Universidad del Azuay

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Escuela de Ingeniería de la Producción

Trabajo de titulación previo a la obtención de:

Ingeniería de la Producción y Operaciones

Propuesta de gestión de inventarios para los productos de la clasificación A de la bodega externa en el local principal de la ferretería Macova

Autor:

MARÍA BELÉN PAREDES ÁLVAREZ

Director:

Dr. Sc. JONNATAN AVILÉS GONZÁLEZ

Cuenca – Ecuador

2021

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a mi familia, principalmente a mis padres Juan Diego y Marcia, por su amor, dedicación y por ser un pilar fundamental para alcanzar esta meta. A mi hermano Pablo, por motivarme a superar las dificultades que se presenten, a mis abuelos Judith y Lauro por estar presentes en cada paso que he dado y a todas las personas quienes estuvieron a mi lado apoyándome y motivándome incondicionalmente en esta etapa universitaria contribuyendo a mi crecimiento personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por iluminar, guiar mi camino y por todas las bendiciones que ha derramado sobre mí al darme la fortaleza necesaria para alcanzar una meta que he planteado hace cinco años. A mis padres y hermano por ser los principales creyentes y promotores de mis sueños y anhelos, por cada consejo, valor y principio que me han inculcado.

A mi tutor de tesis Ing. Jonnatan Avilés por su apoyo, atención, paciencia y guía durante la elaboración del presente proyecto de titulación, fue un privilegio contar con su ayuda y conocimientos. A todos los docentes que forman parte de la carrera de Ingeniería de la Producción, por ser parte de esta etapa aportando sus conocimientos para mi crecimiento profesional.

A los propietarios y trabajadores de Macova quienes me apoyaron brindándome la información y tiempo necesario para la realización de este trabajo. Finalmente, agradezco a mis amigas y amigos que me apoyaron para la finalización de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

DEDICATORIA I

AGRADECIMIENTOS II

RESUMEN VII

ABSTRACT VIII

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 2

1.1 Antecedentes de la empresa 2

1.2 Estado actual de la empresa 2

1.3 Análisis estadístico de la demanda del 2019 6

1.4 Análisis FODA 8

1.4.1 Resultados pre diagnóstico del área de abastecimiento 9

CAPÍTULO II 11

2.1 Estadística descriptiva 11

2.1.1 Medidas de posición, dispersión y forma 11

2.2 Administración de inventarios 14

2.3 Análisis ABC 14

2.4 Pronóstico de la demanda 15

2.4.1 Promedio móvil 15

2.4.2 Suavizado exponencial simple 16

2.4.3 Método de Winters 16

2.4.4 Método de Croston 18

2.5 Técnicas de medición de error 19

2.5.1 Desviación absoluta media (MAD) 19

2.5.2 Error cuadrado medio (MSE) 19

2.5.3 Error porcentual absoluto medio (MAPE) 20

2.6 Costos de modelos de inventarios 20

2.6.1 Costos de ordenar un pedido 20

2.6.2 Costos de mantener el inventario 21

2.7 Modelos de inventarios con demanda independiente 22

2.7.1 Modelo básico de la cantidad económica de pedido (EOQ) 22

2.7.2 EOQ con periodos constantes 24

2.7.2 EOQ con el modelo de programación matemática entera mixta 24
2.8 Revisión del nivel de inventario 24
2.9 Inventario de seguridad 25
2.10 Punto de pedido 26
CAPÍTULO III 27
3.1 Clasificación ABC 27
3.2 Pronósticos de la demanda 29
3.3 Costos de modelos de inventarios 41
3.4 Modelos de inventario con demanda independiente 42
3.4.1 Modelo básico de la cantidad económica de pedido (EOQ) 43
3.4.2 EOQ con periodos constantes 44
3.4.4 Inventario de seguridad 47
CAPÍTULO IV 50
4.1. Políticas generales para la bodega externa de Macova 50
4.3. Políticas para los productos de clasificación B 57
4.4. Políticas para los productos de clasificación C 58
CONCLUSIONES GENERALES 59
RECOMENDACIONES 61
ANEXOS 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estadística descriptiva 7
Tabla 2 Clasificación ABC de los productos de la bodega externa 28
Tabla 3 Productos clasificados con demanda semanal 29
Tabla 4 Productos clasificados con demanda mensual 29
Tabla 5 Resultados de los métodos de pronósticos semanales 30
Tabla 6 Pronóstico con promedio móvil Cemento Gris Holcim Fuerte 50kg 31
Tabla 7 Pronóstico con Winters Nov varilla corrugada 12MM/12M 33
Tabla 8 Pronóstico con Winters Tubo estructurado cuadrado 100X100X2MM 34
Tabla 9 Pronósticos con Winters de la Correa G 80X40X15X2MM 35
Tabla 10 Pronóstico Winters tabla encofrado oriente 38
Tabla 11 Pronóstico Winters correa G 60x30x10x2MM 39
Tabla 12 pronóstico Winters de nov varilla corrugada 8MM/12M 41
Tabla 13 Costo de ordenar 42
Tabla 14 Costos de mantener el inventario 42
Tabla 15 Resultados del modelo básico de la cantidad económica de pedido 44
Tabla 16 Resultados del modelo de EOQ con periodos constantes semanales 45
Tabla 17 Resultados del modelo de EOQ con periodos constantes 46
Tabla 18 Resultados del modelo de EOQ con programación matemática entera mixta 47
Tabla 19 Inventario de seguridad para los productos de la clasificación A 48
Tabla 20 Punto de pedido para los productos de clasificación A 49
Tabla 21 EOQ del Cemento Holcim Fuerte Saco 50kg 52
Tabla 22 EOQ de eternit original 2.40MTS 52
Tabla 23 EOQ nov varilla corrugada 12MM/12M 53
Tabla 24 EOQ Tubo estructurado cuadrado 100X100X2MM 53
Tabla 25 EOQ correa G 80X40X13X2MM 54
Tabla 26 EOQ Tubo estructurado cuadrado 75X75X2MM 54
Tabla 27 EOQ Tabla encofrado oriente 55
Tabla 28 EOQ Correa G 60x30x10X2MM 57
Tabla 29 EOQ Nov varilla corrugada 8MM/12M 57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Bodega externa
Ilustración 2 Bodega externa 5
Ilustración 3 Bodega externa
Ilustración 4 Bodega externa 5
Ilustración 5 Bodega externa
Ilustración 6 Bodega externa 5
Ilustración 7 Bodega externa
Ilustración 8 Bodega externa 6
Ilustración 9 Bodega externa
Ilustración 10 Bodega externa 6

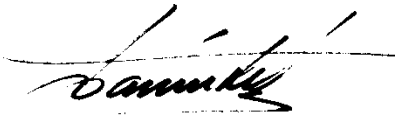
Ilustración 11 Histograma cemento Holcim Saco 50 Kg
Ilustración 12 Histograma varilla corrugada 7
Ilustración 13 Medidas de posición, dispersión y forma.....13
Ilustración 14 Formas de la Curtosis 13
Ilustración 15 EOQ básico 23
Ilustración 16 Diagrama de flujo de la clasificación ABC.....28
Ilustración 17 Pareto de la clasificación ABC 28
Ilustración 18 Gráfico comparativo de las ventas y pronósticos.....32
Ilustración 19 Gráfico comparativo de las ventas y pronósticos.....33
Ilustración 20 Gráfico comparativo de las ventas y el pronóstico.....34
Ilustración 21 Gráfico comparativo de las ventas y el pronóstico.....36
Ilustración 22 Pronóstico Winters Tubo estructurado cuadrado 75X75X2MM.....37
Ilustración 23gráfico comparativo de las ventas y pronóstico 38
Ilustración 24 gráfico comparativo de las ventas con el pronóstico.....40
Ilustración 25 gráfico comparativo de las ventas y el pronóstico 41
Ilustración 26 diagrama de flujo del EOQ.....43
Ilustración 27 Pronóstico con 2 saltos de media móvil del Cemento Holcim 50 Kg 51
Ilustración 28 pronóstico con alfa 0.043.....56
Ilustración 29 pronóstico con alfa 0.5 56

Propuesta de gestión de inventarios para los productos de la clasificación A de la bodega externa en el local principal de la ferretería Macova

RESUMEN

Este estudio analiza a la ferretería Macova, el cual inicia con un diagnóstico industrial que evidencia el estado actual de la gestión de inventarios de la empresa, donde no se presenta procedimientos para el control óptimo del manejo de sus inventarios. Además, los pedidos se realizan de manera empírica sin priorizar los productos con mayor rotación. Por esta razón, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo clasificar los artículos de la bodega externa del local principal, con el fin de desarrollar una propuesta de gestión de inventarios de los productos tipo "A", para lo cual se realizaron las siguientes etapas: análisis del comportamiento de estos productos de la demanda del año 2019, aplicación de un método de pronóstico que más se ajuste a los artículos con menor coeficiente de variación, basándose en el error mínimo, rangos de cantidad económica de pedido y finalmente políticas para los 32 ítems. Con esto se espera mejorar de manera eficaz la gestión de inventarios.

Palabras clave: clasificación ABC, pronósticos, pedido, políticas



Dr. Sc. Jonnatan Avilés González

Director del trabajo de titulación

Ing. Iván Rodrigo Coronel Coronel, PhD

Coordinador de Escuela de Producción

María Belén Paredes Álvarez

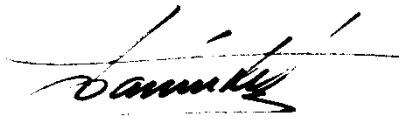
Autora

Inventory management proposal for classification of "A" products in the main external warehouse of Macova hardware store

ABSTRACT

This study analyzes Macova hardware store. The study began with an industrial diagnosis of the current situation of the enterprise, which showed that there were no procedures for the optimal control of inventories. In addition, orders were placed in an empirical way without prioritizing the products with higher turnover. For this reason, this degree work aimed at classifying the products in the external warehouse of the main store. In order to develop a proposal for inventory management of "A" products the following stages were performed: analysis of the demand behavior of these products for 2019; application of a better forecasting method that fits with the lowest coefficient of variation, based on the lowest error; ranges of economic order quantity, and finally politics for the 32 items. It is expected that this plan effectively improves the inventory management.

Keywords: classification ABC, forecast, order, politics



Dr. Sc. Jonnatan Avilés González

Thesis Director

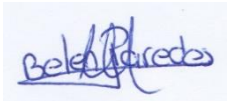
Ing. Iván Rodrigo Coronel Coronel, PhD

Production School Coordinator

María Belén Paredes Álvarez

Author

Translated by:



Belén Paredes

INTRODUCCIÓN

Macova es una franquicia de Disensa que está ubicado en Santa Isabel por alrededor de 30 años; con el paso del tiempo abrieron más sucursales en los catones de Girón y San Fernando. Su giro de negocio es la comercialización de materiales de construcción y transporte pesado.

Actualmente, la gestión de inventarios es cada vez más importante, dado que se quiere asegurar la disponibilidad de los productos para los clientes y el capital para invertir en existencias. Debido a esto las empresas buscan un equilibrio entre una mínima inversión y almacenar la cantidad exacta de artículos que satisfagan al cliente por encontrar el producto que necesitaba.

Macova al ofrecer un amplio portafolio de productos a sus clientes carece de control sobre los inventarios, esto se puede observar en la situación actual, dado que los pedidos a los proveedores son basados en la experiencia de la persona a cargo, sin seguir ningún procedimiento o control. Además, no se conoce los productos de mayor importancia a excepción del cemento. Por lo tanto, se vio la necesidad de crear una propuesta de gestión de inventarios para los artículos de mayor rotación que se ajusten a la demanda, logrando minimizar costos, tiempo de entrega, confianza en los clientes al cumplir sus requerimientos, menos productos obsoletos que se quedan guardados por algún tiempo en la bodega y en general, mayor control en la administración de los inventarios.

