16576    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[2,] 25844 33152    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[3,] 38108 39284 42420    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[4,] 56504 51548 48552 54684    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[5,] 81032 69944 60816 60816 65128    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[6,] 133392 111832 92232 81760 75600 77392    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[7,] 196224 164192 134120 113176 96544 87864 92176    NA    NA    NA    NA    NA
[8,] 252476 212408 174300 145320 120652 103936 100212 104440    NA    NA    NA    NA
[9,] 316764 268660 222516 185500 152796 128044 116284 112476 116788    NA    NA    NA
[10,] 389088 332948 278768 233716 192976 160188 140392 128548 124824 129052    NA    NA
[11,] 450408 388136 327824 276640 229768 190848 164920 146944 137088 135184 141400    NA
[12,] 565600 492856 422072 360416 303072 253680 217280 188832 168504 156128 151872 151760

Jt:
[1] "1" "1" "1" "3" "3 or 4" "5" "6" "7" "8" "9"
[11] "10" "12"
> |
```

ANEXO V

Resultado del modelo EOQ

SKU	Q	Punto de Orden	Ordenes al año	Costo total
SKU2	80	3	4	\$ 34.149,25
SKU3	128	12	8	\$ 480.205,65
SKU5	86	9	9	\$ 406.780,21
SKU7	816	66	11	\$ 5.196.425,02

Políticas de inventarios

Código	Entrega Mx	Entrega Min	Demanda media	Stock de seguridad
SKU_1	5	3	6,90	14
SKU_2	5	3	1,02	2
SKU_3	5	3	3,43	7
SKU_4	5	3	2,58	5
SKU_5	5	3	2,27	5
SKU_6	5	3	10,95	22
SKU_7	5	3	22,50	45

ANEXOVI

Scripts utilizados

Estacionalidad

```
1 library(ggplot2)
2 library(TSstudio)
3 library(ggfortify)
4 library(tseries)
5 library(astsa)
6 library(tidyverse)
7 library(TSstudio)
8 library(tsfknn)
9 library(readxl)
10 library(nnfor)
11 Datos <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/Base_de_Datos_Jacobo_Villacis.xlsx")
12 Datos
13
14 #convertir la base de datos en serie temporal(ts)
15 Datosts=ts(Datos$SKU_7,freq=12,start=c(2021,1))
16 boxplot(Datosts)
17
18 #estacionalidad prueba dickey fuller
19 adf.test(Datosts)
20
21 #calculando la estacionalidad
22 ts_seasonal(Datosts,type="all")
23
24 #diferenciaciones
25 seriedif=diff(Datosts)
26 seriedif
27 plot(seriedif)
28
29 seriedif2=diff(Datosts, differencesv=1)
30 seriedif2
31 #estacionalidad con diferenciaciones
32 adf.test(seriedif)
```

Coefficiente de variación

```
1 library(readxl)
2 library(readxl)
3 Datos <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/Base_de_Datos_Jacobo_Villacis.xlsx")
4 Datos
5
6
7 CV <- sd(Datos$SKU_7)/mean(Datos$SKU_7)
8 if(CV>0.20) {
9   print("Heuristico")
10 } else {
11   print("Clasico")
12 }
13
14 |
```

Modelo de inventarios

ARIMA

```
1 library(forecast)
2 library(tseries)
3 library(readxl)
4
5
6 Base_datos <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/Base_de_Datos_Jacobo_Villacis.xlsx")
7 Base_datos
8
9
10 #convertir la base de datos en serie temporal(ts)
11 Base_datosts=ts(Base_datos$SKU_5,freq=12,start=c(2021,1))
12 boxplot(Base_datosts)
13
14 #Estacionariedad prueba dickey-fuller
15 adf.test(Base_datosts)
16
17 #diferenciaciones
18 seriedif=diff(Datosts)
19 seriedif
20 plot(seriedif)
21
22 seriedif2=diff(Datosts, differencesv=4)
23 seriedif2
24 #estacionalidad con diferenciaciones
25 adf.test(seriedif)
26
27
28 #Arima
29 modelo=arima(Base_datosts,order =c(1,0,0))
30 modelo
31 Box.test(residuals(modelo), type= "Ljung-Box")
32 error=residuals(modelo)
33
34 pronostico<- forecast(modelo,h=12)
35 pronostico
36
37 #Autoarima para comprobar
38 modelo1<- auto.arima(Base_datosts, seasonal=T, stepwise=T, approximation=T)
39 checkresiduals(modelo1)
```

MPL

