

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

Título del trabajo

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Logística y Transporte

TEMA:

**DISEÑO DE UNA POLITICA DE INVENTARIO EN BASE A UN
PRONOSTICO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA QUE SE
DEDICA A LA COMERCIALIZACIÓN DE CONDUCTORES
ELÉCTRICOS DE ALUMINIO Y COBRE**

Presentado por:

KEVIN EDUARDO NARVÁEZ BERMEO

ROBERT ADRIÁN GUEVARA OROZCO

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2023 - 2024

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis padres (Sergio Narváez y Gladys Bermeo), su inquebrantable amor, apoyo y sacrificio han sido la brújula que me guió en este viaje académico, sin su aliento constante y su fe incondicional, este logro no sería posible.

A mi hermano (Jhonny Narváez), tus palabras alentadoras y tu apoyo constante han sido mi roca en momentos de desafío.

A mi prometida (María de los Ángeles Pérez), tu amor, apoyo y motivación han sido mi roca en medio de las dificultades. Este logro no solo es mío, sino también tuyo.

Este trabajo no solo es un testimonio de mis esfuerzos, sino también un tributo a cada uno de ustedes. Gracias por ser mi fuente constante de inspiración y motivación.

Kevin Narváez Bermeo

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a
Jehová Dios, por ayudarme y
guiarme en todos los momentos de
mi vida.

A mis padres, por su amor
incondicional, representando mi
mayor soporte en la vida,
brindándome paciencia y ayuda a
pesar de las dificultades.

A mi hijo, Elijah que me enseñó que
el amor es eterno y espiritual,
superando cualquier barrera material
o física.

A mi familia entera, pilar fundamental
en mi vida, por ser la fortaleza y
unión que ha mantenido mi vida
estable y feliz.

Robert Guevara Orozco

AGRADECIMIENTOS

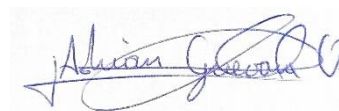
Nos gustaría expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestro tutor Alfredo Varas. Quien no solo nos guió en todo el proceso de estudio y recolección de datos, sino que también nos brindó pautas y consejos oportunos que aportaron al desarrollo del proyecto. Asimismo, agradecemos a nuestro profesor Carlos Ronquillo. Quien siempre estuvo atento a nuestras dudas y constantes consultas, nos orientó en este proceso de titulación y brindó las herramientas adecuadas para que el proyecto final sea un documento con sello de calidad garantizado.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *KEVIN EDUARDO NARVÁEZ BERMEO Y ROBERT ADRIÁN GUEVARA OROZCO* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



KEVIN NARVÁEZ



ROBERT GUEVARA

EVALUADORES

MSC. CARLOS RONQUILLO
PROFESOR DE LA MATERIA

MGTR. ALFREDO VARAS
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La presente investigación se lleva a cabo en una empresa comercializadora de conductores eléctricos de aluminio y cobre, el objetivo es determinar una política de inventario adecuada en base a una previsión de demanda de sus productos terminados de cobre. La falta de políticas de gestión de inventarios en la empresa ha dado lugar a problemas de almacenamiento, lo que puede provocar pérdidas de ventas por posible falta de productos en stock o costos adicionales por exceso de inventario en el almacén. Para la realización del proyecto se utilizó el lenguaje de programación R para facilitar el cálculo de las cantidades a solicitar, en función de la previsión de la demanda y su horizonte de planificación. El modelo que se eligió para realizar pronósticos de ventas en la empresa de estudio es ARIMA y está basado en historial de ventas, ya que destaca por su rapidez y facilidad de implementación. Se observó una mejora en los costos logísticos, sustentada en precios de referencia y una estimación de costos de producción. Si bien se lograron ahorros significativos, se enfatiza la importancia de considerar el error porcentual en las proyecciones de demanda de cada producto. En conclusión, se implementa una política de inventarios, acompañada de un programa informático diseñado para facilitar su gestión.

PALABRAS CLAVE: ARIMA, historial de ventas, horizonte de planificación, previsión de demanda, gestión de inventarios.

ABSTRACT

This study is conducted within a company specializing in the trade of aluminum and copper electrical conductors. The primary objective is to establish a suitable inventory policy based on the forecasted demand for its finished copper products. The absence of effective inventory management policies in the company has resulted in storage challenges, potentially leading to lost sales or additional costs due to excess inventory. Employing the R programming language, the project facilitates the calculation of order quantities based on demand forecasts and planning horizons. The selected forecasting model for sales within the studied company is ARIMA, leveraging historical sales data for its speed and implementation ease. The analysis reveals an enhancement in logistic costs, grounded in reference prices and estimated production costs. While substantial savings are achieved, the significance of considering the percentage error in demand projections for each product is underscored. In conclusion, an inventory policy is implemented, complemented by a computer program designed to streamline management processes.

KEY WORDS: ARIMA, sales history, planning horizon, demand forecast, inventory management.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS	12
CAPÍTULO 1.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 Justificación del problema	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo general	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4 Marco teórico	16
1.4.1 Estado del arte	16
1.4.2 Listado de definiciones, modelos y definiciones.....	18
CAPÍTULO 2.....	21
2. METODOLOGÍA.....	21
2.1 Técnicas de investigación	21
2.1.1 Levantamiento de Información.....	23
2.1.2 Análisis de la información levantada: Situación actual	25
2.2 Descripción de los modelos	26
2.3 Uso del software	28
2.4 Consideraciones legales y éticas	29
2.5 Fases del proyecto	31
2.6 Cronograma de trabajo	32
CAPÍTULO 3.....	33
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	33

3.1 Información obtenida de la depuración de la data de los productos de cobre.....	33
3.2 Clasificación ABC.....	34
3.2.1 Análisis ABC de los productos de cobre	34
3.3 Productos que se van a analizar	35
3.4 Resultados de la experimentación	36
3.5 Análisis de costos	43
3.6 Análisis comparativo	44
3.7 Simulaciones.....	46
CAPÍTULO 4.....	48
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
4.1 Conclusiones	48
4.2 Recomendaciones	49
BIBLIOGRAFIA	50
ANEXO	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Base de datos de las ventas de cobre.....	24
Figura 2. Proporción de productos por código de familia.....	25
Figura 3. Gráficas desarrolladas en R	29
Figura 4. Fases del proyecto	31
Figura 5. Cronograma de trabajo	32
Figura 6. Programación en R Studio	37
Figura 7. Costos de mantener el inventario.....	45
Figura 8. Costos de producción	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación ABC	34
Tabla 2. Participación relativa y acumulada del producto	35
Tabla 3. Ventas reales de los 5 productos del mes de noviembre y diciembre del 2023	36
Tabla 4. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 1	38
Tabla 5. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 2	39
Tabla 6. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 3	40
Tabla 7. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 4	41
Tabla 8. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 5	42
Tabla 9. Política de inventario propuesta MIN - MAX	43
Tabla 10. Política de inventario actual	44
Tabla 11. Costos totales entre la política de inventarios propuesta y la real....	44
Tabla 12. Familia 08 con tiempo de reposición de dos meses	46
Tabla 13. Familia 09 con tiempo de reposición de un mes	47

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la eficiencia y eficacia operacional se han convertido en factores clave para la supervivencia y crecimiento de las empresas, la gestión de inventarios ocupa un lugar sobresaliente dentro de las decisiones estratégicas de la organización. La administración adecuada de los inventarios no solo permite garantizar la disponibilidad de productos para satisfacer la demanda del cliente, sino que también representa una herramienta esencial para optimizar costos y recursos, contribuyendo de manera significativa a la rentabilidad de la empresa.

La industria de la comercialización de conductores eléctricos, específicamente aquellos fabricados con materiales como el aluminio y el cobre, enfrenta desafíos particulares en términos de gestión de inventario. La variabilidad en los precios de estos metales, la fluctuación en la demanda debido a proyectos de infraestructura y construcción, así como las particularidades en la logística y almacenamiento, exigen una política de inventario que sea robusta y flexible.

La presente tesis se propone abordar el diseño de una política de inventario para una empresa en este sector, centrando su atención en la integración de técnicas avanzadas de pronóstico de demanda. La razón principal de esta aproximación radica en la premisa de que un pronóstico de demanda preciso y adecuadamente calibrado puede permitir a las empresas optimizar sus niveles de inventario, reducir costos asociados con excesos o faltantes y mejorar la satisfacción del cliente al asegurar la disponibilidad del producto.

1.1 Descripción del problema

En el siguiente proyecto se buscó erradicar la poca eficiencia en la gestión de inventario de la empresa, ya que esto conlleva a fluctuaciones impredecibles en la demanda de los productos terminados, y a su vez costos innecesarios. Esta ineficiencia afecta tanto a la rentabilidad de la empresa y su capacidad de poder satisfacer las necesidades del cliente de una manera eficaz.

La empresa tiene una ineficiencia en la realización de pronósticos de demanda ya que son poco efectiva. Esta dificultad se debe a que los productos terminados que maneja la organización son muy irregulares en medidas, en los cables de cobre o de aluminio, además ha variado las ventas en el último año por razones políticas que atraviesan el país y por un cambio de administrativo dentro de la empresa.

El problema de pronóstico que tiene la empresa ha llevado a tener niveles de inventarios que no son los óptimos, lo que puede llevar a tener pérdidas de ventas debido a su posible falta de productos en stock o costos adicionales por exceso de inventario en bodega. Este problema también puede repercutir en la estrategia de gestión de la cadena de suministro ya que puede tener retrasos en las entregas por la falta de pronósticos exactos, por lo que se dificulta satisfacer las necesidades del cliente en el momento que se amerite, afectando a la competitividad en el mercado.

1.2 Justificación del problema

Es esencial que las empresas industriales ofrezcan un servicio de alta calidad para mantener la competitividad en el mercado. Por esta razón, deben llevar a cabo una serie de procesos logísticos con el propósito de disminuir gastos y aumentar sus ganancias, al mismo tiempo que aseguran la excelencia en sus productos.

La empresa objeto de estudio se dedica a la fabricación y comercialización de conductores eléctricos de cobre y aluminio, así como extensiones eléctricas. La falta de políticas en el inventario de la empresa ha dado lugar a problemas de almacenamiento en los que se acumulan existencias en exceso o, por el contrario, se enfrentan a situaciones de escasez.