En consecuencia, este proyecto tiene como objetivo encontrar los productos de mayor rotación de la bodega externa del local principal de Macova, también se analizará el comportamiento de la demanda de estos artículos para encontrar el coeficiente de variación y a partir de los resultados más bajos se aplicará métodos de pronósticos como: media móvil, suavizado exponencial simple, Winters y Croston; con el fin de encontrar una previsión que se ajuste a la demanda con el menor error posible. Igualmente, se identificará mínimos y máximos para la cantidad óptima de pedido de todos productos A, inventario de seguridad que cubra los errores de los pronósticos y finalmente, políticas de almacenamiento para todos los artículos de la bodega externa.

CAPÍTULO I

DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA MACOVA

1.1 Antecedentes de la empresa

Macova, es una franquicia de Disensa, dedicada a la comercialización de una amplia variedad de materiales de construcción y transporte pesado, además es reconocida por su atención al cliente y servicio a domicilio. La empresa se fundó en el año 1990 en el cantón Santa Isabel, donde es reconocida por los moradores del sector, captando más clientes y posicionándose en el mercado, generando un crecimiento al paso de los años.

En el año 2005, debido al incremento de la demanda, Macova decide abrir la primera sucursal en el cantón Santa Isabel, en este mismo comenzaron a producir bloques de cemento; quince años después construyen en Lentag otra sucursal y en los siguientes años abren tres locales más en lugares estratégicos (Ver anexo 1).

1.2 Estado actual de la empresa

El análisis situacional detalla la información interna y externa de interés que corresponden tanto al funcionamiento de la organización como su estructura. Los temas principales que se escogieron para este análisis son: productos/servicio, precio/costos, instalaciones, personal, proveedores, tiempo y calidad; con esta información se analizará las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades que tiene Macova. Una idea macro de esta información, se expone a continuación.

Productos/servicios:

La empresa comercializa una gran variedad de productos, los cuales se clasifican en familias como: cementos, madera, hierro, clavos, entre otros. Su producto estrella es el cemento HOLCIM, para el cual se crearon políticas de inventario. No poseen una adecuada administración de inventarios, puesto que no se ha realizado un análisis sobre los productos que tienen menos rotación y se encuentran almacenados en las bodegas por un largo tiempo.

La empresa es reconocida en el mercado por su servicio personalizado, charlas informativas sobre los productos que comercializan y el servicio a domicilio, aunque

tiene inconvenientes tales como: tiempo de entrega y mantenimiento en sus canales de distribución.

Precio/costo:

Los precios de los productos son similares a los de la competencia, influyen factores como la marca, calidad y cantidad. Ofrecen descuentos por cantidad y facilidades de pago a clientes estrella, otorgándoles crédito sin intereses. No tiene costo el servicio personalizado, el cual acompaña y asesora a sus clientes durante su visita al local. El precio de servicio a domicilio depende del lugar en donde se entrega la mercadería.

La empresa autorizó entregar los costos de los productos que se encuentran en la bodega externa para la realización de la administración de inventarios.

Instalaciones:

Macova cuenta con cinco puntos de venta, que tienen bodegas internas y externas, además brindan todas las comodidades al momento de comprar para que sus clientes se sientan cómodos y satisfechos. Existe un problema de orden en la mayoría de áreas de almacenamiento y abastecimiento, de hecho, existen varios productos almacenados a cielo abierto. Todos los locales ofertan los mismos productos, aunque solo en el almacén principal se encuentra el área administrativa.

Personal:

Los trabajadores de la empresa deben aprender todos los productos que se ofertan al cliente mientras dura su inducción. No cuentan con una administración basada en procesos, lo que dificulta la capacitación de personal y la gestión.

Proveedores:

Los proveedores que tiene la empresa son nacionales e internacionales, se han creado alianzas con ellos para obtener beneficios como: capacitaciones, plazos de pago, precios más bajos dependiendo de la cantidad que se compre, además existen políticas de tiempos de entrega según acuerdo entre partes.

Tiempo:

La empresa no posee un estudio de tiempos y movimientos, en ninguna área, porque cada proceso, despacho o venta varía de acuerdo a la cantidad de productos que el cliente desee; por esta razón Macova no ve viable realizar este estudio.

Calidad:

La organización no cuenta con un sistema de calidad establecido para sus procesos, pero atienden los reclamos de sus clientes.

Aprovisionamiento:

El aprovisionamiento de los materiales se realiza por la experiencia de la persona a cargo, quien revisa en el sistema la cantidad de productos que están en la bodega y decide si se debe pedir más material. También algunos proveedores suelen visitar el almacén y hablar con la encarga para analizar qué productos enviar y la cantidad necesaria, igualmente el personal de bodega o los vendedores comunican cuando algún producto se está agotando.

Algunas veces cuando los proveedores hacen descuentos por cantidad a productos que no se deterioran con el tiempo, la empresa suele comprar, así tenga inventario en bodega, sin analizar los costos de mantener este inventario y el espacio que se necesitará para almacenar estos productos.

Como consecuencia de esto, se tiene: i) productos que están almacenados por meses o años, ii) falta de espacio en la bodega, iii) pérdidas económicas por materiales que se pueden pedir en exceso y que se daña con el tiempo o por diversos factores.

Almacenamiento:

El almacenamiento de los productos que oferta Macova se divide en dos áreas: interna y externa; los productos pequeños se encuentran en la bodega interna y los productos grandes se encuentran en la bodega externa.

Ilustración 1 Bodega externa

Ilustración 2 Bodega externa

Ilustración 3 Bodega externa

Ilustración 4 Bodega externa

Ilustración 5 Bodega externa

Ilustración 6 Bodega externa

Ilustración 7 Bodega externa

Ilustración 8 Bodega externa

Ilustración 9 Bodega externa

Ilustración 10 Bodega externa

En la bodega externa del local principal ubicado en la Y de la Unión (Ver ilustraciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10). Se puede observar que los materiales están agrupados por familias y que no se tienen una buena distribución. Además, existen materiales que no han rotado en algún tiempo causando su deterioro. El personal encargado de mover los productos y despacharlos para el cliente son los bodegueros, sin embargo, algunos vendedores suelen acceder a esta bodega y despachar productos.

La empresa cuenta con un registro claro sobre los productos que ingresan y salen del almacén, aunque en la familia de perfiles no suele coincidir el conteo físico con la cantidad de productos que está en el sistema. La jefa de bodega se encarga de contar los productos que se encuentran en stock, pero no tiene una programación sobre que materiales, ni los días que se deben contar.

1.3 Análisis estadístico de la demanda del 2019

La bodega externa del almacén principal cuenta con 407 productos, de los cuales algunos de ellos se vendieron una o dos veces durante el año 2019. Se realizó los estadísticos descriptivos, agrupando los datos por semanas y por meses, de los productos que tienen mayor impacto en esta bodega, siendo un total de 33 artículos. El producto que mostró menor variabilidad fue el Cemento Gris Holcim Fuerte saco 50 Kg y el artículo con mayor variabilidad fue la varilla corrugada 14mm/12mm. Es por esto, que se obtuvieron los siguientes resultados:

Parámetros	**Cemento Gris Holcim 50 Kg**	**Varilla corrugada 14mm/12mm**
Media	1387	102.3
Moda	No aplica	Bimodal
Mediana	1409	9
Curtosis	Leptocúrtica	Leptocúrtica
Sesgo	Izquierdo	Derecho
Coeficiente de variación	0.33	2.91

Tabla 1 Estadística descriptiva

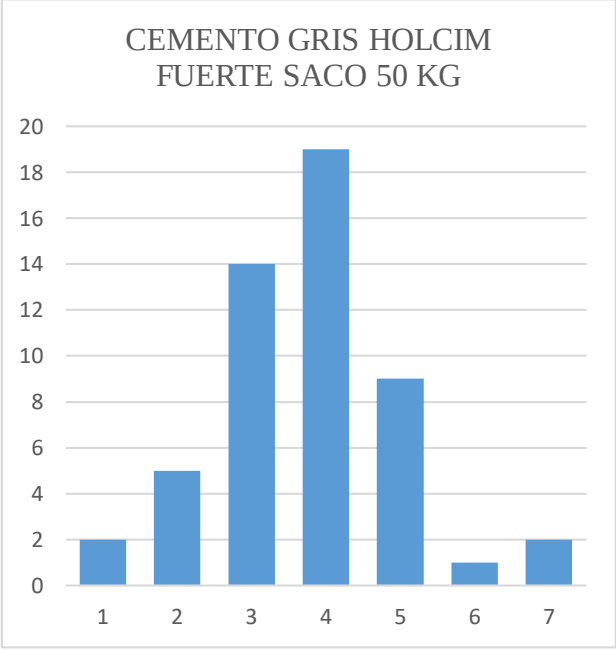


Ilustración 11 Histograma cemento Holcim Saco 50 Kg

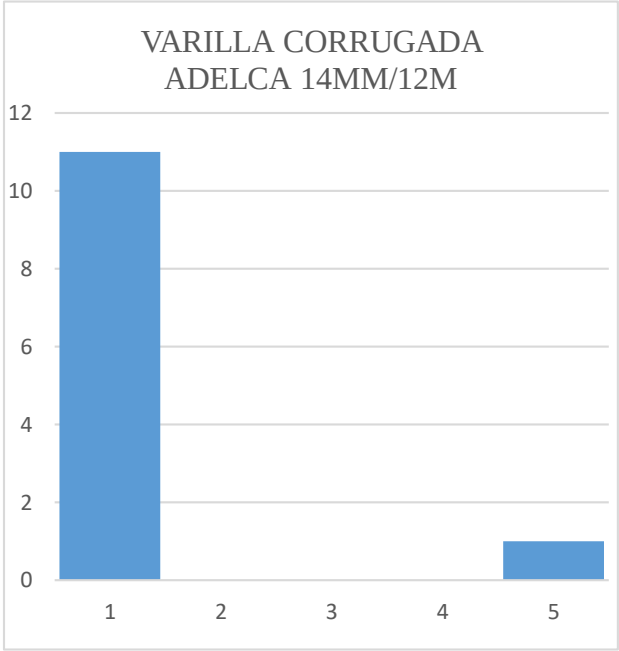


Ilustración 12 Histograma varilla corrugada

La demanda del Cemento Gris Holcim Fuerte saco 50 Kg tiene una media de 1387 unidades semanales, no existe moda debido a que ningún dato se repite y la mediana es de 1409, su coeficiente de variación es de 0.33, este es el bajo con respecto a los otros productos. Es leptocúrtica porque existe gran concentración de datos alrededor de la media, tiene sesgo izquierdo porque la mayoría de datos están a la derecha de la media.

Por otro lado, la demanda de la Varilla Corrugada Adelca 14mm/12m tiene una media de 102.3 productos, pero la mediana, que es menos sensible, tiene un resultado de 9. Estos parámetros tienen una diferencia significativa porque se vendieron 12 veces en el año y la primera venta es de 1046 varillas. A parte de esta venta la compra máxima que se realizó de este producto fue de 70 y la mínima de 1 varilla; es por esto que el coeficiente de variación es de 2.91, siendo el producto con mayor variabilidad de los 33 productos mencionados anteriormente. La demanda es bimodal, porque se repite dos veces 1 y 8; este artículo tiene sesgo derecho porque la mayoría de datos están en la parte izquierda de la media, presentando un alargamiento hacia la derecha. Su curtosis es leptocúrtica porque existe concentración de valores alrededor de la media.

Cabe señalar que también se realizó los descriptivos de los costos unitarios de los 33 productos, para escoger entre la media o mediana que se utilizarán en las herramientas del capítulo 3.

El análisis estadístico descriptivo de los productos faltantes se encuentra en: https://drive.google.com/file/d/1mVj6BQ8dCG9KP65_YkXtvHfWg09TkWpx/view?usp=sharing

Análisis FODA

A partir del estado actual de la empresa se realizó un análisis FODA (Anexo 2), donde se concluyó que la fortaleza principal es el amplio portafolio de productos que tiene para sus clientes, no obstante mantener esta cantidad de mercancías genera costos, los cuales la empresa ignora al no administrar sus inventarios de una manera óptima, porque realiza esta administración por la experiencia de la persona a cargo.