```
1 library(nnfor)
2 library(ggplot2)
3 library(TSstudio)
4 library(forecast)
5 library(readxl)
6 Datos <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/Base_de_Datos_Jacobo_Villacis.xlsx")
7 Datos
8
9 #convertir la base de datos en serie temporal(ts)
10 Datosts=ts(Datos$SKU_5,freq=12,start=c(2021,1))
11 Datosts
12 plot(Datosts)
13
14 #calculando la estacionalidad
15 ts_seasonal(Datosts,type="all")
16
17 #pronosticar la serie
18 y <- Datosts
19 y
20
21 #las variables de entrada son 12 meses
22 h <- 1*frequency(y)
23 frequency(y)
24
25 #Entrenamiento automático
26 Fit1<- mlp(y, reps = 200, lags =NULL,difforder = NULL,hd.max = NULL)
27 plot(Fit1)
28 forecast(Fit1)
29 print(Fit1)
30 plot(forecast(Fit1))
31
32
33 ##Mejora de entrenamiento
34 Fit2<-mlp(y, model=Fit1,retrain=20)
35 print(Fit2)
36 plot(Fit2)
37 plot(forecast(Fit2,h=h))
38 summary(forecast(Fit2,h=h))
39
```

KNN

```
1 ##Time Series Forecasting Using Nearest Neighbors
2 library(nnfor)
3 library(ggplot2)
4 library(TSstudio)
5 library(forecast)
6 library(tsfknn)
7 library(readxl)
8
9
10 Base_datos <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/Base_de_Datos_Jacobo_Villacis.xlsx")
11 Base_datos
12
13 #convertir la base de datos en serie temporal(ts)
14 Base_datos$ts=ts(Base_datos$SKU_7,freq=12,start=c(2021,1))
15
16 #calculando la estacionalidad
17 ts_seasonal(Base_datos$ts,type="a11")
18
19
20 #pronosticar la serie
21 y <- Base_datos$ts
22 y
23
24 #las variables de entrada son 12 meses
25 h <- 1*frequency(y)
26 frequency(y)
27
28 # Time Series Forecasting Using Nearest Neighbors
29 pred <- knn_forecasting(y, h = 12, lags = NULL, k = 2)
30 autoplot(pred)
31 autoplot(pred, highlight = "neighbors")
32
33 pred <- knn_forecasting(y, h = 1, lags = NULL, k = 2)
34 knn_examples(pred)
35
36 pred <- knn_forecasting(y, h = 12, lags = NULL, k = 2)
37 pred$prediction # To see a time series with the forecasts
38 plot(pred) # To see a plot with the forecast
39
```

Modelo de Holt Winsters

```
3
4 data <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/Base_de_Datos_Jacobo_Villacis.xlsx")
5 data
6
7 par(mfrow=c(3, 1))
8 data.ts <- ts(data$SKU_7, start = c(2021, 1), frequency = 12)
9 plot(data.ts, main= "Gráfica 2", ylim = c(0, max(data.ts)))
10 par(mfrow=c(1,1))
11 fitHW <- HoltWinters(data.ts, seasonal = "multiplicative")
12 plot(fitHW)
13
14 par(mfrow=c(1,1))
15 fitHW <- HoltWinters(data.ts, seasonal = "multiplicative")
16 plot(fitHW)
17
18 pred=predict(fitHW, 12, prediction.interval = TRUE)
19 plot(pred)
20 summary(forecast(fitHW,h=h))
21
22 |
```


Código Wagner Within

```
1 library(SCperf)
2 # sku_1
3 D<-c(358,331,219,219,219,374,374,287,287,287,219,374)
4 S<-16576
5 H<-28
6 WW(D,S,H,method =c("forward"))
7
8
9
10
```

Código ABC

```
1 library(qcc)
2 library(dplyr)
3 library(readxl)
4
5
6 # split: toma un vector y lo divide en grupos por un factor o una lista de factores
7 # x: es el vector, lista o dataframe a ser dividido
8 # f: es el factor (o lista de factores) en los que se dividirá x
9 # attach: Se agrupa la cantidad por tipo de SKU
10
11 Datos <- read_excel("~/Dios es amor/Tesis/INVENTARIO/gg/INVENTARIO/ABC.xlsx")
12 View(Datos)
13
14
15 Ventas <- data.frame(Datos)
16 attach(Ventas)
17 Ventas
18
19 Tabla <- split(x = Unidades, f = Descripcion)
20 Tabla
21
22 Ventas <- sapply(X = Tabla, FUN = sum)
23 Ventas
24 pareto.chart(Ventas)
25
26
```