El aumento en la demanda de los diversos productos que ofrece la empresa subraya la importancia de implementar gestiones de inventario sólidas, lo que permitiría mejorar la cantidad de mercancía que se mantiene en el almacén. Es fundamental destacar que la empresa carece de un sistema de pronóstico de la demanda, lo que impide la proyección adecuada de las necesidades de inventario para los meses venideros.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar una política de inventario adecuada para una empresa que se dedica a la comercialización de conductores eléctricos de aluminio y cobre, en base a un pronóstico de demanda de sus productos terminados de cobre.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar a través de un método de inventarios ABC para la determinación de los productos que requieren una política de inventarios.
- Seleccionar un modelo matemático de pronóstico de demanda utilizando criterios que sean adecuados a las características de demanda observadas.
- Aplicar el modelo de pronóstico seleccionado para llevar a cabo proyecciones basadas en su historial de ventas.
- Establecer una política de inventario que considere los resultados del pronóstico de demanda y determine niveles de stock óptimos.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Estado del arte

En este proyecto se realizó un enfoque para la buena gestión de inventario mediante una política óptima para la empresa que fabrica y distribuye cobre y aluminio a nivel nacional e internacional. La propuesta metodológica consiste en primer lugar en determinar la estrategia competitiva de la empresa en relación con los niveles de servicio. Luego, se procede a clasificar los productos de cobre, categorizándolos según su importancia, basándose en la demanda que generan. Posteriormente, se lleva a cabo el pronóstico de la demanda utilizando el coeficiente de variación, lo que permite medir la variabilidad y la técnica de pronóstico. Finalmente, se elige la política de inventario que se adapte a las necesidades específicas de la empresa.

En los sistemas de gestión de inventario, una característica fundamental es el manejo de una gran cantidad de SKUs (Stock Keeping Units) que deben ser controlados. Esta situación plantea un desafío significativo para los administradores, ya que no pueden otorgar la misma atención ni asignar recursos financieros iguales a todos los productos o ítems por igual. Por lo tanto, resulta beneficioso agruparlos en categorías más amplias en función de su importancia, lo que permite establecer políticas de reabastecimiento adecuadas.

Una metodología ampliamente aceptada para llevar a cabo esta categorización y clasificación de SKUs se conoce como la clasificación ABC. Este enfoque se basa en la idea de que no todos los productos o ítems en el inventario tienen la misma importancia, y se centra en identificar y priorizar los productos en función de su valor o impacto en los resultados financieros de la empresa. (Jaime Macías, 2019)

Se debe tener una gestión eficaz de la gestión logística de las operaciones de la empresa, se reconoce que existe una complejidad asociada a dicha gestión de inventario, y esta se manifiesta en la existencia de excesos de productos no vendidos o infrautilizados, junto con la falta de productos agotados que tienen alta demanda.

En este contexto, la tarea de pronosticar la demanda se convierte en una herramienta esencial, ya que implica anticipar el valor de una variable fundamental. Este pronóstico desempeña un papel crucial en la toma de decisiones empresariales que van más allá del ámbito logístico. Es evidente que se utilizan con frecuencia varios modelos de pronóstico de la demanda. El enfoque para desarrollar una proyección basada en la información accesible y las particularidades de la demanda está directamente vinculado con la dimensión temporal. Dentro de este enfoque, se establecen tres categorías fundamentales: pronósticos a corto plazo, a mediano plazo y a largo plazo. Cada una de estas categorías se adapta a un período específico y a necesidades particulares. (González, 2020)

La selección de una política de inventario adecuada es un paso crítico en este proceso. Esta elección se basa en el entendimiento del comportamiento de la demanda, que ha sido analizado anteriormente. En el contexto de la gestión de inventario, existen diversas metodologías que se adaptan a la variabilidad de la demanda. Es importante considerar que los modelos, también denominados como políticas de inventario, suelen ser categorizados de la siguiente manera:

Determinístico donde operan bajo un conjunto de restricciones bien definidas y se basan en el modelo del Lote Económico de Compra (EOQ), son particularmente eficaces cuando la demanda es constante y no experimenta variaciones a lo largo del tiempo. Esto les permite mantener un nivel de inventario óptimo sin enfrentar cambios significativos y los probabilísticos donde incorporan la idea de que la demanda puede experimentar fluctuaciones aleatorias. Estos sistemas de gestión de inventario tienen en cuenta la incertidumbre en la demanda y se dividen en subcategorías según el tipo de demanda. Pueden ser aplicables a situaciones en las que la demanda es independiente o dependiente de otros factores. (Marisol Valencia, 2015)

La selección de la política de inventario se vuelve crucial, ya que debe responder preguntas fundamentales, como cuánto tiempo debe pasar antes de revisar el inventario, cuándo es el momento adecuado para realizar pedidos y cuánta cantidad se debe solicitar en cada orden. Es importante destacar que esta elección puede variar significativamente, la elección adecuada de la política de inventario es esencial para lograr una gestión de operaciones logísticas eficiente y controlada. (González, 2020)

1.4.2 Listado de definiciones, modelos y definiciones

Gestión de inventarios

Según Adolfo González una gestión de inventarios constituye una práctica vinculada directamente a la cadena de valor empresarial, alineada con la estrategia y tácticas de la compañía, con el objetivo fundamental de cumplir con las expectativas de los clientes. (González, 2020)

Clasificación de inventarios

En lo que respecta a la clasificación de inventarios de productos, se han llevado a cabo diversos estudios que emplean enfoques de modelado matemático para definir las distintas agrupaciones de productos mediante la metodología ABC. Hay varias maneras de aplicar estas clasificaciones de productos, buscando adaptar la metodología de manera específica para satisfacer las necesidades particulares del negocio. (González, 2020)

Pronóstico de la demanda

Realizar un pronóstico de la demanda implica anticipar el valor de una variable, aspecto fundamental para la toma de decisiones empresariales que va más allá del ámbito logístico.

Los modelos utilizados con más frecuencia para pronosticar la demanda son los siguientes:

- Método Promedio Simple.
- Método Promedio Móvil Simple.
- Método de Promedios Ponderados Móviles, Método de Regresión Lineal.

- Suavizamiento Exponencial Simple.
- Método de Índices de Estacionalidad y Suavizamiento Exponencial Doble.

El criterio para desarrollar una predicción, considerando la información disponible y las particularidades de la demanda, está ligada al marco temporal, que comprende los plazos corto, mediano y largo. Por lo tanto, se requiere evaluar los modelos aplicados para identificar el más apropiado según la demanda del producto bajo análisis. (González, 2020)

Políticas de inventario

En las políticas de inventarios se identifican posibles enfoques para implementar un sistema de gestión de inventarios que se ajuste al comportamiento de la demanda, los cuales han sido previamente examinados en instancias anteriores.

Los modelos de política de inventarios se pueden clasificar en:

- **Determinísticos:** Estos presentan numerosas limitaciones y se fundamentan en el modelo de Lote Económico de Wilson para las compras (EOQ).
- **Demanda conocida:** No tiene variaciones en el tiempo.
- **Probabilístico:** Estos incorporan variaciones aleatorias en la demanda y, a su vez, se categorizan según el tipo de demanda, ya sea dependiente o independiente.

La elección de la política de inventario debe dirigirse a abordar la pregunta sobre la frecuencia de revisión del inventario, el momento de realizar pedidos y la cantidad a ordenar. (González, 2020)

A continuación, se detallan elementos que forman parte de la política de inventarios:

Stock de seguridad: Corresponde al nivel de existencias en el almacén para un producto específico que supera lo habitualmente requerido, con el propósito de afrontar variaciones en la demanda o posibles demoras imprevistas en la recepción de pedidos.

Inventario mínimo: La cantidad mínima de inventario disponible en el almacén antes de utilizar el stock de seguridad.

Inventario máximo: La cantidad máxima de inventario que puede ser almacenado en la bodega. (Gaither, 2003)

Análisis ABC

La técnica ABC es un recurso que facilita la identificación y evaluación de los productos más valiosos, mejorando la gestión de los recursos de inventario y favoreciendo decisiones más eficaces. Esta metodología categoriza el análisis ABC en tres niveles, otorgando prioridades a los diferentes productos:

Grupo A: Los de mayor relevancia para propósitos de supervisión. Este conjunto abarca un número reducido de productos, cuyos valores abarcan del 70 al 80% del inventario total y, por lo general, conforman aproximadamente el 15% de los productos.

Grupo B: Aquellos productos de importancia secundaria. En este grupo encontraremos una mediana cantidad de productos, cuyos valores están comprendidos entre el 15 y 25% del total de la inversión anual y, por lo general, constituyen entre el 20 y 30% de los productos.

Grupo C: Los de poca significancia. En esta categoría se incluyen la mayoría de los productos, cuyos valores oscilan entre el 5 y el 10% del inventario total, representando típicamente entre el 60% y el 70% de la totalidad de productos. (Tomás A. R. Fucci, 2008)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se describen los procedimientos a seguir para alcanzar los objetivos inicialmente propuestos. Se abordaron aspectos clave del proyecto, tales como la identificación de los materiales esenciales para el trabajo, la aplicación de la clasificación a los materiales seleccionados y, finalmente, la política de inventarios adecuada para los productos de la empresa.

Se analizaron todos los detalles correspondientes a los productos de la empresa. Asimismo, considerando la información proporcionada de las ventas de los últimos cinco años, se propone realizar una planificación precisa de los pedidos, teniendo en cuenta los tiempos y las cantidades apropiadas.

2.1 Técnicas de investigación

Los tipos de investigación que fueron aplicados en este proyecto son la investigación aplicada y la investigación descriptiva, con una orientación cuantitativa, estas investigaciones nos ayudan a diseñar una política de inventario eficiente para una empresa de comercialización de conductores eléctricos de aluminio y cobre.

Este enfoque se justifica debido a la necesidad de aplicar teorías y modelos de gestión de inventario en un contexto empresarial específico, y la importancia de describir y analizar los patrones de demanda y las prácticas actuales de inventario.