Macova posee vehículos propios para ofrecer a sus clientes el servicio a domicilio y entregar sus productos de manera ágil y rápida. Igualmente, utilizan sus camiones o volquetas para traer algunos productos que comercializan y así disminuir ciertos costos. Sin embargo, no se tiene una planificación en el mantenimiento preventivo y predictivo, esto ocasiona que muchos vehículos se dañen y unos pocos de ellos se tengan que ir a la mecánica con mayor frecuencia.

Una amenaza de la empresa es la tecnología que sus competidores han adaptado como: la venta en línea, manejar redes sociales para aumentar su mercado y la utilización de un ERP. A pesar de ello, el mercado aún los prefiere por el servicio a domicilio que brindan a sus clientes y al estar comunicándose de manera continua con sus proveedores pueden crear alianzas para ofrecer diferentes métodos de pago a sus clientes y a sus consumidores estrella se les otorga crédito con mayor periodo de pago.

1.3.1 Resultados pre diagnóstico del área de abastecimiento

El deficiente control del inventario existente ocasiona que haya productos que se encuentren guardados por un periodo prolongado de tiempo causando su deterioro, también existen artículos como el polvo verde intenso, enlumax capa gruesa 40 kg, varilla corrugada ideal 8MM/12M, plancha eterboard 2440X1220X8MM, plancha trasl econ N6 1.80 marfil P7, entre otros, se vendieron una, dos o tres veces durante un año y que no representan mayor beneficio a la empresa, quitando espacio en la bodega a productos que rotan con mayor frecuencia.

La empresa tiene una encargada de ordenar la cantidad de productos que se necesita para satisfacer la demanda, pero este proceso se hace en base a la experiencia de la persona a cargo, quien debe examinar en el sistema la cantidad de productos existentes, revisar históricos de ventas y pedir a los proveedores más artículos. Macova al ofrecer un amplio portafolio de productos no puede analizar todos los artículos de manera manual, es por esto que ciertas veces vendedores o bodegueros suelen informar sobre productos que se agotaron o cuando hay pocos en la bodega.

En el área de bodega externa, se identificó que los encargados de almacenar los productos tienen un espacio designado para cada artículo, pero algunas veces la representante de compras no verifica de manera óptima la cantidad de productos que

se encuentran en la bodega y suele adquirir más artículos de los que se necesitan, ocasionando sobre almacenamiento, deterioro de materiales, exceso de transporte de los bodegueros para el proceso de despacho y posibles accidentes por productos almacenados en el piso.

Macova desconoce los costos del inventario, porque los proveedores al ofrecerles descuento por cantidad de productos que no se dañan muy rápido con el tiempo, suelen aceptar sin importar la cantidad de artículos que ya se encuentran en la bodega, ni de los costos de mantener y ordenar el inventario.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se analizará las herramientas que se utilizarán para realizar este proyecto, entre ellas están: el análisis de datos mediante la estadística descriptiva, análisis ABC para clasificar los productos que son más representativos de la empresa, diferentes métodos de pronosticar la demanda para encontrar la herramienta que más se ajuste a ella, cantidad económica de pedido, inventario de seguridad y punto de pedido.

2.1 Estadística descriptiva

La estadística descriptiva recolecta, presenta y caracteriza un conjunto de datos. Esta rama de la estadística utiliza técnicas numéricas y gráficas, donde se resumen los datos de manera ordenada, sencilla y clara, que utiliza: cuadros, tablas o figuras, ofreciendo un sentido de la posición de los valores, variabilidad y la naturaleza de la distribución de los mismos (Rendón, Villasís, & Miranda, 2016).

El objetivo de realizar gráficos es observar los datos como un todo, exponiendo las características principales y la información puntual de los resultados. El tipo de gráfico o figura que se escoja depende del tipo de variable que se quiera representar, ya sean discretos o continuos.

2.1.1 Medidas de posición, dispersión y forma

Las medidas de posición indican el valor o valores alrededor de los cuales se ubican los datos observados. Además, pretenden mostrar el centro de la distribución de un conjunto de datos (Orellana, 2001). Las medidas de dispersión indican el grado de variabilidad de los datos, es decir, muestran como los datos se alejan de la media y qué tan separados están los valores entre sí (Webster, 2001). Finalmente, las medidas de forma proporcionan una idea clara sobre la forma que se distribuyen los datos (Faraldo & Pateiro, 2013). Las fórmulas de las medidas de posición, dispersión y forma se encuentran en el Anexo 3.

Medidas de posición:

- Media aritmética: representa el punto de equilibrio de la distribución de los datos, o valor típico de la centralidad de ellos.
- Mediana: representa el valor que divide los datos en dos mitades, siempre y cuando los datos estén ordenados de menor a mayor. Es el único valor estadístico que no es sensible a errores, dado que no es influido por los valores extremos. Existen dos formas de determinar la mediana dependiendo de la cantidad de datos.
- Moda: representa el valor que más se repite de un conjunto de datos. Existe casos donde hay más de una moda, puede ser bimodal, trimodal o multimodal.

Medidas de dispersión:

- Varianza: representa el grado de dispersión de los datos numéricos con respecto a la media.
- Desviación estándar: representa, al igual que la varianza, la fluctuación de los datos respecto a su media. Sin embargo, la varianza no está en la misma escala que los valores originales, es por esto que, para efectos de interpretación, la desviación estándar es la más apropiada.
- Coeficiente de variación: comúnmente se utiliza para comparar la variabilidad de varios conjuntos de datos que están expresados en diferentes magnitudes o escalas (Becerra Espinosa, 2015).

Medidas de forma

- Asimetría: indica el grado en que los datos equidistan del centro de la distribución, las fórmulas para el cálculo de la asimetría indican si existe la misma cantidad de datos a la derecha e izquierda de la media (Molina & Rodrigo, 2010). Existen varias formas de calcular la asimetría, entre ellas están:

    - Sesgo de Fisher-Person: se basa en las desviaciones de los datos con respecto a la media y generalmente se utiliza cuando $n \leq 20$
    - Sesgo de Fisher-Person ajustado: se utiliza cuando $n>20$
    - Sesgo de Pearson: es menos sensible a errores y se basa en la relación de la media y la media.

- Sesgo de Galton: es más sensible a errores y se basa en la distancia de los cuartiles.

  Interpretación de los resultados:

  - Cuando el resultado es > 0 existe asimetría derecha o positiva
  - Cuando el resultado es = 0 existe simetría
  - Cuando el resultado es < 0 existe asimetría izquierda o negativa

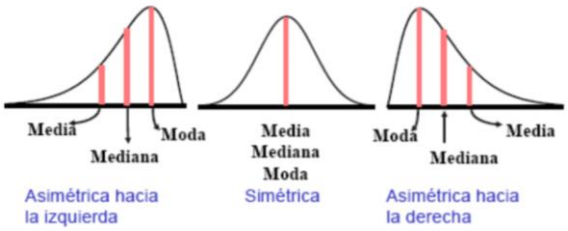


Ilustración 13 Medidas de posición, dispersión y forma

Fuente: (Salazar & Castillo, 2018)

- Coeficiente de curtosis: es la medida de aplastamiento o apuntamiento, donde establece el grado de concentración que presentan los datos alrededor de la media o el centro de la distribución (Barajas, 2012).

  - Una curva es leptocúrtica o positiva cuando el resultado es > 3
  - Una curva es mesocúrtica o normal cuando el resultado es = 3 o muy próximo
  - Una curva es platicúrtica o negativa cuando el resultado es < 3

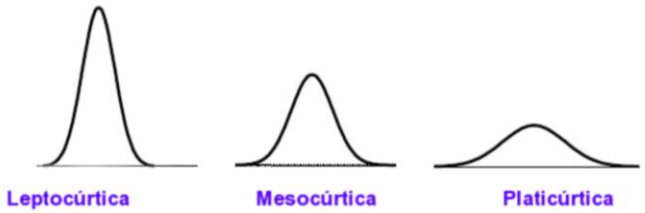


Ilustración 14 Formas de la Curtosis

Fuente: (Salazar & Castillo, 2018)

2.2 Administración de inventarios

"La administración de inventarios es una de las actividades logísticas en donde se encuentran más posibilidades de reducir costos para las empresas, mediante una mejor gestión de los materiales almacenados y su transporte" (Sallenave, 2002). Mejorar la administración en esta área permite disminuir la cantidad de productos que se requieren en los almacenes y cumplir con los pedidos de los clientes.

Tener una adecuada administración de inventarios ayuda a contar con información útil para: aumentar la liquidez de la empresa, minimizar costos, mantener un nivel de inventarios óptimo y contar con un estado confiable de la situación económica de la empresa. Además, las bodegas de las empresas proveen un lugar para el manejo, protección y ubicación de productos, tanto de materia prima como de producto terminado. Por esta razón, cada vez más empresas buscan diferentes maneras para aumentar la eficiencia y aprovechar al máximo el espacio asegurando una correcta realización de las operaciones.

2.3 Análisis ABC

El análisis ABC clasifica los productos que se encuentran en el inventario en tres grupos en función del volumen anual en dólares. Esta herramienta se basa en el principio de Pareto o la regla del 80/20, donde se afirma que hay pocos críticos y muchos triviales. Este análisis ayudará a enfocar los recursos a los productos críticos de la empresa.

El volumen anual en dólares se calcula al multiplicar la demanda anual de cada producto por su coste unitario. En el grupo A se encuentra el 15% de los artículos del inventario, representando el 70 u 80% del consumo anual en dólares; siendo la clasificación de mayor importancia. El grupo B tiene una importancia secundaria, puesto que se encuentra entre el 15 o 25% del valor total con un 30% de la cantidad de los productos del inventario; finalmente el grupo C tienen poca importancia y representa el 5% del volumen anual de dólares, pero el 55% del total de los artículos del inventario (Acosta, León, & Limón, 2018).

2.4 Pronóstico de la demanda

"Pronosticar es la ciencia y arte de predecir eventos futuros" (Méndez Giraldo, 2003). La previsión de la demanda sirve para pronosticar la cantidad de artículos que se van a necesitar en un periodo de tiempo, apoya a la planificación estratégica de la empresa, ayuda a proyectar los recursos que se requieren para brindar un mejor servicio y administrar de una manera óptima el espacio físico de las bodegas.

Los pronósticos de la demanda se basan en datos históricos que tenga la empresa y se pueden aplicar modelos cuantitativos o cualitativos. Sin embargo, difícilmente son perfectas y se necesita tiempo considerable para preparar y controlar en el tiempo. Además, es necesario aclarar que raramente existe un modelo superior a los otros, porque una técnica que sea lo mejor para una empresa, puede ser un completo desastre para otra organización, o en otro departamento dentro de la misma empresa. (Méndez Giraldo, 2003)

2.4.1 Promedio móvil

Este método de previsión es el más simple y sencillo de utilizar, sirve cuando la demanda del mercado es estable o perpetua, con poca o ninguna tendencia, es decir que la media y la varianza permanecen estables en el tiempo. (Vidal, 2017). Utiliza los valores de los datos más recientes de una serie de tiempo para pronosticar el siguiente periodo; con cada periodo que empieza se añade el valor más nuevo y se retira de la ecuación el dato más antiguo y se calcula un nuevo promedio.

El número óptimo de datos para realizar el promedio se suele determinar por medio del método prueba error, utilizando las técnicas de medición de error. Si el valor de n es grande significa que la adaptación de las estimaciones es lenta y si es pequeño revela rapidez en la adaptación.

Pérez, Mosquera y Bravo (2012) sugiere este método para artículos que pertenezcan a la clasificación B, pero que tengan demanda intermitente y para los productos de la clase C; sus ventajas son la fácil implementación y la posibilidad de revisarlo de manera manual (Nahmias, 2007).

Se expresa como:

$$Promedio\ móvil = \frac{\sum demanda\ de\ n\ periodos\ anteriores}{n}$$

n = número de periodos de tiempo

2.4.2 Suavizado exponencial simple

El suavizado exponencial simple se utiliza para demanda perpetua, estable o uniforme; pero la media aritmética cambia lentamente en el tiempo (Bowerman, O'Connell, & Koehler, 2009), también los autores Snyder, Koehler &Ord (2002) manifiestan que este método es oportuno donde la varianza aumenta o disminuye, en un cierto nivel alrededor de una base constante.