- **Investigación Aplicada:** Se enfoca en la aplicación práctica de teorías y principios de las políticas de inventario para resolver problemas específicos en la empresa de estudio. Este enfoque ayuda a generar soluciones concretas y prácticas que pueden ser implementadas para mejorar la eficiencia operativa.
- **Investigación Descriptiva:** Pretende detallar y describir las características actuales del sistema de inventario y la demanda de productos de la empresa. Se busca obtener una comprensión clara de cómo se manejan actualmente los inventarios y cómo se comporta la demanda de los productos.
- **Enfoque Cuantitativo:** Se utiliza para cuantificar los datos y facilitar su análisis estadístico. Esto permite establecer patrones, tendencias y correlaciones entre diferentes variables, como la demanda de productos, los niveles de inventario y los tiempos de entrega. (Pole, 2009)

Dado los desafíos que presenta el tema de investigación en la empresa, se emprendieron modificaciones con el objetivo de implementar de manera efectiva mejoras en el proceso de producción y en la planificación de inventarios, especialmente al determinar niveles de stock óptimos.

Al realizar el estudio se observó ineficiencia en la realización de pronósticos de demanda, este problema conlleva a tener niveles de inventarios que no son óptimos, esto genera pérdidas de ventas debido a posibles faltas de productos de stock o costos adicionales por exceso de inventario en bodega.

La entrevista se realizó al gerente regional de ventas, esta entrevista es una técnica de investigación importante para obtener datos del tema de estudio. Lo importante de esta técnica es que se adquirió la información necesaria acerca de la problemática del proyecto.

A través de la investigación bibliográfica puntualizada, definida como el proceso de seleccionar información previamente documentada y relevante para un caso de estudio o problema, se exploraron fuentes como artículos científicos y revistas. Esta metodología permitió identificar investigaciones similares a nuestro proyecto presentado, brindando una base sólida de conocimiento ya existente en la temática.

2.1.1 Levantamiento de Información

En la etapa inicial, se realizó la recopilación de datos a través de una entrevista con el gerente regional de ventas, quien tiene la responsabilidad de supervisar las ventas a nivel regional. Este análisis ofreció una comprensión detallada de cómo se administra el proceso interno y reveló los desafíos que surgen en tiempo real en dicho proceso.

En la segunda etapa se realizó el análisis de los datos históricos de ventas, para llevar a cabo esta acción se utilizaron algunos registros de la empresa, que incluyen volúmenes de ventas, patrones de demanda, tiempos de reposición y costos. Estos datos son fundamentales para entender las tendencias y ciclos de la demanda de los productos.

Se recopiló información sobre el inventario actual, para efectuar esto se recogieron datos sobre los niveles de inventario existente, la rotación de los productos, los métodos de almacenamiento y distribución. Esta información es crucial para evaluar la eficiencia del sistema del inventario actual.

Esta recopilación de datos proporcionará una comprensión profunda de la política de inventario en la empresa, lo que es fundamental para el desarrollo de una política de inventario basada en un pronóstico de demanda efectivo y realista.

1	Cod. Familia	código	nombre	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19
2	02	02000500	Cable Cu Desnudo 1/0 AWG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	02	02000565	Cable Cu Desnudo 1/0 AWG	0	0	0	0	0	2020	500	0	0	0
4	02	02000580	Cable Cu Desnudo 1/0 AWG	1000	1000	0	0	0	0	1000	0	2000	0
5	02	02000600	Cable Cu Desnudo 2/0 AWG	0	0	1500	0	0	500	0	100	0	0
6	02	02000639	Cable Cu Desnudo 2/0 AWG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	02	02000665	Cable Cu Desnudo 2/0 AWG	0	0	553	0	200	500	0	1805	2005	0
8	02	02000680	Cable Cu Desnudo 2/0 AWG	1987	0	0	0	0	2000	3000	1000	0	3020
9	02	02000700	Cable Cu Desnudo 3/0 AWG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	02	02000765	Cable Cu Desnudo 3/0 AWG	0	1000	0	0	0	522	0	0	0	0
11	02	02000800	Cable Cu Desnudo 4/0 AWG	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0
12	02	02000839	Cable Cu Desnudo 4/0 AWG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	02	02000880	Cable Cu Desnudo 4/0 AWG	510	2000	0	0	1800	500	0	500	500	0
14	02	02000900	Cable Cu Desnudo 250 Kcmil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	02	02001039	Cable Cu Desnudo 300 Kcmil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	02	02001600	Cable Cu Desnudo 12 AWG	0	0	0	0	0	11000	0	0	0	0
17	02	02001700	Cable Cu Desnudo 10 AWG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	02	02002000	Cable Cu Desnudo 8 AWG	3000	0	1000	0	0	2000	0	1000	1000	0
19	02	02002046	Cable Cu Desnudo 8 AWG	0	0	0	0	8000	2000	0	0	0	0
20	02	02002100	Cable Cu Desnudo 6 AWG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	02	02002146	Cable Cu Desnudo 6 AWG	1000	1000	0	0	2000	6000	1000	1000	0	0
22	02	02002200	Cable Cu Desnudo 4 AWG	0	0	0	0	0	1950	0	0	0	0
23	02	02002239	Cable Cu Desnudo 4 AWG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	02	02002246	Cable Cu Desnudo 4 AWG	0	0	0	500	0	426	0	0	0	0
25	02	02002265	Cable Cu Desnudo 4 AWG	0	0	0	0	0	0	2000	0	0	0
26	02	02002300	Cable Cu Desnudo 2 AWG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	02	02002301	Cable Cu Desnudo 2 AWG Rollo 100m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	02	02002346	Cable Cu Desnudo 2 AWG	700	0	0	1716	3000	640	1028	0	230	570
29	02	02002365	Cable Cu Desnudo 2 AWG	3070	1810	0	0	2000	5000	3013	12847	39200	14000
30	02	02002400	Cable Cu Desnudo 14 AWG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	02	02300300	Cable Cu Desnudo 6 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	02	02300400	Cable Cu Desnudo 10 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	02	02300500	Cable Cu Desnudo 16 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	02	02300600	Cable Cu Desnudo 25 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	02	02300700	Cable Cu Desnudo 35 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	02	02300739	Cable Cu Desnudo 35 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	02	02300800	Cable Cu Desnudo 50 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	02	02300900	Cable Cu Desnudo 70 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	02	02301000	Cable Cu Desnudo 95 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	02	02301100	Cable Cu Desnudo 120 mm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	05	05000500	Cable Cu TTU 1/0 AWG 2kV 75°C Negro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	05	05000501	Cable Cu TTU 1/0 AWG 2kV 75°C Rollo 100m Negro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	05	05000510	Cable Cu TTU 1/0 AWG 2kV 75°C 1000m Negro	2965	5958	5027	0	1978	11032	1000	3000	9985	4038
44	05	05000580	Cable Cu TTU 1/0 AWG 2kV 75°C 500m Negro	0	500	0	1560	0	1642	0	1358	2000	1520

Figura 1. Base de datos de las ventas de cobre

Fuente: Empresa Incable

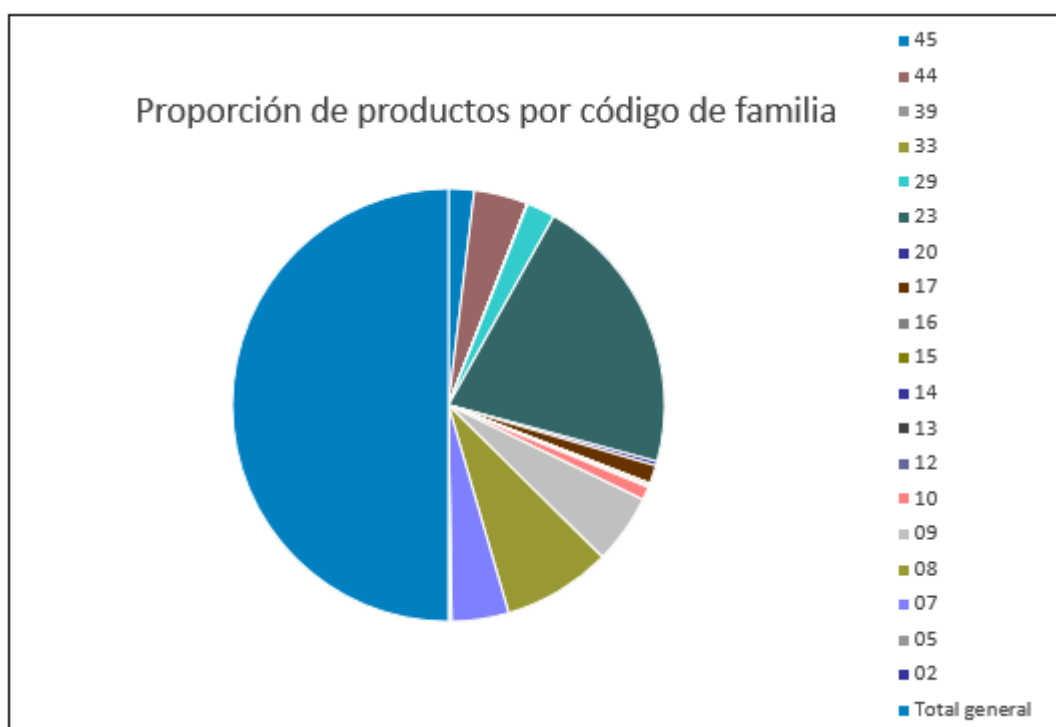


Figura 2. Proporción de productos por código de familia

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Análisis de la información levantada: Situación actual

Con el objetivo de examinar la situación presente de la empresa, se llevó a cabo un análisis de los datos de ventas desde noviembre de 2018 hasta octubre de 2023. Dada la diversidad de productos de cobre que gestiona la empresa, se aconseja enfocar el análisis en las ventas de los productos que han mantenido una regularidad en los últimos seis meses. Los pronósticos de demanda se generaron en base al comportamiento evidenciado por estos datos.

Después de obtener el análisis de la información junto al gerente de ventas para la ejecución del proyecto, procedimos a llevar a cabo dicho análisis:

- Se implementó una revisión de toda la base de datos esencial para la investigación, que incluyeron los registros de ventas, informes de consumos, esquemas, costos de los productos de cobre entre otros. Estos detalles fueron documentados en un informe proporcionado por la

empresa los cuales fueron de mucha utilidad al momento de reconocer las necesidades reales de la empresa.