Al utilizar el método de suavizado exponencial simple se necesita escoger una constante, pero cuando se escoge un valor de α muy pequeño podría no responder a las posibles variaciones reales del proceso y por el contrario, cuando se elige un valor muy grande este posiblemente responda aceleradamente los cambios aleatorios del proceso. Vidal (2017) propone utilizar un α entre 0.01 y 0.3; además de realizar una simulación del pronóstico y se debe seleccionar la constante que menor error obtenga al utilizar indicadores.

Es un método mejorado del promedio móvil ponderado, donde se utiliza una función exponencial, sin la necesidad de muchos datos históricos, su aplicación es de bajo costo y se recomienda cuando el horizonte de planificación es corto (Villareal, 2016).

Se expresa como:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha\ (A_{t-1} - F_{t-1})$$

F_t = nuevo pronóstico

F_{t-1} = pronóstico del periodo previo

A_{t-1} = demanda real del periodo previo

α = constante de suavización (entre $0 \leq\ \alpha \geq 1$)

2.4.3 Método de Winters

El método de Winters se utiliza para la demanda estacional o periódica, con o sin tendencia y requiere de las siguientes constantes de arranque: nivel (α), tendencia (β) y estacionalidad (γ), estas deben estar entre los valores de 0 y 1 (Perez, Mosquera, & Bravo, 2012). Aunque no se ha comprobado cuales son los valores óptimos para estas constantes, (Vidal, 2017) sugiere que estos pueden ser mejorados utilizando solver de Excel con referencia a minimizar el error.

Winters es un método de varios pasos adelante, en otros términos, sus previsiones son diferentes según el periodo que se pronostique, puesto que las observaciones son variables en función del tiempo (Nahmias, 2007). Para utilizar esta técnica se necesita los datos históricos disponibles previos al periodo, no obstante en la fórmula, se les otorga pesos decrecientes a los valores antiguos de manera exponencial a medida que se alejan de la previsión que se está calculando (Pino, 2009). La principal ventaja que tiene esté método es la facilidad de actualización cuando se obtiene nuevos datos.

Winters presenta dos variantes dependiendo de la estacionalidad, puede ser aditiva cuando las variaciones estacionales son contantes con el tiempo o multiplicativa cuando las variaciones estacionales cambian proporcionalmente con el nivel de la serie (Chopra & Meindl, 2013), este último es el más utilizado.

Se expresa como:

Nivel estimado:

$$A_t = \alpha \frac{X_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

Estimación de la tendencia:

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$$

Estimación de la estacionalidad:

$$S_t = \gamma \frac{X_t}{A_t} + (1-\gamma)(S_{t-s})$$

Pronóstico:

$$X_{t+m} = (A_t + mT_t)S_{t+m-s}$$

A_t = valor de suavización para el nivel de la serie en el tiempo t

X_t = valor real de la serie en el periodo t

T_t = componente de tendencia de la serie para el periodo t

S_t = componente estacional de la serie para el periodo t

S_{t-s} = componente estacional de la serie calculado para el periodo $t - s$

m = periodos futuros a predecir

X_{t+m} = predicción de Winters para el periodo $t + m$

2.4.4 Método de Croston

Se utiliza este método para productos con demanda errática o intermitente, es decir que existen periodos de tiempo que no hay pedidos o bien no se mantienen dentro de un rango. Predecir esté tipo de demanda es bastante difícil y si existe una confusión en los pronósticos puede ser muy costoso en cuanto a rotura de stock o excedentes de productos obsoletos (Boylan & Syntetos, 2005).

Croston es el método estándar cuando existe demanda errática, aunque en la práctica se suele utilizar el promedio móvil y el suavizado exponencial simple. Los autores Boylan & Syntetos (2005) manifiestan que estas técnicas son inferiores a Croston. No obstante, en el caso que exista demanda todos los periodos, este método sería idéntico al suavizado exponencial simple (Burgaentzle, 2016).

Croston divide los eventos de la demanda en dos, primero se pronostica la probabilidad de que haya demanda en el siguiente periodo conforme con las observaciones antiguas; esto ayudará a estimar el número de periodos donde haya demanda superior a cero. Segundo, se realiza la previsión del siguiente periodo acorde a las observaciones anteriores sin tomar en cuenta las demandas igual a cero (Vidal, 2017). Cabe señalar que los pronósticos se actualizan cuando la demanda es diferente de cero

Se expresa como:

$$\hat{n}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha)\hat{n}_{t-1}$$

$$\hat{z}_t = \alpha x_t + (1-\alpha)\hat{z}_{t-1}$$

$$\hat{x}_{t+1} = \frac{\hat{z}_t}{\hat{n}_t}$$

X_t = demanda observada en el periodo t

α = constante de suavización

Y_t = variable binaria igual a 1 si hay demanda, caso contrario es igual a 0

$Z_t = X_t * Y_t$ = tamaño de la demanda en el periodo t

n_t = número de periodos desde la última demanda hasta el periodo t

$\hat{n}_t$ = valor estimado de n al final del periodo t

$\hat{z}_t$ = valor estimado de z al final del periodo t

2.5 Técnicas de medición de error

Es necesario medir el nivel de desempeño que tienen los métodos de pronósticos para escoger el método que se aproxime a la realidad de la demanda. Se determina comparando la demanda pasada y los datos pronosticados de ese periodo.

2.5.1 Desviación absoluta media (MAD)

Es una medida de dispersión que indica exactitud en las mismas unidades de los datos. Si el resultado es pequeño muestra que el pronóstico se acerca al valor de la demanda. Se expresa como:

$$MAD = \frac{\sum|Demanda\ real - Previsión|}{n}$$

n = número de periodo de datos

2.5.2 Error cuadrado medio (MSE)

Es una medida que penaliza errores grandes y en valores atípicos tiene mayor efecto que el MAD.

$$MSE = \frac{\sum(Demanda\ real - Previsión)^2}{n}$$

n= número de periodo de datos

2.5.3 Error porcentual absoluto medio (MAPE)

Los errores MAD y MSE dependen de las unidades de los datos y si los valores son en miles, los resultados pueden ser muy elevados, para evitar este problema se utiliza MAPE que es una medida que indica la proporción del error de los valores reales.

$$MAPE = \frac{100\ \sum_{i=1}^{n} |Real_i - Previsto_i| / Real_i}{n}$$

n= número de periodo de datos

2.6 Costos de modelos de inventarios

La mayoría de modelos de inventarios manejan dos costos: ordenar un pedido y mantener el inventario, estos se usan para calcular el costo total de sus sistemas de inventarios. Estimar estos costos de manera precisa es muy importante porque apoya a la toma de decisiones sobre posibles inversiones. Incluso ciertas empresas tienden a menospreciar estos costos, que usualmente suelen ser más altos de lo que creen. (Burgaentzle, 2016)

2.6.1 Costos de ordenar un pedido

Estos tipos de costos están relacionados con los costos administrativos y cada pedido para reponer el inventario genera costos asociados, estos no dependen de la cantidad de productos que se soliciten al proveedor, pero entre más pedidos se realicen mayor será este costo. Estos corresponden a la compra, procesamiento, manejo y transmisión de la orden (Vidal, 2017).

El cálculo de estos costos se empieza al determinar la cantidad de personas implicadas en la generación de una orden de pedido con sus sueldos mensuales y las horas que laboran al mes, también se calcula el costo hora de mano de obra, se determina el porcentaje de tiempo que utilizan al decidir la cantidad que solicitarán en el pedido, preparar documentación, negociar términos y condiciones con los proveedores, realizar

el seguimiento al pedido y recibir los artículos solicitados, seguido de esto se promedia la cantidad de pedidos al mes y finalmente se calcula el costo de ordenar. (Carro & González, 2007)

Se expresa como:

$$Cp = \frac{\sum_{i=1}^{n} h_i * t * s_i}{p}$$

C_p= costo fijo de pedido

i = número de personas involucradas en la realización de un pedido

h= horas laborables por mes

t= porcentaje de tiempo dedicado al control y manejo de inventario

s= salario por hora

p= número de pedidos al mes

El costo anual de ordenar un pedido se puede expresar como (Heizer & Render, 2008):

$$CP = \left(\frac{Demanda\ anual}{Número\ de\ unidades\ por\ pedido}\right) * (Coste\ de\ preparación\ por\ pedido)$$

2.6.2 Costos de mantener el inventario

Estos costos están asociados con guardar el inventario a través del tiempo; se debe incluir solo aquellos costos que son proporcionales al volumen de inventario promedio disponible en cualquier punto en el tiempo, es decir son costos variables por unidad (Nahmias, 2007).

Dentro de los costos de mantener el inventario se considera: costo de almacenaje (alquiler, servicios básicos), costo de servicio (personal que manipula el inventario), costo de pérdidas o mermas (deterioro, pérdidas, obsolescencia) y el más importante el costo de oportunidad (Durán, 2012).

El costo anual de almacenar el inventario se puede expresar como (Heizer & Render, 2008):

$$CA = \left(\frac{Cantidad\ del\ pedido}{2}\right) * (Coste\ de\ almacenamiento\ por\ unidad\ por\ año)$$

2.7 Modelos de inventarios con demanda independiente

El control de inventarios se puede clasificar dependiendo de la demanda y el lead time. Estas dos variables pueden ser determinísticas y aleatorias. Cuando es determinística se asume que la variable demanda se puede conocer con facilidad antes que suceda y el lead time es conocido y constante. En cambio, cuando es probabilística o aleatoria, la variable demanda sigue una distribución probabilística y el lead time se puede considerar constante y para un caso más complejo se puede concretar como aleatoria. (Vidal, 2017)

Los modelos de inventarios presentan cálculos sencillos para determinar la cantidad de productos que se debe ordenar al proveedor y así disminuir los costos de inventarios en un periodo de tiempo. Estos modelos se basan en ciertos modelos básicos, con los cuales se realizan modificaciones para conseguir modelos más avanzados o sofisticados (Nahmias, 2007). Dentro de estos se encuentran:

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

Este modelo es el más sencillo y fundamental de todos, se utiliza para la demanda determinística constante, donde describe la importancia entre los costos de ordenar y de mantener el inventario. Además, es la base para la implementación de sistemas más complejos (Rodríguez, 2015).

En este modelo se debe considerar las siguientes hipótesis:

- La tasa de demanda es conocida y constante
- No se permite faltantes, es decir, llega el pedido completo
- El nivel de inventario se controla de forma continua y se reabastece cuando el inventario llega a cero
- No existe descuentos
- El plazo de aprovisionamiento en este modelo es cero

- Los únicos costos que se consideran son los preparar un pedido y mantener el inventario
- No se permite desabastecimientos

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento del inventario al utilizar este modelo. Cuando el inventario llega a cero se reabastece de manera inmediata, porque el tiempo de reposición es cero y debe llegar el pedido completo.

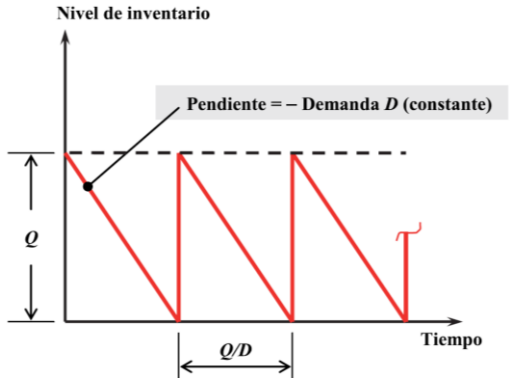


Ilustración 15 EOQ básico

Fuente: (Vidal, 2017)

Se utiliza la siguiente ecuación para determinar la cantidad óptima de pedido:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

Q = cantidad óptimo de pedido

D = demanda anual

S = costo fijo de hacer un pedido

H = costo de mantener una unidad del artículo en inventario durante un año

En este modelo también se suele calcular el número de pedidos realizados durante un año y el tiempo estimado entre pedidos, que se expresan como:

$$Número\ estimado\ entre\ pedidos = N = \frac{D}{Q}$$

$$Tiempo\ estimado\ entre\ pedidos = \frac{Número\ de\ días\ laborados\ en\ el\ año}{N}$$

2.7.2 EOQ con periodos constantes

Este modelo es sencillo de emplear y se utiliza para la demanda determinística, pero elimina el supuesto que la demanda es constante en el horizonte de planeación, en otras palabras, la demanda es conocida pero variable. Cuando se utiliza este método se debe fijar un intervalo entre pedidos, el cual se puede establecer en base a la experiencia, intuición, acuerdos comerciales o políticas de la empresa (Villacís, 2016). La cantidad de pedido es la suma de las necesidades netas en el intervalo seleccionado por la empresa.