- La depuración, análisis e interpretación de la información recopilada se efectuaron mediante la aplicación de Microsoft Excel, poniendo especial énfasis en la elaboración de tablas dinámicas para un manejo más detallado de los datos introducidos. Este método posibilitó un control más efectivo al filtrar cada uno de los elementos presentes en la información seleccionada, previniendo duplicidades y garantizando la integridad de los valores, entre otras consideraciones.

2.2 Descripción de los modelos

La elección del modelo para los pronósticos de las ventas en la empresa en cuestión se basa únicamente en el historial de ventas, destacándose por su agilidad y sencillez en la implementación.

El análisis de estas series se fundamenta en la premisa de que los valores de la variable observada se derivan de cuatro elementos fundamentales: la tendencia o desarrollo a largo plazo, la estacionalidad o patrones periódicos a corto plazo, la componente cíclica que refleja fluctuaciones irregulares alrededor de la tendencia, y la componente aleatoria que representa variaciones impredecibles de naturaleza errática.

El uso de software estadístico R facilita el análisis de las series temporales, proporcionando una combinación eficaz de velocidad de procesamiento y capacidad gráfica extensa. Esto contribuye a una comprensión más profunda y precisa de los datos, permitiendo así tomar decisiones informadas y respaldadas por evidencia en el ámbito de la proyección de ventas.

El modelo de series temporales empleado en este análisis es el AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA).

Los modelos ARIMA combinan la cantidad adecuada de diferenciaciones para lograr la estacionariedad de una serie temporal (I) con un componente autorregresivo (AR), el cual consiste en prever la variable de interés mediante una combinación lineal de sus valores pasados. También incorporan un componente de medias móviles (MA), que utiliza los errores de pronóstico anteriores, en una estructura similar a la regresión. (ANDRADE CHAVEZ, 2023):

$$y'_t = c + \varphi_1 y'_{t-1} + \dots + \varphi_p y'_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.1)$$

Donde:

$$y'_t \text{ es la serie diferencia en la que } y'_t = y_t - y_{t-1} \quad (2.2)$$

La variable ε_t que representa el ruido blanco, sigue una distribución normal $\varepsilon_t \sim N(\mu, \sigma^2)$, donde μ es la media igual a 0 y σ^2 es una varianza constante. Además, se establece que los términos de error son independientes de los valores de y .

p: orden de la parte auto regresiva.

d: grado de la primera diferenciación.

q: orden de la parte de las medias móviles.

ϕ_i y θ_i : actúan como predictores.

Dado que la demanda es variable y se requiere un manejo diario del inventario, se ha seleccionado el modelo Min-Max para la implementación del sistema de inventario. Este enfoque de control de inventario es ampliamente reconocido como uno de los más populares, utilizado en diversas industrias y para diferentes tipos de productos.

Las ecuaciones presentadas a continuación desempeñan un papel crucial en la definición de una gestión de inventario adecuada para la empresa de estudio. Estas fórmulas se han diseñado con el propósito de proporcionar un marco robusto que permita la elección entre diversas opciones disponibles en la gestión de inventarios.

La ecuación del inventario mínimo o de seguridad se determina:

$$\text{Inventario mínimo} = \text{Demanda promedio} * \text{tiempo de reposición} \quad (2.3)$$

La ecuación del inventario máximo se determina:

$$\text{Inventario máximo} = (\text{máxima demanda} * \text{tiempo de reposición}) + \text{inventario mínimo} \quad (2.4)$$

La ecuación del stock de seguridad se determina:

$$\text{Stock de seguridad} = Z * \sigma * \sqrt{(\text{tiempo de reposición})} \quad (2.5)$$

La ecuación del punto de pedido se determina:

$$\text{Punto de pedido} = \text{Inventario mínimo} + \text{Stock de seguridad} \quad (2.6)$$

La ecuación de cantidad a ordenar se determina:

$$\text{Cantidad a ordenar} = \text{Inventario máximo} - \text{Stock de seguridad} \quad (2.7)$$

2.3 Uso del software

En el marco de esta investigación, se empleó la plataforma colaborativa Microsoft Excel como una herramienta integral. Esta aplicación desempeñó un papel fundamental al consolidar la información inicialmente proporcionada, facilitando así la realización de operaciones matemáticas esenciales para la ejecución de este proyecto.

El modelo fue desarrollado sobre el software estadístico R, donde le facilita la interacción dinámica del usuario al ingresar sus datos esenciales, al tiempo que posibilita la visualización de tablas y gráficos, contribuyendo así a una comprensión más efectiva.

Esta interfaz mostrara dos graficas las cuales son:

El pronóstico de la demanda del producto y su política de inventario, además, mostrará una tabla con información relevante como, el punto de reorden, inventario mínimo, entre otros. El usuario tiene la libertad de elegir el código del

producto, así como el tiempo de reposición, el periodo de cobertura y el nivel de servicio.

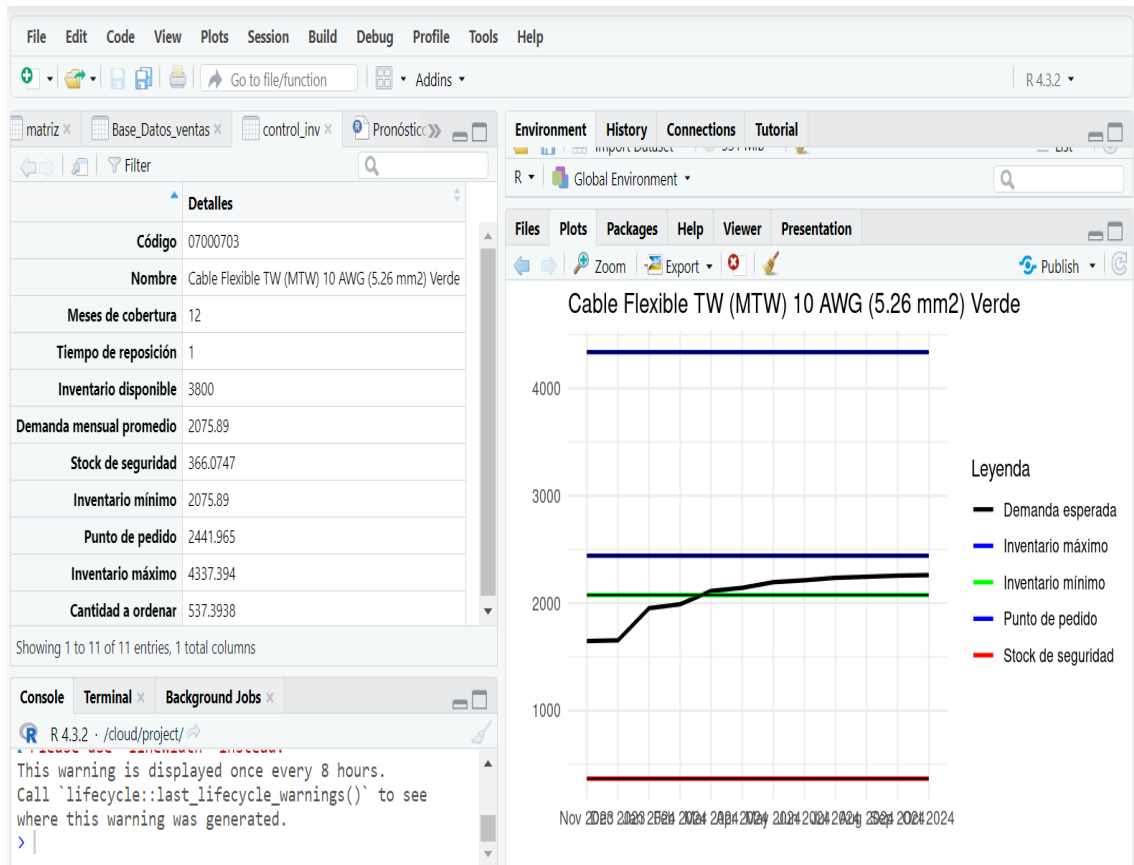


Figura 3. Gráficas desarrolladas en R

Fuente: Elaboración propia

2.4 Consideraciones legales y éticas

Las consideraciones éticas y legales en el diseño de políticas de inventario, especialmente en el contexto de una empresa que comercializa conductores eléctricos, incluyen:

- **Integridad de Datos:** Asegurar la precisión y honestidad en la recopilación y análisis de datos de inventario y pronósticos de demanda.
- **Transparencia con los Stakeholders:** Mantener una comunicación clara y honesta con clientes, proveedores y empleados sobre las políticas y prácticas de inventario.

- **Responsabilidad Social:** Considerar el impacto ambiental y social de las prácticas de inventario, especialmente en lo que respecta a materiales como el aluminio y el cobre.
- **Cumplimiento de Normativas:** Adherirse a las leyes y regulaciones locales e internacionales relacionadas con el comercio, almacenamiento y transporte de materiales eléctricos.
- **Protección de la Propiedad Intelectual y de Datos:** Garantizar la seguridad de la información del inventario y los históricos de demanda, respetando las leyes de privacidad de datos.
- **Contratos y Acuerdos Comerciales:** Respetar los términos legales de los contratos con proveedores y clientes, incluyendo acuerdos de confidencialidad, contratos de suministro y acuerdos de compra y venta.