En este modelo se debe considerar los siguientes supuestos:

- Los pedidos llegan al inicio de los periodos
- No hay descuentos por cantidad
- Los costos no varían de manera significativa en el tiempo
- No hay faltantes en los pedidos y no es recibida de forma gradual
- Solamente al inventario final de cada periodo se carga el costo de mantener el inventario

2.7.2 EOQ con el modelo de programación matemática entera mixta

Este método es relativamente complejo y al igual que el anterior se considera los mismos supuestos, asimismo la demanda es determinística pero variable y para realizar este modelo se requiere de programas como Excel, donde se utiliza solver, WinQSB, entre otros. (Vidal, 2017)

Su objetivo es minimizar los costos de mantener el inventario y de realizar un pedido, se añaden restricciones que aseguren que se va a satisfacer la demanda en cada periodo y se agrega una restricción binaria a las variables de pedido. La ventaja de este modelo es que se puede añadir condiciones de diversa naturaleza. Además, el inventario inicial se debe asumir como 0, lo mismo al final del periodo de planeación (Vidal, 2017). El modelo de programación lineal mixta se encuentra en el Anexo 3.

2.8 Revisión del nivel de inventario

La demanda puede fluctuar en un periodo de tiempo siendo demanda probabilística, es por esto que se debe inspeccionar el nivel de inventario. Existen dos modelos básicos de revisión: periódica y continua, estos tratan de determinar el tiempo entre dos revisiones sucesivas del inventario (Vidal, 2017).

- Revisión continua: se debe calcular el punto de pedido de inventario con una cantidad constante de artículos y la revisión se realiza cada vez que se hace un retiro o una adición de ítems, esto involucra mayor tiempo y dinero en el mantenimiento de inventario; (Ríos, Martínez, Palomo, Cáceres, & Díaz, 2009) recomiendan que este modelo se debe utilizar para productos de mayor precio e importancia.
- Revisión periódica: el inventario de los artículos se revisa en un tiempo fijo y la cantidad de pedido es por el monto apropiado que cubra la demanda hasta la próxima revisión. El inventario de seguridad es más alto en comparación con la revisión continua (Gutiérrez , Hurtado, González, & Panteleeva, 2013)

2.9 Inventario de seguridad

Este inventario es una protección que tienen las empresas contra las fluctuaciones de la demanda, retrasos en el pedido o para cubrir errores en la estimación, evitándose así problemas en servicio al cliente y los costos de rotura de stock.

El método de factores constantes es una herramienta para calcular el inventario de seguridad, este se compone de un factor constante que se multiplica a la demanda promedio. Sin embargo, Vidal (2017) asegura que este método tiene una falla al no considerar la variabilidad de la demanda.

El método basado en el alcance de un nivel de servicio, se expresa como la probabilidad que no haya rotura de stock durante el ciclo de reaprovisionamiento. En esta metodología, independientemente de la distribución probabilística de la demanda durante el tiempo de reposición, se asume que la demanda varía muy poco en el tiempo de reaprovisionamiento y este es constante (Arias Vargas , 2017). Además, Vidal (2017) diferencia el inventario de seguridad dependiendo del sistema de revisión al que pertenezcan y se puede calcular de la siguiente manera:

- Sistema continuo:

$$Inventario\ de\ seguridad\ IS = k\sigma_L = k\sigma_1\sqrt{L}$$

- Sistema periódico:

$$Inventario\ de\ seguridad\ IS = k\sigma_{R+L} = k\sigma_1\sqrt{R+L}$$

K = factor de seguridad de no tener faltantes en tiempo de reaprovisionamiento calculada con la distribución normal estándar

σ_1 = desviación estándar de un periodo

L = tiempo de reaprovisionamiento

R = intervalo de revisión del nivel de inventario efectivo

2.10 Punto de pedido

Algunos modelos de EOQ suponen que la organización ordenará un pedido cuando el inventario llegue a cero y que este llegará al instante, no obstante, el intervalo de tiempo entre la colocación de la orden y la entrega de los productos pueden variar en horas o incluso en meses; es por esto que se necesita saber el nivel de inventario adecuado para realizar un pedido y no quedarse desabastecidos o que haya rotura de stock. Se expresa como:

$$PP = SS + (PE * d)$$

PP = punto de pedido

SS = inventario de seguridad

PE = plazo de entrega del proveedor

d = demanda por día

La demanda por día se determina al dividir la demanda anual y el número de días laborados en el año.

CAPÍTULO III

PROPUESTA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

3.1 Clasificación ABC

Este método pretende reducir costos y optimizar el manejo del inventario al encontrar los productos con mayor volumen monetario para centrar mayores esfuerzos en esta categoría. En el siguiente diagrama de flujo se explica el procedimiento que se siguió para clasificar todos los productos de la bodega externa de la ferretería del local principal, a partir del costo unitario y la demanda de 2019.

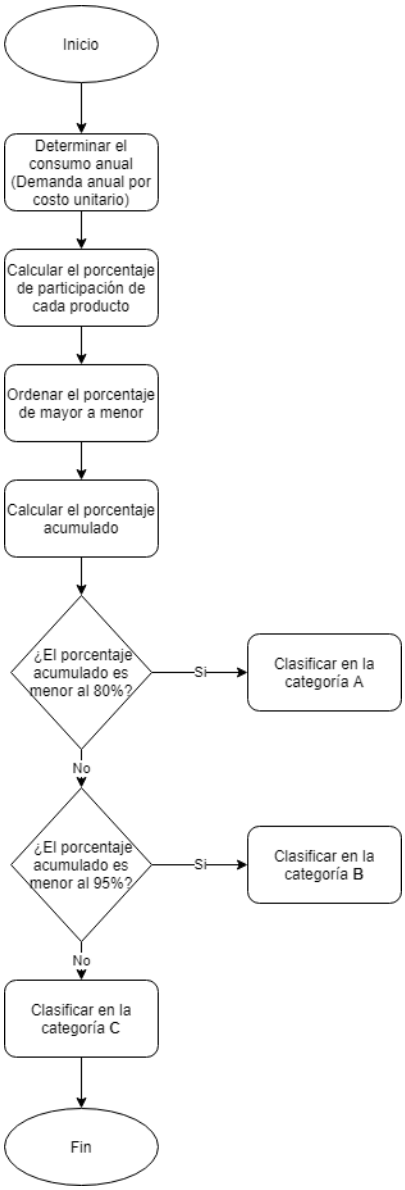


Ilustración 16 Diagrama de flujo de la clasificación ABC

Después de clasificar los 407 productos de las familias de: cementos, armex, hierro, techos, perfiles, madera y mallas de la bodega externa de Macova se obtuvo los siguientes resultados:

Categoría	Porcentaje acumulado	Productos	Porcentaje de participación
A	79.62%	33	8.11%
B	94.97%	90	22.11%
C	100%	284	69.78%

Tabla 2 Clasificación ABC de los productos de la bodega externa

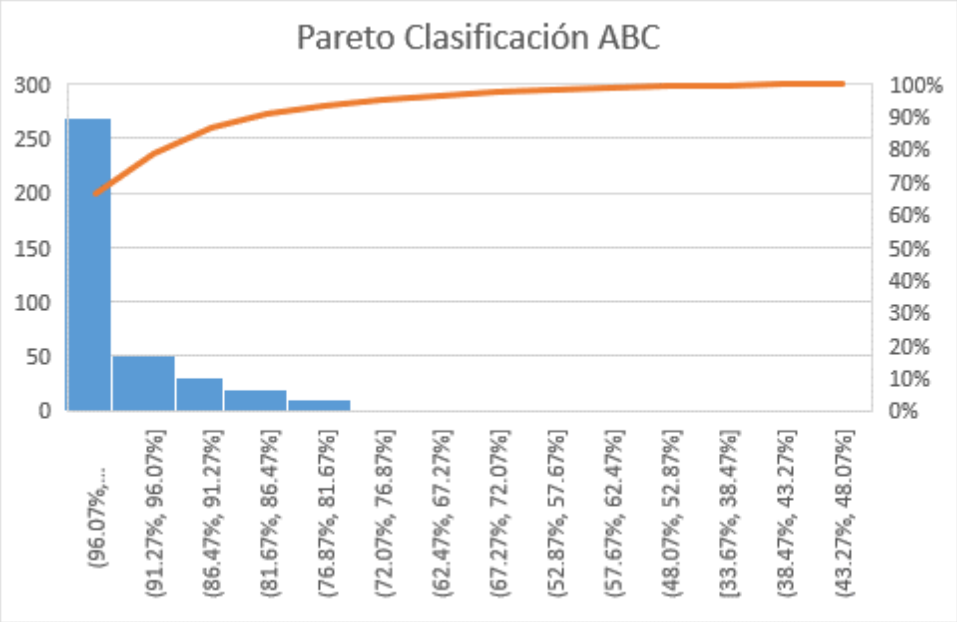


Ilustración 17 Pareto de la clasificación ABC

En la clasificación A se encuentran 33 artículos, representando el 8.11% del total de productos que se encuentran en la bodega externa y su representación anual de consumo en dólares es de 79.62%. Por otro lado, dentro de la clasificación B hay 90 ítems, constituyendo el 22.11% de los artículos en stock, con un consumo del 15.34%. Finalmente, en la clasificación C con poca importancia, se encuentran el 69.78% de todos los productos en la bodega externa siendo estos 284 ítems y su volumen anual en dólares representa el 5.03%.

Por lo tanto, se recomienda que los 33 productos de la clasificación A tengan mayor control por parte del personal encargado, los 90 ítems en el grupo B necesitan un control intermedio del inventario y los 284 artículos de la clasificación C deben ser revisados y de acuerdo al número de ventas definir si se debe dar de baja o mantener un stock mínimo con un control bajo.

3.2 Pronósticos de la demanda

Se realizaron previsiones de la demanda con los datos históricos de las ventas del año 2019 del local principal de Macova. Como primer paso se seleccionó, de la clasificación A, los productos con los menores coeficientes de variación, debido a que tradicionalmente se utiliza para decidir si un experimento es confiable o no y que la forma de su distribución sea parecida a la normal. Los productos seleccionados son:

Productos	Coeficiente de variación
Cemento gris Holcim fuerte saco 50KG	0.33
Nov varilla corrugada 12MM/12M	0.59
Tubo estructurado cuadrado 100X100X2MM	0.64
Correa G 80X40X15X2MM	0.68
Tubo estructurado cuadrado 75X75X2MM	0.64
Tabla encofrado oriente	0.59
Correa G 60x30x10X2mm	0.72
Nov varilla corrugada 8MM/12M	0.63

Tabla 3 Productos clasificados con demanda semanal

Productos	Coeficiente de variación
Eternit original 2.40MTS	0.36
Malla cerramiento 50/12 20/150	0.5
Malla armex R-84 V.4MM 15x15	0.4
Correa G 100X50X15X2MM	0.49
Sumipega porcelanato saco 50KG	0.5
Super losa 6000X1000X0.65 M deck	0.5
Malla armex R-64 V.3.5MM 15x15	0.43
Sumipega Cerámica Saco 50KG	0.47
Malla armex R-126 V.4MM 10x10	0.44
Bondex standard saco 25KG P 80 sacos	0.44

Tabla 4 Productos clasificados con demanda mensual

A partir de esta selección, se realzaron los métodos de pronóstico de: promedio móvil, suavizado exponencial simple, Winters y Croston para escoger cual se ajusta más a la demanda, considerando el menor error. Sin embargo, por la falta de datos, no se determinó la previsión óptima para los productos clasificados de manera mensual.