2.5 Fases del proyecto

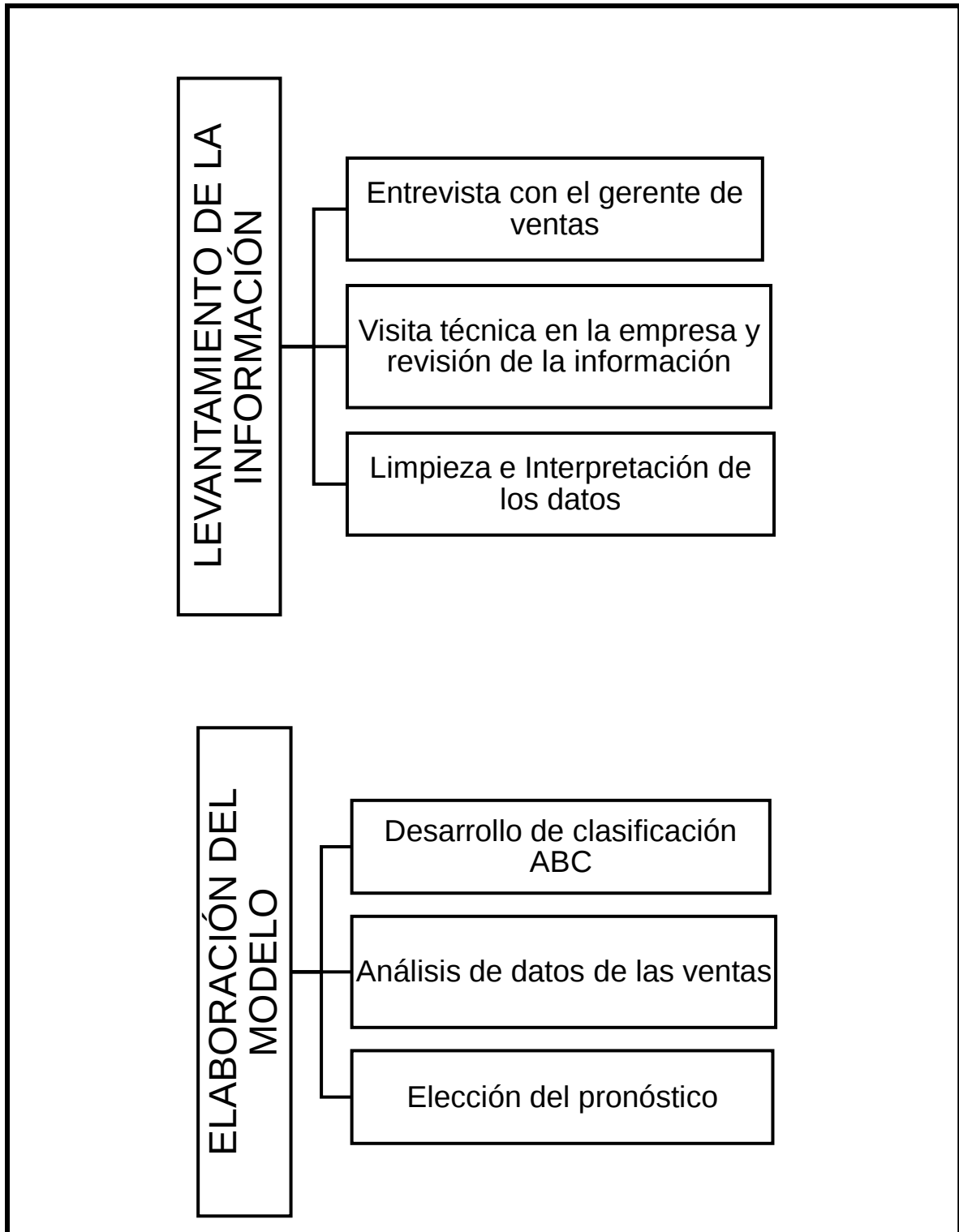


Figura 4. Fases del proyecto

Fuente: Elaboración propia

2.6 Cronograma de trabajo

ACTIVIDADES	Termina en el día →			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16
	Inicio	Duración(Días)	Fin	25 sep - 1 oct	2 oct - 8 oct	9 oct - 15 oct	16 oct - 22 oct	23 oct - 29 oct	6 nov - 12 nov	13 nov - 19 nov	20 nov - 26 nov	27 nov - 3 dic	4 dic - 10 dic	11 dic - 17 dic	18 dic - 24 dic	25 dic - 31 dic	1 ene - 7 ene	8 ene - 14 ene
Elección de empresa por parte del tutor.	27/9/2023	1	27/9/2023															
Acercamiento con el jefe de operaciones.	3/10/2023	1	3/10/2023															
Definición y descripción del problema.	4/10/2023	3	6/10/2023															
Inducción en la empresa.	13/10/2023	1	13/10/2023															
Definiendo la causa raíz.	13/10/2023	1	13/10/2023															
Informe ejecutivo del proyecto.	13/10/2023	4	16/10/2023															
Planteamiento de el objetivo general, objetivos específicos y estado del arte.	17/10/2023	3	19/10/2023															
Reunion con el gerente de ventas.	18/10/2023	1	18/10/2023															
Revisión literaria.	20/10/2023	5	24/10/2023															
Visita técnica para recolección de información.	23/10/2023	1	23/10/2023															
Revisión y finalización del capítulo 1.	25/10/2023	3	27/10/2023															
Presentación del avance 1.	7/11/2023	1	7/11/2023															
Definición de la metodología.	12/11/2023	3	14/11/2023															
Segunda reunión con el gerente de ventas.	18/11/2023	1	18/11/2023															
Limpieza e interpretación de la data levantada.	20/11/2023	4	23/11/2023															
Lienzo de propuesta de valor.	29/11/2023	5	3/12/2023															
Revisión y finalización del capítulo 2.	6/12/2023	3	8/12/2023															
Presentación del avance 2.	12/12/2023	1	12/12/2023															
Análisis de los resultados.	15/12/2023	5	20/12/2023															
Comparación de los resultados situación actual vs propuesta.	21/12/2023	3	23/12/2023															
Análisis de costos y análisis comparativo.	26/12/2023	3	29/12/2023															
Elaboración de conclusiones y recomendaciones.	3/1/2024	2	4/1/2024															
Revisión y finalización de todo el proyecto.	8/1/2024	4	11/1/2024															
Presentación de Avance 3.	12/1/2024	1	12/1/2024															

Figura 5. Cronograma de trabajo

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se detallaron los resultados derivados de la implementación de la metodología expuesta en el capítulo 2. Se llevó a cabo la evaluación de cada código, enfocándose principalmente en los productos con mayores ventas, dado que este análisis resulta crucial para verificar la eficacia de la interfaz. En la información proporcionada por la empresa, se identificaron más de 600 SKU, las cuales, después de depurarlas, se redujeron a 472 códigos. Posteriormente, se aplicó la técnica ABC para clasificar el inventario.

3.1 Información obtenida de la depuración de la data de los productos de cobre

En la data principal que brindó la empresa para el análisis, se encontraban 600 SKU, distribuidos en productos de cable y alambre de cobre que vende la empresa.

Se identificaron y eliminaron aquellos productos que ya no se venden. Este criterio de eliminación se basó en datos de ventas históricos y actuales, tomando en cuenta factores como la falta de demanda en un período determinado y la discontinuidad del producto por parte de la empresa. Realizar la eliminación fue crucial, ya que la presencia de productos obsoletos en la base de datos podía conducir a decisiones de negocio erróneas y a una mala asignación de recursos.

Se filtraron los datos que son irrelevantes. Este proceso implicó la revisión detallada de cada producto restante para determinar su relevancia actual. Este filtrado fue esencial para garantizar que la base de datos refleje de manera precisa el inventario actual y las preferencias del mercado, permitiendo así una mejor planificación y toma de decisiones.

El resultado de este proceso de depuración fue la reducción significativa de la base de datos de 600 a 472 productos. Esta reducción no solo mejoró la calidad y relevancia de la base de datos, sino que también simplificó la gestión y el análisis de datos. Al eliminar productos que ya no se venden y filtrar aquellos irrelevantes, se logró una base de datos más manejable y estratégicamente alineada con las necesidades y objetivos comerciales actuales.

3.2 Clasificación ABC

3.2.1 Análisis ABC de los productos de cobre

El análisis ABC se ejecutó considerando las ventas de los productos de cobre. Se aplicó a los productos que registraron más de 1000 metros de ventas en los últimos 5 años. El 80% de los productos se clasificaron como categoría A, totalizando 55 elementos. La categoría B abarcó el 15%, con 84 elementos, mientras que la categoría C representó el 5% de las ventas, con 333 productos, como se detalla en la tabla 1.

ZONA	NÚMERO ELEMENTOS	PORCENTAJE ARTÍCULOS	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE CANTIDAD	PORCENTAJE CANTIDAD ACUMULADA
A	55	11,65%	11,65%	79,999%	79,999%
B	84	17,80%	29,45%	14,969%	94,969%
C	333	70,55%	100,00%	5,031%	100,000%
TOTAL	472	100,00%		100,000%	

Tabla 1. Clasificación ABC

Fuente: Elaboración propia

3.3 Productos que se van a analizar

Se optó por emplear los cinco primeros productos de la categoría A para incorporarlos en el código desarrollado en el programa R. De esta manera, se llevó a cabo la validación del pronóstico, análisis de costos y comparativas con las ventas reales correspondientes a los meses de noviembre y diciembre. En la tabla 2 se presentan los cinco SKU seleccionados, acompañados de sus respectivos nombres, participación relativa y acumulada en el inventario.

CÓDIGO	NOMBRE DEL PRODUCTO	TOTAL	PARTICIPACIÓN RELATIVA DEL INVENTARIO	PARTICIPACIÓN ACUMULADA DEL INVENTARIO
23200200	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Blanco	17911400	5,12%	5,12%
23200201	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Negro	16364000	4,68%	9,80%
23200202	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Rojo	13950800	3,99%	13,79%
23200204	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Azul	11536900	3,30%	20,69%
23200205	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Amarillo	11267500	3,22%	23,91%

Tabla 2. Participación relativa y acumulada del producto

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se visualiza las ventas reales de los 5 productos del mes de noviembre y diciembre del año 2023 con su respectivo promedio.

NOMBRE	NOVIEMBRE DEL 2023	DICIEMBRE DEL 2023	PROMEDIO
Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Blanco	205500	152600	179050
Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Negro	247200	242800	245000
Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Rojo	347200	264700	305950
Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Azul	410300	337100	373700
Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Amarillo	423900	348200	386050

Tabla 3. Ventas reales de los 5 productos del mes de noviembre y diciembre del 2023

Fuente: Elaboración propia

3.4 Resultados de la experimentación

Como se mencionó anteriormente en el capítulo previo, la aplicación exhibe una interfaz amigable y de fácil manejo al utilizarla en R Studio. Esto simplificará al usuario el cálculo de las cantidades a solicitar, tomando en consideración el pronóstico de demanda y su horizonte de planificación.



Figura 6. Programación en R Studio

Fuente: Elaboración propia

Después de identificar los cinco productos con mayores ventas, los introduciremos en la aplicación para conocer su política de inventario. Esto permitirá un control más efectivo del stock, evitando situaciones de falta de producto y asegurando la disponibilidad necesaria hasta el próximo periodo. Se verificó la correspondencia entre el pronóstico efectuado y el comportamiento previsto de las ventas futuras, evaluando la precisión de dichas proyecciones con respecto a las ventas reales para los productos mencionados.

Las tablas de la 4 a la 8 presentan la política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado para los meses de noviembre y diciembre mediante el código, con su parte real de las ventas para analizar la efectividad del programa, con su error y efectividad porcentual.

Periodo de cobertura	2 meses	
Tiempo de reposición	1 mes	
Código	23200200	
Nombre	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Blanco	
Precio referencial	\$	0,47
Inventario disponible	382300	
	PROPUESTO	REAL
Demanda mensual promedio	319130	386050
Stock de seguridad	46190	88046
Inventario mínimo	319130	386050
Punto de pedido	365319	474096
Inventario máximo	658116	809950
Cantidad a ordenar	275816	427650
Error porcentual demanda promedio	17%	
Precisión porcentual demanda promedio	83%	

Tabla 4. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 1

Fuente: Elaboración propia

No se observó un cambio significativo en la serie de tiempo del producto Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Blanco en las ventas reales con lo proyectado, se puede apreciar que tiene un error porcentual del 17%, con una precisión del 83%, por lo que se concluye que es una buena predicción, tomando los valores referenciales de la cantidad a ordenar con un propuesto de 275816.

Periodo de cobertura	2 meses	
Tiempo de reposición	1 mes	
Código	23200201	
Nombre	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Negro	
Precio referencial	\$ 0,4750	
Inventario disponible	350900	
	PROPUESTO	REAL
Demanda mensual promedio	281115	373700
Stock de seguridad	42240	85138
Inventario mínimo	281115	373700
Punto de pedido	323355	458838
Inventario máximo	580389	784000
Cantidad a ordenar	229489	433100
Error porcentual demanda promedio	25%	
Precisión porcentual demanda promedio	75%	

Tabla 5. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 2

Fuente: Elaboración propia

No se evidenció una variación sustancial en la secuencia temporal de ventas reales con respecto a las proyecciones para el producto Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Negro. Se destacó un error porcentual del 25%, pero con una precisión del 75%. A partir de estos resultados, se concluye que la predicción es satisfactoria. Se sugirió la cantidad a ordenar propuesta de 229489 como referencia.

Periodo de cobertura	2 meses	
Tiempo de reposición	1 mes	
Código	23200202	
Nombre	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Rojo	
Precio referencial	\$ 0,4752	
Inventario disponible	314800	
	PROPUESTO	REAL
Demanda mensual promedio	259146	305950
Stock de seguridad	60889	95955
Inventario mínimo	259146	305950
Punto de pedido	320035	401905
Inventario máximo	544467	653150
Cantidad a ordenar	229667	338350
Error porcentual demanda promedio	15%	
Precisión porcentual demanda promedio	85%	

Tabla 6. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 3

Fuente: Elaboración propia

No se observó un cambio significativo en la serie de tiempo del producto Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Rojo en las ventas reales con lo proyectado, se pudo apreciar que tiene un error porcentual del 15%, con una precisión del 85%, por lo que se concluyó que es una buena predicción, tomando los valores referenciales de la cantidad a ordenar con un propuesto de 229667.

Periodo de cobertura	2 meses	
Tiempo de reposición	1 mes	
Código	23200204	
Nombre	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Azul	
Precio referencial	\$	0,4757
Inventario disponible	128300	
	PROPUESTO	REAL
Demanda mensual promedio	192282	245000
Stock de seguridad	0	5118
Inventario mínimo	192282	245000
Punto de pedido	192282	250118
Inventario máximo	384563	492200
Cantidad a ordenar	256263	363900
Error porcentual demanda promedio	22%	
Precisión porcentual demanda promedio	78%	

Tabla 7. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 4

Fuente: Elaboración propia

No se evidenció una variación sustancial en la secuencia temporal de ventas reales con respecto a las proyecciones para el Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Azul. Se destacó un error porcentual del 22%, pero con una precisión del 78%. A partir de estos resultados, se concluyó que la predicción es satisfactoria. Se sugirió la cantidad a ordenar propuesta de 256263 como referencia.

Periodo de cobertura	2 meses	
Tiempo de reposición	1 mes	
Código	23200205	
Nombre	Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Amarillo	
Precio referencial	\$ 0,4757	
Inventario disponible	114300	
	PROPUESTO	REAL
Demanda mensual promedio	183011	179050
Stock de seguridad	11175	61527
Inventario mínimo	183011	179050
Punto de pedido	194186	240577
Inventario máximo	370825	384550
Cantidad a ordenar	256525	270250
Error porcentual demanda promedio	2%	
Precisión porcentual demanda promedio	98%	

Tabla 8. Política de inventario de acuerdo con el pronóstico calculado código 5

Fuente: Elaboración propia

Para este producto las ventas reales del Cable Flex THHN/THWN 12 AWG Rollo 100m Amarillo no presenta cambios notables en comparación con las proyecciones realizadas. Se observó un error porcentual muy bajo del 2 %, con una precisión del 98%. Estos resultados indicaron que, tiene un margen de error muy bajo, la predicción se muestra eficaz y confiable.

En términos prácticos, esto implica que la estimación proporcionada para este producto es razonablemente precisa, permitiendo a la empresa anticipar la demanda con un alto grado de confianza. Se sugirió tomar como referencia la cantidad a ordenar propuesta, que se establece en 256525, para optimizar la gestión de inventario y asegurar un abastecimiento adecuado hasta el próximo periodo.

3.5 Análisis de costos

Se experimentó una mejora en los costos logísticos, aunque debemos tener en cuenta la diferencia de la demanda real con la proyectada ya que para cada producto analizado tiene su porcentaje de efectividad, que conlleva a bajar dichos costos.

La organización nos facilitó con los precios referenciales de los productos y una estimación del costo de producción del producto de \$0,30. Para el análisis tomamos los costos de producción del producto más el costo de mantener el inventario.

En la tabla 9 se podrá apreciar los costos de producción y de mantener para cada producto con la política de inventario propuesto.

POLÍTICA DE INVENTARIO PROPUESTA MIN - MAX					
Costo de producción por producto	\$ 0,30				
Costo de mantener un dólar de artículo inmovilizado	\$ 0,25 \$/año				
Periodo de cobertura	2 meses				
Tiempo de reposición	1 mes				
Código	23200200	23200201	23200202	23200204	23200205
Inventario disponible	382300	350900	314800	128300	114300
Demanda estimada mensual	319130	281115	259146	192282	183011
Stock de seguridad	46190	42240	60889	0	11175
Inventario mínimo	319130	281115	259146	192282	183011
Punto de pedido	365319	323355	320035	192282	194186
Inventario máximo	658116	580389	544467	384563	370825
Cantidad a ordenar	275816	229489	229667	256263	256525
Precio referencial	\$ 0,4747	\$ 0,4750	\$ 0,4752	\$ 0,4757	\$ 0,4757
Costo de mantener el inventario	\$ 21.847,78	\$ 18.641,92	\$ 20.875,83	\$ 15.238,06	\$ 16.582,63
Costo de producción	\$ 95.738,91	\$ 84.334,47	\$ 77.743,77	\$ 57.684,51	\$ 54.903,15
Costo total	\$ 117.586,69	\$ 102.976,39	\$ 98.619,60	\$ 72.922,57	\$ 71.485,78

Tabla 9. Política de inventario propuesta MIN - MAX

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se podrá apreciar los costos de producción y de mantener para cada producto con la demanda real de la empresa.

POLÍTICA DE INVENTARIO REAL MIN - MAX					
Costo de producción por producto	\$ 0,30				
Costo de mantener un dólar de artículo inmovilizado	\$ 0,25 \$/año				
Periodo de cobertura	Noviembre/Diciembre 2023				
Código	23200200	23200201	23200202	23200204	23200205
Demanda real promedio	386050	373700	305950	245000	179050
Stock de seguridad	88046	85138	95955	5118	61527
Cantidad a ordenar	427650	433100	338350	363900	270250
Precio referencial	\$ 0,4747	\$ 0,4750	\$ 0,4752	\$ 0,4757	\$ 0,4757
Costo de mantener el inventario	\$ 35.824,51	\$ 35.825,45	\$ 31.497,41	\$ 22.247,01	\$ 23.386,88
Costo de Producción	\$ 115.815,00	\$ 112.110,00	\$ 91.785,00	\$ 73.500,00	\$ 53.715,00
Costo Total	\$ 151.639,51	\$ 147.935,45	\$ 123.282,41	\$ 95.747,01	\$ 77.101,88

Tabla 10. Política de inventario actual

Fuente: Elaboración propia

3.6 Análisis comparativo

En la tabla 11 se contrastaron los costos totales entre la política de inventario propuesta y la real de la empresa.

Código	Costo de mantener el inventario		Costo de producción	
	PROPUESTO	REAL	PROPUESTO	REAL
23200200	\$ 21.847,78	\$ 35.824,51	\$ 95.738,91	\$ 115.815,00
23200201	\$ 18.641,92	\$ 35.825,45	\$ 84.334,47	\$ 112.110,00
23200202	\$ 20.875,83	\$ 31.497,41	\$ 77.743,77	\$ 91.785,00
23200204	\$ 15.238,06	\$ 22.247,01	\$ 57.684,51	\$ 73.500,00
23200205	\$ 16.582,63	\$ 23.386,88	\$ 54.903,15	\$ 53.715,00

Tabla 11. Costos totales entre la política de inventarios propuesta y la real

Fuente: Elaboración propia

Es evidente un ahorro sustancial en dólares asociado a cada producto; no obstante, es crucial considerar el porcentaje de error vinculado a las proyecciones de demanda de dichos productos.

En las figuras 7 y 8 podemos apreciar la comparativa de costos por producto.