- Promedio móvil: en este método se utilizó una media móvil desde dos hasta doce semanas anteriores a la previsión y en los productos con demanda mensual desde dos hasta seis meses para encontrar el promedio con menor error.
- Suavizado exponencial simple: en este método se utilizó solver de Excel para encontrar el alfa que mejor se ajuste a la demanda, minimizando el error.
- Winters: se utilizó solver para encontrar las constates de nivel (α), tendencia (β) y estacionalidad (γ) que reduzca el error del pronóstico.
- Croston: para encontrar la constante de suavización que disminuya el error se utilizó, de igual manera que los métodos anteriores, solver.

La siguiente tabla resume el método con la cantidad de promedio o constante que minimiza el error para cada producto seleccionado anteriormente de clasificación semanal, cabe señalar que los datos de estos productos son muy sensibles, por esta razón se eliminó el error MSE. En cada artículo se resalta el menor error, eligiendo así, ese método de pronóstico que se aconseja utilizar.

	Promedio Móvil		Suavizado Simple		Croston		Winters			
	Cantidad	Error	Alfa	Error	Alfa	Error	Alfa	Beta	Gama	Error
CEMENTO GRIS HOLCIM FUERTE SACO 50KG	10	12.73	0.01	12.74	0.337	13.11	0.1299	0.215	0	14.9
NOV VARILLA CORRUGADA 12MM/12M	3	11.87	0.45	11.97	No aplica		0.506	0	0	11.87
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X2MM	4	11.42	0.21	11.56	0.13	12.07	0.439	1	0	10.31
CORREA G 80X40X15X2MM	8	14.19	0.01	14.29	0.06	13.92	0	1	0.038	13.84
TUBO ESTRUCT CUADRADO 75X75X2MM	3	11.44	0.35	11.28	0.39	12.04	0.29	0.007	0	11.26
TABLA ENCOFRADO ORIENTE	8	16.06	0.2	15.99	0.67	15.73	0.426	0.014	0.146	15.68
CORREA G 60x30x10X2mm	12	12.11	0.05	12.25	0.01	12.54	0.5	0	0	12.18
NOV VARILLA CORRUGADA 8MM/12M	8	14.33	0.15	14.30	0.18	14.75	0.464	0.027	0.011	14.24

Tabla 5 Resultados de los métodos de pronósticos semanales

- Cemento gris Holcim fuerte saco 50kg: el método con el menor error es la media móvil con 10 semanas de promedio. Sin embargo, como se puede observar en la ilustración 18 este método de previsión no es el que más se adecua visiblemente a la demanda debido a su alta variabilidad con varios picos

de demanda como en la semana 21 con 2731 ventas o un pico bajo con 198 en la semana 41.

Periodo	Ventas	Pronóstico	Periodo	Ventas	Pronóstico
1	1458		**27**	1548	1442
2	857		**28**	1616	1458
3	1204		**29**	1687	1496
4	1566		**30**	1626	1571
5	1101		**31**	1991	1600
6	1593		**32**	1269	1526
7	1120		**33**	1898	1501
8	1736		**34**	1502	1501
9	637		**35**	1211	1553
10	530		**36**	1324	1578
11	1300	1180	**37**	1765	1567
12	1499	1164	**38**	1748	1589
13	980	1229	**39**	1564	1602
14	1557	1206	**40**	905	1590
15	838	1205	**41**	198	1518
16	916	1179	**42**	1222	1338
17	1386	1111	**43**	1895	1334
18	1230	1138	**44**	1103	1333
19	938	1087	**45**	1826	1294
20	1343	1117	**46**	2121	1355
21	2731	1199	**47**	1074	1435
22	1513	1342	**48**	1492	1366
23	1905	1343	**49**	2372	1340
24	975	1436	**50**	1487	1421
25	963	1378	**51**	1321	1479
26	1432	1390	**52**	1066	1591
Error				**12.73**	

Tabla 6 Pronóstico con promedio móvil Cemento Gris Holcim Fuerte 50kg

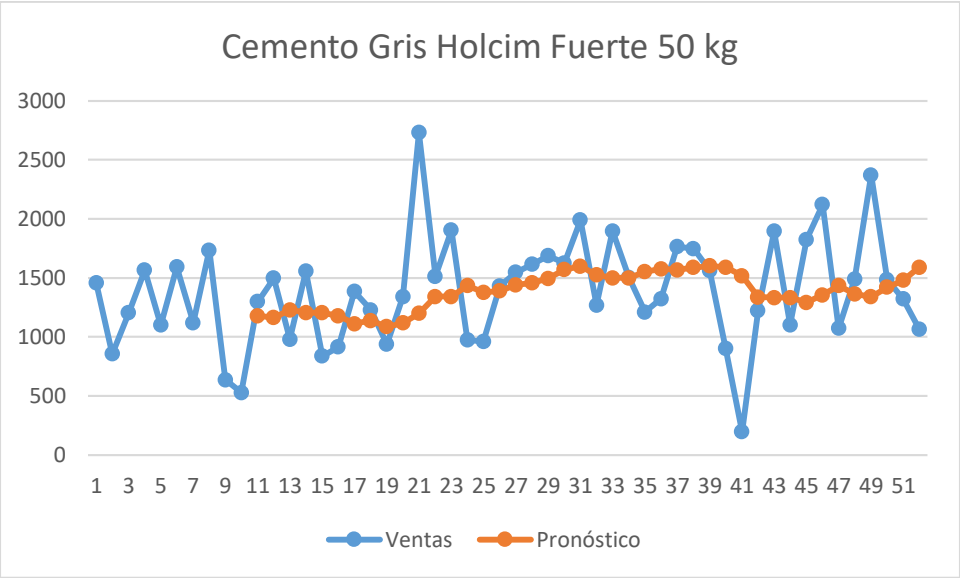


Ilustración 18 Gráfico comparativo de las ventas y pronósticos

- Nov varilla corrugada 12MM/12M: en este producto se puede identificar que desde la semana 21 la demanda incrementa hasta llegar a un pico en la semana 27 con 335 ventas, donde en la siguiente semana decrece, no obstante, su punto más bajo es en la semana 41 con 11 ventas. La previsión que se aconseja usar es Winters con un alfa de 0.506, beta y gamma igual a cero, debido a que su error es de 11.87. Cabe recalcar, que Croston no aplica para este artículo porque tiende al infinito al tener como resultado solo el número uno en los periodos con demanda positiva.

Periodo	Ventas	Pronóstico	Periodo	Ventas	Pronóstico
1	19		**27**	335	250
2	78	19	**28**	90	293
3	82	49	**29**	107	190
4	71	66	**30**	106	148
5	132	68	**31**	179	127
6	96	101	**32**	112	153
7	103	98	**33**	103	132
8	89	101	**34**	243	117
9	66	95	**35**	104	181
10	55	80	**36**	108	142
11	42	67	**37**	157	125
12	52	55	**38**	67	141
13	95	53	**39**	106	104
14	112	74	**40**	142	105

15	90	93	**41**	11	124
16	58	92	**42**	217	67
17	171	75	**43**	65	143
18	138	123	**44**	129	103
19	76	131	**45**	281	116
20	190	103	**46**	138	200
21	75	147	**47**	129	168
22	103	111	**48**	59	148
23	100	107	**49**	76	103
24	210	103	**50**	77	89
25	258	157	**51**	67	83
26	290	208	**52**	63	75
Error				**11.87826427**	

Tabla 7 Pronóstico con Winters Nov varilla corrugada 12MM/12M

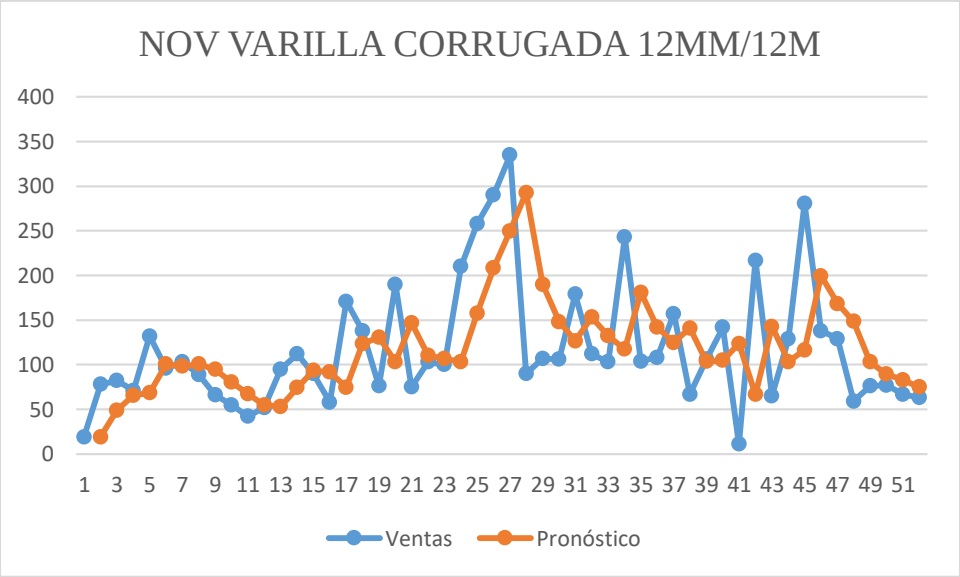


Ilustración 19 Gráfico comparativo de las ventas y pronósticos

- Tubo estructurado cuadrado 100X100X2MM: la demanda en este producto es muy cambiante, debido a que tiene muchos picos a lo largo del año 2019 el mayor es de 64 tubos vendidos y la menor es de 1 tubo vendido en las semanas 21 y 27, es por esto que el método que más se ajusta con las ventas Winters con un error de 10.31 utilizando un alfa de 0.439, beta de 1 y gamma de cero.

Periodo	Ventas	Pronóstico	Periodo	Ventas	Pronóstico
1	27		**27**	1	37
2	21	27	**28**	22	15
3	18	22	**29**	7	14

4	31	16	**30**	48	4
5	23	25	**31**	18	36
6	17	26	**32**	13	33
7	20	20	**33**	25	20
8	9	18	**34**	39	20
9	35	8	**35**	26	35
10	12	26	**36**	48	33
11	18	20	**37**	34	49
12	34	18	**38**	37	45
13	26	31	**39**	59	40
14	3	33	**40**	57	56
15	35	10	**41**	10	64
16	8	23	**42**	62	24
17	3	11	**43**	48	41
18	8	0	**44**	36	48
19	18	0	**45**	26	41
20	13	11	**46**	40	26
21	1	17	**47**	30	30
22	26	8	**48**	64	28
23	25	22	**49**	14	58
24	8	31	**50**	7	33
25	20	18	**51**	17	5
26	42	17	**52**	20	0
Error				**10.31**	

Tabla 8 Pronóstico con Winters Tubo estructurado cuadrado 100X100X2MM

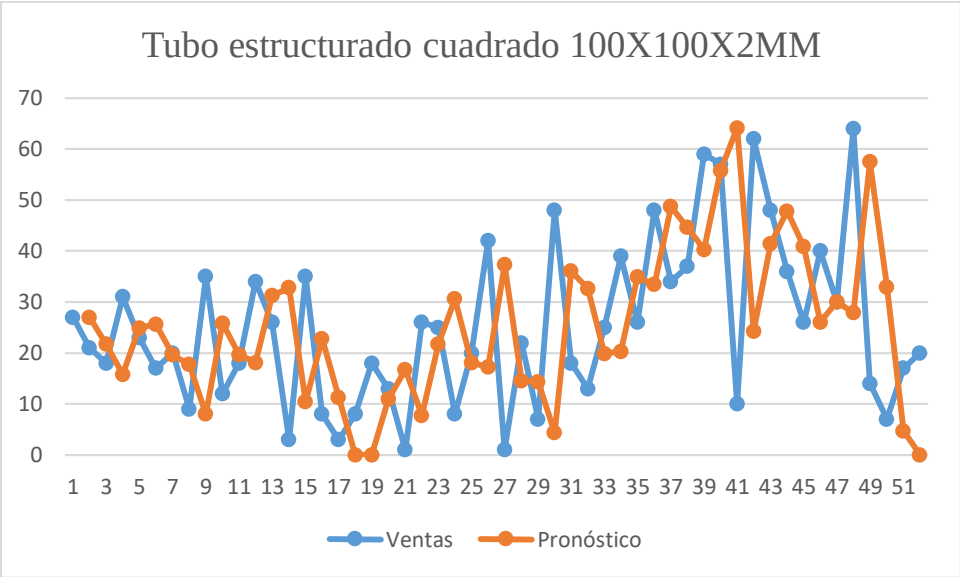


Ilustración 20 Gráfico comparativo de las ventas y el pronóstico

- Correa G 80X40X15X2MM: este producto al igual que el anterior, su demanda es variable en todos los periodos del 2019, su mayor pico fue en la semana 47 con 135 Correas vendidas, pero en la semana 35 no se vendió ningún producto. El método de pronóstico que posee el menor error, con 13.84, es Winters con alfa de 0, beta de 1 y gamma de 0.052. Sin embargo, visualmente no se ajusta con las ventas realizadas, es por esto que se necesita más información para encontrar un método que mejor se ajuste a la demanda.