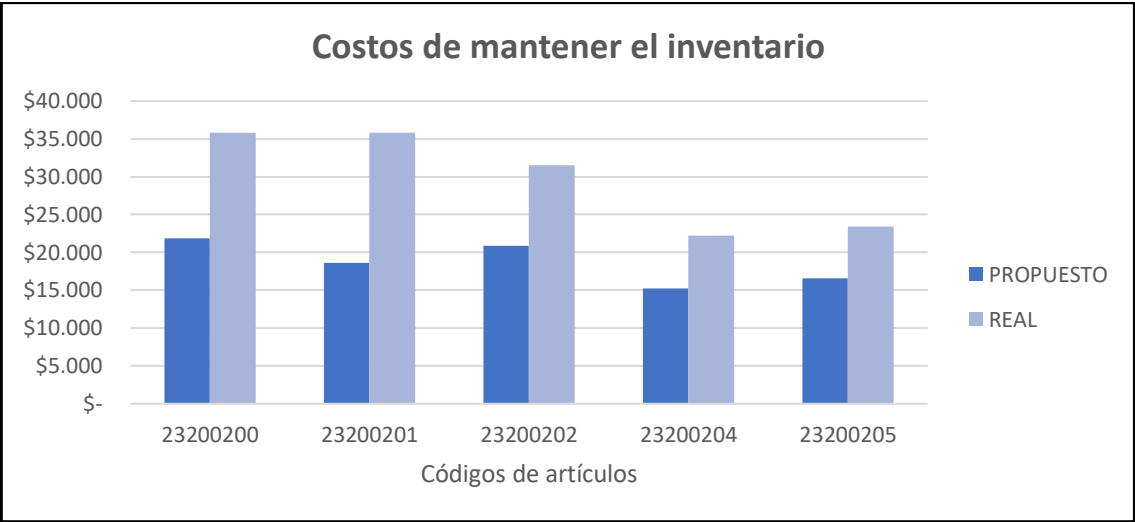


Figura 7. Costos de mantener el inventario

Fuente: Elaboración propia

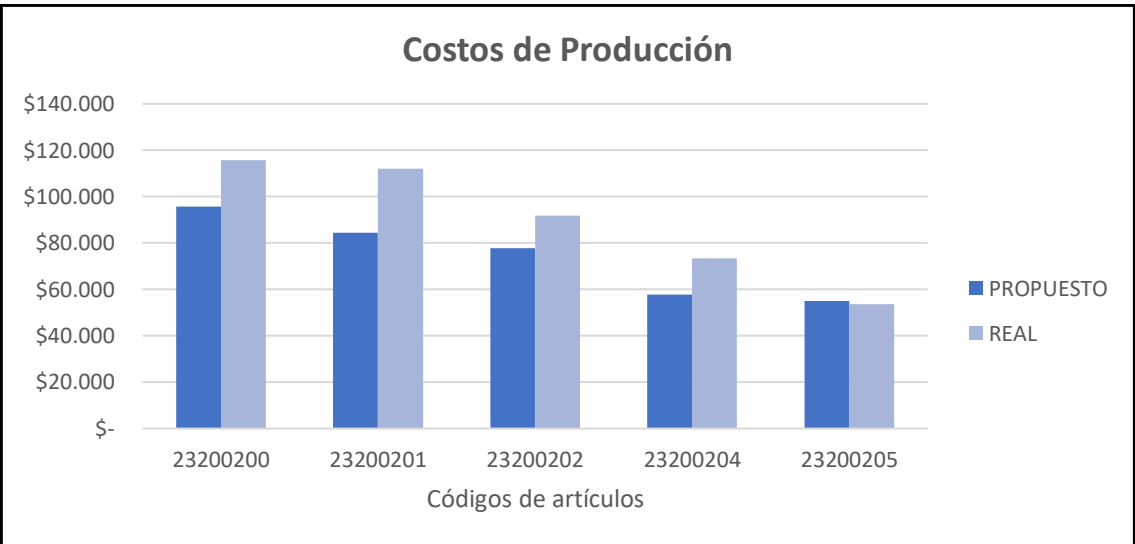


Figura 8. Costos de producción

Fuente: Elaboración propia

3.7 Simulaciones

Se llevó a cabo la ejecución del software, ahora aplicado a nivel de familias, con el objetivo de visualizar los resultados de manera consolidada en una sola tabla. Esta estrategia facilitará la toma de decisiones, agilizando el proceso de análisis y permitiendo una evaluación integral.

	Código	Meses de cobertura	Tiempo de reposición	Inventario disponible	Demanda mensual promedio	Stock de seguridad	Inventario mínimo	Punto de pedido	Inventario máximo	Cantidad a ordenar
1	8000400	3	2	60300	41738	3643	83476	87119	170566	110266
2	8000401	3	2	25900	39895	9836	79790	89627	169339	143439
3	8000402	3	2	28100	31618	9020	63236	72256	135202	107102
4	8000403	3	2	48600	31734	3762	63468	67231	130051	81451
5	8000404	3	2	42400	33837	11116	67674	78790	141782	99382
6	8000405	3	2	16400	23685	3943	47371	51314	98319	81919
7	8000500	3	2	47100	45800	0	91600	91600	183200	136100
8	8000501	3	2	42200	24250	3588	48501	52089	98802	56602
9	8000502	3	2	46100	32932	5513	65865	71379	135485	89385
10	8000503	3	2	36000	19091	10846	38182	49029	83070	47070
11	8000504	3	2	32100	24066	3962	48132	52095	100197	68097
12	8000505	3	2	23600	7314	9030	14629	23660	38147	14547
13	8000600	3	2	19500	9682	3145	19364	22509	41314	21814
14	8000601	3	2	26500	10684	1821	21369	23191	44132	17632
15	8000602	3	2	19600	7846	3360	15692	19052	34198	14598
16	8000603	3	2	11600	4488	2427	8977	11405	20185	8585
17	8000604	3	2	15100	2489	2693	4978	7671	12611	-2488
18	8000605	3	2	10300	4704	766	9408	10174	19397	9097

Tabla 12. Familia 08 con tiempo de reposición de dos meses

Fuente: Elaboración propia

	Código	Meses de cobertura	Tiempo de reposición	Inventario disponible	Demanda mensual promedio	Stock de seguridad	Inventario mínimo	Punto de pedido	Inventario máximo	Cantidad a ordenar
1	8000400	3	1	60300	41738	2576	41738	44314	85283	24983
2	8000401	3	1	25900	39895	6955	39895	46850	84669	58769
3	8000402	3	1	28100	31618	6378	31618	37996	67601	39501
4	8000403	3	1	48600	31734	2660	31734	34394	65025	16425
5	8000404	3	1	42400	33837	7860	33837	41697	70891	28491
6	8000405	3	1	16400	23685	2788	23685	26473	49159	32759
7	8000500	3	1	47100	45800	0	45800	45800	91600	44500
8	8000501	3	1	42200	24250	2537	24250	26788	49401	7201
9	8000502	3	1	46100	32932	3898	32932	36831	67742	21642
10	8000503	3	1	36000	19091	7669	19091	26761	41535	5535
11	8000504	3	1	32100	24066	2802	24066	26868	50098	17998
12	8000505	3	1	23600	7314	6385	7314	13700	19073	-4526
13	8000600	3	1	19500	9682	2224	9682	11906	20657	1157
14	8000601	3	1	26500	10684	1288	10684	11972	22066	-4433
15	8000602	3	1	19600	7846	2375	7846	10222	17099	-2500
16	8000603	3	1	11600	4488	1716	4488	6205	10092	-1507
17	8000604	3	1	15100	2489	1904	2489	4393	6305	-8794
18	8000605	3	1	10300	4704	542	4704	5246	9698	-601

Tabla 13. Familia 09 con tiempo de reposición de un mes

Fuente: Elaboración propia

La atención se centró en la gestión de la familia 08, dividiendo la información en dos tablas distintas.

En la tabla 12 se consideró un tiempo de reposición de 2 meses, mientras que en la tabla 13 se redujo este periodo a 1 mes.

En la tabla 13 se observa la presencia de cantidades negativas a pedir, indicando un exceso de inventario.

En consecuencia, se concluye que es más adecuado optar por un lead time de 1 mes, ya que parece ser más eficiente para evitar situaciones de excedente en el inventario.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Mediante el uso del historial de ventas de los productos y después de realizar una depuración de la data de los productos de cobre, se logró incrementar la eficacia del análisis y se lograron resultados más precisos. Esto fue importante ya que se identificaron ciertos productos con bajas ventas en el inventario.
- Se consiguió implementar una política de inventario, acompañada de un programa informático diseñado para facilitar su gestión. Para realizar la política de inventario se escogió un modelo de pronóstico de demanda basado en el historial de ventas de los últimos 5 años de la empresa en cuestión, que es una empresa ecuatoriana dedicada a la comercialización de conductores eléctricos de aluminio y cobre.
- La aplicación de la clasificación ABC fue clave para determinar los productos de cobre más vendidos en los últimos 5 años. Esto facilitó la creación de un plan de reabastecimiento efectivo para los productos de categoría A, tomando en cuenta la demanda. De esta manera fue posible minimizar costos asociados con el almacenamiento y el reabastecimiento.
- La investigación ha demostrado que, en la industria de conductores eléctricos, una gestión eficiente de inventarios y un pronóstico preciso de la demanda son cruciales. Estos aspectos son fundamentales para mantener un equilibrio entre la disponibilidad de productos y los costos operativos, impactando directamente la rentabilidad y competitividad de la empresa.

- La utilización del software estadístico R facilita el análisis de series temporales, ofreciendo una mezcla potente de rapidez en el procesamiento y amplias capacidades gráficas. Esto ayuda a obtener una interpretación más detallada y exacta de los datos, lo que a su vez facilita la toma de decisiones basadas en evidencia y bien informadas en el ámbito de la proyección de ventas.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar evaluaciones periódicas del sistema de gestión de inventarios y del proceso de pronóstico de demanda para identificar áreas de mejora. La retroalimentación continua y la adaptación a las nuevas tecnologías y metodologías son clave para mantener la eficiencia y competitividad en el mercado.
- Invertir en la capacitación del personal en tecnologías emergentes y prácticas avanzadas de gestión de inventarios. Un equipo bien capacitado puede implementar de manera más efectiva estrategias de pronóstico de demanda y gestión de inventarios.
- Se debe enfocar en crear políticas de inventario que sean flexibles y adaptables a los cambios del mercado. Esto incluye la capacidad de ajustar rápidamente los niveles de inventario en respuesta a eventos imprevistos o cambios en la demanda.