Periodo	Ventas	Pronóstico	Periodo	Ventas	Pronóstico
1	39		**27**	23	41
2	24	39	**28**	7	34
3	45	39	**29**	1	44
4	17	39	**30**	61	36
5	45	39	**31**	37	40
6	46	38	**32**	65	33
7	87	39	**33**	32	42
8	23	38	**34**	20	37
9	75	39	**35**	0	40
10	28	39	**36**	27	35
11	81	42	**37**	65	42
12	35	37	**38**	36	36
13	86	41	**39**	85	38
14	41	38	**40**	98	34
15	26	44	**41**	22	43
16	20	37	**42**	72	36
17	32	44	**43**	123	41
18	33	38	**44**	28	38
19	44	43	**45**	17	42
20	29	36	**46**	33	38
21	49	43	**47**	135	45
22	30	38	**48**	34	37
23	11	43	**49**	57	41
24	9	36	**50**	39	38
25	67	43	**51**	47	50
26	4	38	**52**	45	37
Error				**13.84**	

Tabla 9 Pronósticos con Winters de la Correa G 80X40X15X2MM

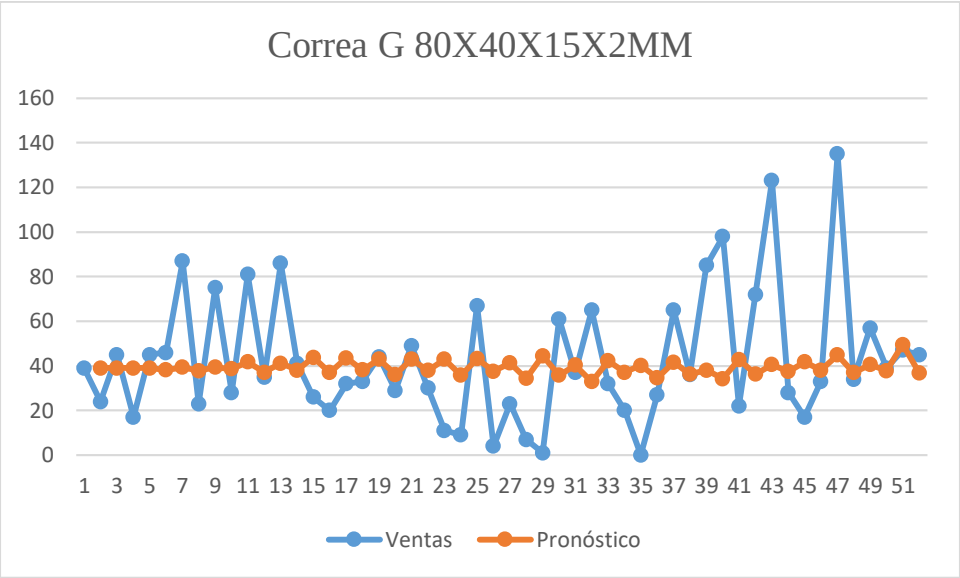


Ilustración 21 Gráfico comparativo de las ventas y el pronóstico

- Tubo estructurado cuadrado 75X75X2MM: Winters con alfa de 0.029, beta 0.07 y gamma de 0 es el método que más se ajusta para pronosticar la demanda de este artículo, obteniendo el menor error con 11.26. En este producto la venta de la primera semana es la mayor con 59 tubos vendidos, a partir de la siguiente semana la demanda decrece hasta la semana 10 con 5 artículos, no obstante, su punto más bajo es en la semana 35 con 1 producto.

Periodo	Ventas	Pronóstico	Periodo	Ventas	Pronóstico
1	59		**27**	8	21
2	33	59	**28**	14	17
3	24	51	**29**	13	16
4	30	43	**30**	15	15
5	23	39	**31**	14	15
6	30	34	**32**	2	14
7	32	33	**33**	41	10
8	17	32	**34**	12	19
9	16	28	**35**	1	17
10	5	24	**36**	11	12
11	15	18	**37**	26	11
12	17	17	**38**	6	15
13	27	17	**39**	2	12
14	18	19	**40**	33	9
15	24	19	**41**	7	16
16	10	20	**42**	29	13
17	38	17	**43**	20	17

18	10	23	**44**	15	18
19	11	19	**45**	33	17
20	22	16	**46**	21	21
21	7	18	**47**	58	21
22	11	14	**48**	23	32
23	28	13	**49**	22	29
24	16	17	**50**	18	27
25	29	17	**51**	4	24
26	26	20	**52**	4	18
Error				**10.31**	

Ilustración 22 Pronóstico Winters Tubo estructurado cuadrado 75X75X2MM

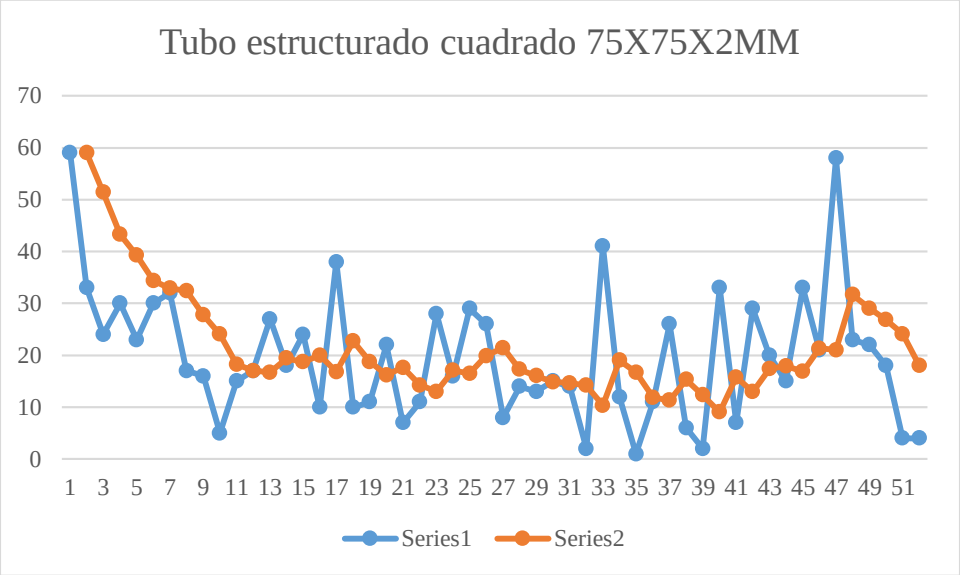


Ilustración: gráfico comparativo de la demanda real y prevista

- Tabla encofrado oriente: Las ventas de este producto en las semanas 4, 8, 26 y 35 tiene los picos más altos de demanda, pero en las semanas 14, 16, 24 y 41 tienen ventas bajas. El modelo que más se ajusta a esta demanda es Winters con un alfa de 0.426, beta de 0.014 y gamma de 0.146, obteniendo como resultado un error igual a 15.68.

Periodo	Ventas	Pronóstico	Periodo	Ventas	Pronóstico
1	66		**27**	222	152
2	18	66	**28**	190	167
3	153	45	**29**	194	194
4	174	92	**30**	107	188
5	33	128	**31**	101	168
6	116	80	**32**	126	125

7	86	115	**33**	159	136
8	159	99	**34**	130	135
9	68	108	**35**	213	146
10	31	95	**36**	55	163
11	77	77	**37**	166	128
12	79	79	**38**	155	131
13	15	63	**39**	116	161
14	4	42	**40**	72	118
15	12	31	**41**	8	119
16	0	23	**42**	118	64
17	22	9	**43**	170	95
18	92	13	**44**	105	104
19	58	61	**45**	97	115
20	122	56	**46**	131	117
21	99	77	**47**	140	134
22	65	88	**48**	132	107
23	62	90	**49**	158	127
24	8	79	**50**	166	157
25	128	42	**51**	72	174
26	208	77	**52**	40	104
Error				**15.68**	

Tabla 10 Pronóstico Winters tabla encofrado oriente

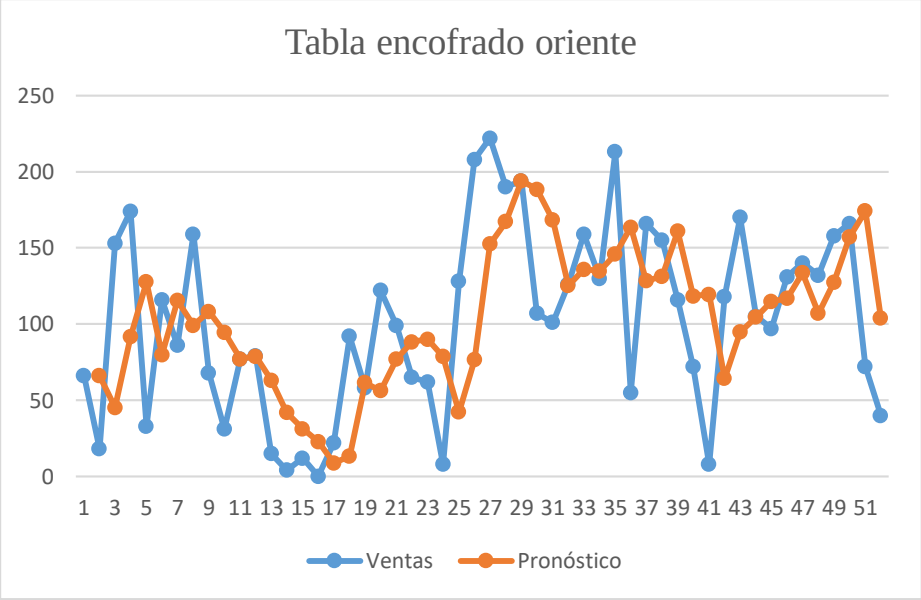


Ilustración 23gráfico comparativo de las ventas y pronóstico

- Correa G 60x30x10X2MM: En este producto en la semana 13 y 15 tiene picos de venta más elevados de todo el periodo, pero en la semana 12 y 14 son puntos

bajos, creando bastante variabilidad solo en este lapso de tiempo, no obstante, en la semana 24 no se vendió ningún artículo. El método óptimo encontrado en este proyecto es Winters con un alfa de 0.5, beta y gamma de 0, obteniendo un error de 12.18.