BIBLIOGRAFÍA

Gonzalez, A. (marzo de 2020). An inventory management model based on competitive strategy. 133 - 142. *Scielo*. Obtenido de scielo: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052020000100133&lang=es

Jaime Macias, J. A. (24 de julio de 2019). *Design of inventory replenishment policies.1 - 7*. Obtenido de https://www.laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP318.pdf

Marisol Valencia, F. J. (Abril de 2015). Inventory planning with dynamic demand. A state of art review. 184 - 191. *Scielo*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532015000200023&lang=pt

ANDRADE CHAVEZ, F. M. (diciembre de 2023). An ARIMA time series model to forecast the revenue driver in equities in the stock market in Ecuador.1 -12 Scielo. Obtenido de Scielo: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2602-84842023000200001&lang=es

Hanna, M. (2004). Métodos cuantitativos para los negocios. (Novena edición).

Pole, K. (2009). Diseño de metodologías mixtas Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas. *Revista Arbitrada en Ciencias Sociales y Humanidades*(60), 4-5.

Tomás A. R. Fucci. (junio del 2008). Gráfico ABC como técnica de gestión de inventarios. 1-7. Obtenido de <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/abc.pdf>

Gaither, N. & Frazier, G. (2003). Administración de la producción y de las operaciones. Introducción y panorama general. 1 – 822.

ANEXOS

Código realizado en el lenguaje de programación R por producto:

```
install.packages("forecast")
install.packages("openxlsx")
install.packages("readxl")
install.packages("ggplot2")
library(readxl)
library(forecast)
library(ggplot2)

#Base_Datos_ventas <- read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Base Datos -
ventas.xlsx")
Base_Datos_ventas <- read_excel("Base Datos - ventas.xlsx")

buscar_codigo <- as.character("07000705")
periodo_cobertura <- 12
tiempo_reposicion <- 1 #meses
nivel_servicio <- 0.95

nombre <- Base_Datos_ventas[Base_Datos_ventas$código==buscar_codigo,2]
Ventas_articulo <-
t(Base_Datos_ventas[Base_Datos_ventas$código==buscar_codigo,-c(1:3)])
serie_tiempo<-ts(Ventas_articulo,start=c(2018,11),frequency=12)

modelo<-auto.arima(serie_tiempo,seasonal = T, stepwise = T, approximation =
T)
summary(modelo)
pronostico<-forecast(modelo,periodo_cobertura,level=95)

options(scipen=10)
plot(pronostico,main=paste("Pronóstico
\ ",nombre),adj=1)
```

```

ultimo_año <- c(as.numeric(length(Ventas_articulo)-
11):as.numeric(length(Ventas_articulo)+0))
historico_ventas <- Ventas_articulo[ultimo_año]
pronostico_ventas <- c(pronostico$mean)
historico_fechas <- rownames(Ventas_articulo)[ultimo_año]
pronostico_fechas <- rownames(data.frame(pronostico))

```

```

matriz<-data.frame(pronostico_fechas,pronostico_ventas)
colnames(matriz)=c("Mes","Pronóstico Ventas")
View(matriz)

```

```

z <- qnorm(p = nivel_servicio)
stock_disponible <-
as.numeric(Base_Datos_ventas[Base_Datos_ventas$código==buscar_codigo,3
])
demanda_periodo <- pronostico_ventas[c(1:periodo_cobertura)]
demanda_promedio <- mean(demanda_periodo)
demanda_desviacion <- sd(demanda_periodo)
demanda_maxima <- max(demanda_periodo)

```

```

inv_minimo <- demanda_promedio*tiempo_reposicion
stock_seguridad <- z*demanda_desviacion*sqrt(tiempo_reposicion)
inv_maximo <- (demanda_maxima*tiempo_reposicion)+inv_minimo
punto_pedido <- inv_minimo+stock_seguridad
cantidad_orderar <- inv_maximo-stock_disponible

```

```

control_inv <-
t(data.frame(buscar_codigo,nombre,periodo_cobertura,tiempo_reposicion,stock
_disponible,demanda_promedio,

```

```

stock_seguridad,inv_minimo,punto_pedido,inv_maximo,cantidad_orderar))
colnames(control_inv)="Detalles"

```

```

rownames(control_inv)=c("Código","Nombre","Meses de cobertura","Tiempo de
reposición","Inventario disponible","Demanda mensual promedio",
      "Stock de seguridad","Inventario mínimo","Punto de
pedido","Inventario máximo","Cantidad a ordenar")
View(control_inv)

rep_mes <- rep(pronostico_fechas[c(1:periodo_cobertura)],5)
rep_orden <- rep(c(1:periodo_cobertura),5)
rep_detalle <- cbind(demanda_periodo,
      rep(inv_minimo,periodo_cobertura),
      rep(stock_seguridad,periodo_cobertura),
      rep(inv_maximo,periodo_cobertura),
      rep(punto_pedido,periodo_cobertura))
rep_names <- cbind(rep("Demanda esperada",periodo_cobertura),
      rep("Inventario mínimo",periodo_cobertura),
      rep("Stock de seguridad",periodo_cobertura),
      rep("Inventario máximo",periodo_cobertura),
      rep("Punto de pedido",periodo_cobertura))

tabla <-
data.frame(rep_orden,rep_mes,as.numeric(rep_detalle),as.character(rep_name
s))
colnames(tabla)=c("orden","Fecha","Unidades","Leyenda")
ggplot(data=tabla,aes(x = reorder(Fecha, orden), y = Unidades,group =
Leyenda)) +
  scale_color_manual(values = c("black", "blue","green","blue","red"))+
  geom_line(aes(color = Leyenda), size = 1)+
  ggtitle(nombre)+
  theme_minimal()+
  geom_line()+
  ylab(" ")
  xlab(" ")

```

Código realizado en el lenguaje de programación R por familia:

```
install.packages("forecast")
install.packages("openxlsx")
install.packages("readxl")
install.packages("ggplot2")
library(readxl)
library(forecast)
library(ggplot2)
#Base_Datos_ventas <- read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Base Datos -
ventas.xlsx")
Base_Datos_ventas <- read_excel("Base Datos - ventas.xlsx")
periodo_cobertura <- 4
tiempo_reposicion <- 1 #meses
nivel_servicio <- 0.95
buscar_codigo <- as.character("23")
codigo_familia <- data.frame(substr(Base_Datos_ventas$código,1,2))
nueva_data <- data.frame(codigo_familia,Base_Datos_ventas)
colnames(nueva_data)[1] <- "codigo familia"
subset <- nueva_data[nueva_data[, "codigo familia"]==buscar_codigo,-
length(nueva_data)]
CODIGOS <- subset$código
NOMBRES <- subset$nombre
MESES_COBERTURA <- rep(periodo_cobertura,length(CODIGOS))
TIEMPO_REPOSICION <- rep(tiempo_reposicion,length(CODIGOS))
z <- qnorm(p = nivel_servicio)
INV_DISPONIBLE <- vector("double", 0)
PROM_DEMANDA <- vector("double", 0)
INV_SEGURIDAD <- vector("double", 0)
INV_MIN <- vector("double", 0)
INV_MAX <- vector("double", 0)
ROP <- vector("double", 0)
CANT_ORDENAR <- vector("double", 0)
PRONÓSTICO <- vector("list", 0)
```

```

PRUEBA <- vector("character", 0)
for (codigo in CODIGOS){
  Ventas_articulo <- t(subset[subset$código==codigo,-c(1:4)])
  serie_tiempo<-ts(Ventas_articulo,start=c(2018,11),frequency=12)
  modelo<-auto.arima(serie_tiempo,seasonal = TRUE, stepwise = TRUE,
approximation = TRUE)
  pronostico<-forecast(modelo,periodo_cobertura,level=95)
  pronostico_ventas <- c(pronostico$mean)
  pronostico_fechas <- rownames(data.frame(pronostico))
  INV_DISPONIBLE[[codigo]] <- subset[subset$código==codigo,4]
  PROM_DEMANDA[[codigo]] <-
mean(pronostico_ventas[c(1:periodo_cobertura)])
  INV_SEGURIDAD[[codigo]] <-
z*sd(pronostico_ventas[c(1:periodo_cobertura)])*sqrt(tiempo_reposicion)
  INV_MIN[[codigo]] <-
mean(pronostico_ventas[c(1:periodo_cobertura)])*tiempo_reposicion
  INV_MAX[[codigo]] <-
(max(pronostico_ventas[c(1:periodo_cobertura)])*tiempo_reposicion)+INV_MIN[
[codigo]]
  ROP[[codigo]] <- INV_MIN[[codigo]]+INV_SEGURIDAD[[codigo]]
  CANT_ORDENAR[[codigo]] <- INV_MAX[[codigo]]-INV_DISPONIBLE[[codigo]]
  PRONÓSTICO[[codigo]] <- trunc(pronostico_ventas)
  PRUEBA[[codigo]] <- paste(c(PRONÓSTICO[[codigo]]), collapse=" , ") }
control_inv <-
data.frame(CODIGOS,NOMBRES,PRUEBA,MESES_COBERTURA,TIEMPO_
REPOSICION,INV_DISPONIBLE,trunc(PROM_DEMANDA),trunc(INV_SEGURI
DAD),trunc(INV_MIN),trunc(ROP),trunc(INV_MAX),trunc(CANT_ORDENAR))
rownames(control_inv)=NULL
colnames(control_inv)=c("Código","Nombre",paste("Pronóstico",
paste(pronostico_fechas,collapse=" ")), "Meses de cobertura","Tiempo de
reposición","Inventario disponible",
"Demanda mensual promedio","Stock de seguridad","Inventario
mínimo","Punto de pedido","Inventario máximo","Cantidad a ordenar")
View(control_inv)

```