Periodo	Ventas	Pronóstico	Periodo	Ventas	Pronóstico
1	20		**27**	26	29
2	37	20	**28**	20	28
3	43	29	**29**	22	24
4	47	36	**30**	15	23
5	43	41	**31**	30	19
6	28	42	**32**	17	24
7	28	35	**33**	32	21
8	15	32	**34**	14	26
9	3	23	**35**	3	20
10	8	13	**36**	48	12
11	7	11	**37**	12	30
12	8	9	**38**	1	21
13	64	8	**39**	35	11
14	17	36	**40**	24	23
15	79	27	**41**	4	23
16	11	53	**42**	21	14
17	27	32	**43**	6	17
18	13	29	**44**	20	12
19	17	21	**45**	29	16
20	51	19	**46**	16	22
21	6	35	**47**	12	19
22	20	21	**48**	31	16
23	25	20	**49**	18	23
24	0	23	**50**	12	21
25	45	11	**51**	33	16
26	30	28	**52**	3	25
Error				**12.18**	

Tabla 11 Pronóstico Winters correa G 60x30x10x2MM

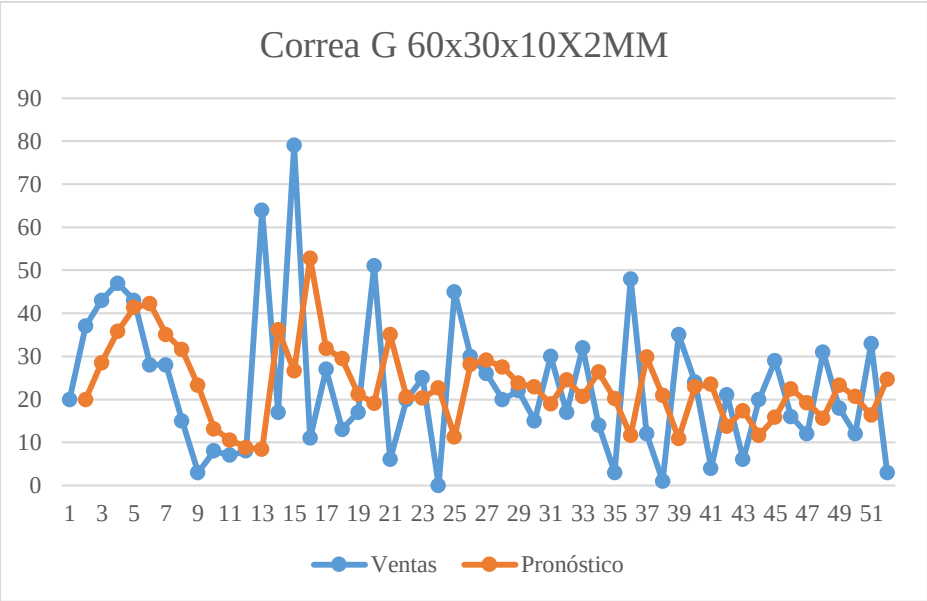


Ilustración 24 gráfico comparativo de las ventas con el pronóstico

- Nov varilla corrugada 8 MM/12M: la demanda de este producto es variable en todo el año 2019, como se puede observar en la ilustración 25 las semanas 37 y 26 se vendieron más artículos, sin embargo, en los periodos 40 y 41 fueron los más bajos. El método con menor error, por lo tanto, la que más se ajusta, es Winters con un alfa de 0.163, beta de 0.0255 y gamma 0.121.

Periodo	Ventas	Pronóstico	Periodo	Ventas	Pronóstico
1	27		**27**	87	69
2	35	27	**28**	21	71
3	85	28	**29**	32	65
4	25	38	**30**	50	60
5	34	36	**31**	86	59
6	36	36	**32**	63	62
7	96	37	**33**	65	64
8	12	46	**34**	107	65
9	43	41	**35**	59	74
10	45	42	**36**	119	69
11	28	44	**37**	127	80
12	41	40	**38**	66	90
13	16	41	**39**	101	88
14	31	37	**40**	7	88
15	21	37	**41**	0	77
16	22	33	**42**	37	65
17	97	32	**43**	58	62

18	26	43	**44**	31	58
19	69	41	**45**	56	55
20	119	44	**46**	56	56
21	85	59	**47**	65	57
22	39	63	**48**	31	56
23	33	61	**49**	34	53
24	19	56	**50**	75	50
25	50	51	**51**	38	56
26	149	50	**52**	43	50
Error				**14.24**	

Tabla 12 pronóstico Winters de nov varilla corrugada 8MM/12M

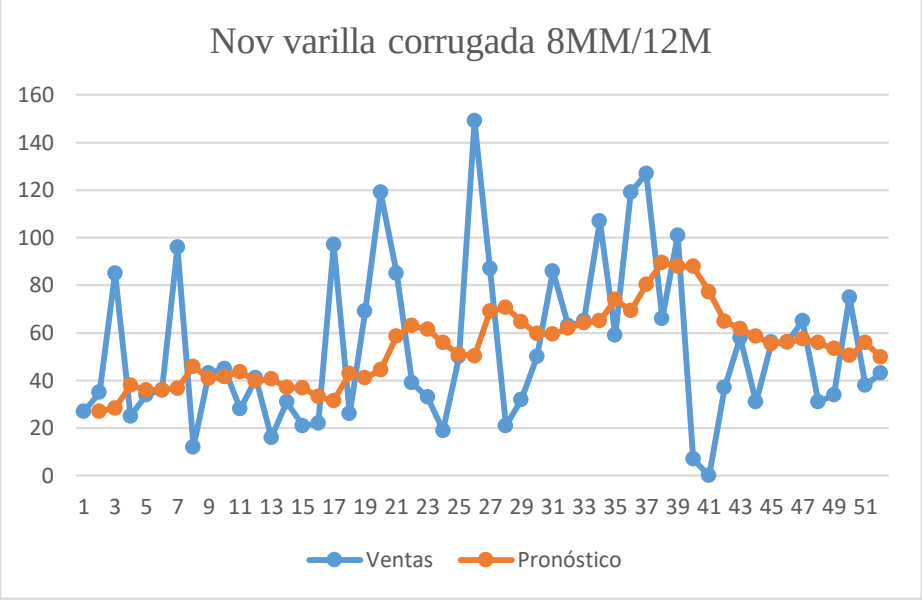


Ilustración 25 gráfico comparativo de las ventas y el pronóstico

3.3 Costos de modelos de inventarios

Costo de pedir el inventario: para calcular este rubro se consideró el sueldo de la Jefa de ventas que se encarga de generar órdenes de compra, revisar niveles de inventario y hablar con proveedores y el sueldo del bodeguero que verifica que la cantidad que ingresa a la bodega sea la correcta. Como resultado se obtuvo que cada pedido para reabastecer el inventario es de $2.35.

Costo de ordenar					
Cargo	**Sueldo**	**Horas de trabajo al mes**	**Costo ($/hora)**	**Horas dedicas al inventario**	**Costo**
Jefe de compras	600	160	3.75	16	60
Bodeguero	400	180	2.222222222	10	22.22
				Pedidos mensuales	35
				Costo de ordenar	**2.35**

Tabla 13 Costo de ordenar

Costo de mantener el inventario: para calcular este rubro se consideró los servicios básicos, costos de pérdidas, oportunidad y de servicios. Dentro del costo de servicios se encuentra el sueldo del encargado de bodega, los datos de las pérdidas o mermas y servicios básicos fueron proporcionados por Macova.

Según Andrade (2018) para el costo de oportunidad se puede otorgar el 10% del valor del inventario, este es un dato referencial, por ende, esta investigación se basará en esta referencia, pero se considerará como un valor variable. Como resultado se obtuvo que el porcentaje de mantener cada unidad del inventario anualmente es de 16.93% del costo unitario del producto.

Costo anual de mantener el inventario		
	Valor total	**% del inventario**
Costos de almacenamiento (servicios básicos)	600	0.40%
Costo de servicio (mano de obra)	4800	3.20%
Costo de oportunidad	15000	10.00%
Costo de pérdidas o mermas	5000	3.33%
Total costo de mantener	25400	16.93%

Tabla 14 Costos de mantener el inventario

3.4 Modelos de inventario con demanda independiente

En base a la teoría detallada del capítulo anterior se procede a realizar los modelos de cantidad económica de pedido siguiendo el siguiente diagrama de flujo.

Ilustración 26 diagrama de flujo del EOQ

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

Se realizó un acercamiento al personal administrativo de Macova para obtener la información respecto a proveedores, ventas y gestión de compras correspondientes al año 2019. En la tabla 15, se muestran los resultados obtenidos con el modelo de EOQ básico a todos los productos de la clasificación A.

Tabla 15 Resultados del modelo básico de la cantidad económica de pedido

3.4.2 EOQ con periodos constantes

Modelo básico de la cantidad económica de pedido									
Producto	Tiempo de reposición (días)	Punto reposición	Q (unidades por pedido)	Tiempo entre pedido	Costo Adquisición	Costo Mantener	Costo Ordenar	Costo Total Anual	Rotación
CEMENTO GRIS HOLCIM FUERTE SACO 50KG	2	411	574	2.79	438605.12	295.48	295.24	439195.84	125.73
VIGA V-5 C\10x15	3	35	79	6.75	75043.87	122.17	122.17	75288.22	52.01
ETERNIT ORIGINAL 2.40MTS	3	57	134	6.97	70276.25	118.23	118.23	70512.71	50.33
NOV VARILLA CORRUGADA 12MM/12M	2	35	145	8.29	49771.86	99.50	99.50	49970.85	42.35
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X2MM	4	15	34	9.12	41058.12	90.37	90.37	41238.86	38.47
CORREA G 80X40X15X2MM	4	25	69	10.84	29077.35	76.05	76.05	29229.45	32.37
TUBO ESTRUCT CUADRADO 75X75X2MM	4	12	35	11.89	24194.70	69.37	69.37	24333.44	29.53
MALLA ARMEX R-84 V.4mm 15x15	4	13	41	12.91	20508.75	63.87	63.87	20636.49	27.19
MALLA CERRAMIENTO 50/12 20/150	4	31	107	13.70	18204.43	60.17	60.17	18324.78	25.61
VIGA V-8 C\15X15	3	5	22	13.75	18069.00	59.95	59.95	18188.90	25.52
CORREA G 100X50X15X2mm	4	12	43	13.97	17527.20	59.04	59.04	17645.29	25.13
SUMIPEGA PORCELANATO SACO 50KG	3	11	55	14.71	15792.00	56.04	56.04	15904.09	23.86
MALLA CERRAMIENTO 50/11 20/200	4	12	61	15.12	14949.20	54.53	54.53	15058.26	23.21
TABLA ENCOFRADO ORIENTE	2	30	238	15.75	13774.80	52.34	52.34	13879.49	22.28
SUPER LOSA 6000X1000X0.65 M DECK	2	2	16	15.81	13675.22	52.15	52.15	13779.53	22.20
NOV VARILLA CORRUGADA 10MM/12M	2	13	105	16.14	13121.28	51.09	51.09	13223.45	21.75
VIGA V-2 C\10x15	3	8	47	16.46	12623.80	50.11	50.11	12724.02	21.33
MALLA ARMEX R-64 V.3.5mm 15x15	4	10	41	17.00	11832.87	48.51	48.51	11929.90	20.65
SUMIPEGA CERAMICA SACO 50KG	3	14	80	17.41	11277.00	47.36	47.36	11371.72	20.16
CORREA G 60x30x10X2mm	2	7	59	17.45	11230.44	47.26	47.26	11324.96	20.12
ETERNIT ORIGINAL 1.80MTS	3	11	69	17.99	10561.54	45.83	45.83	10653.21	19.51
TECHO MASTER 1000 GALV. 6000X1000X0.30	3	4	27	18.12	10411.88	45.51	45.51	10502.89	19.37
TUBO GALV POSTE 2"x2mm D	4	6	27	18.21	10307.08	45.28	45.28	10397.64	19.27
NOV VARILLA CORRUGADA 8MM/12M	2	16	146	18.35	10153.11	44.94	44.94	10243	19.13
VIGA V-9 C\15X25	3	2	15	20.04	8515.94	41.16	41.16	8598.25	17.52
BONDEX PREMIUM 1 40KG SIN RESINA (P/49SACOS)	2	3	34	20.36	8248.50	40.50	40.50	8329.51	17.24
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X3MM	4	2	10	20.45	8177.32	40.33	40.33	8257.98	17.17
MALLA ARMEX R-126 V.4mm 10x10	4	3	17	20.91	7821.30	39.44	39.44	7900.18	16.79
BONDEX STANDARD SACO 25KG P 80 SACOS	2	13	140	20.91	7815.28	39.43	39.43	7894.13	16.78
PLANCHA GYPSUM 1.22X2.440 12MM	3	6	65	22.63	6672.96	36.43	36.43	6745.82	15.51
PLANCHA ZINC ACANAL 3.60mts(0.20mm) (81cm ancho)	3	10	79	22.85	6548.85	36.09	36.09	6621.03	15.36
NOV VARILLA CORRUGADA 14MM/12M	2	3	38	23.02	6452.16	35.82	35.82	6523.81	15.25

En este modelo se combinó la experiencia de la jefa de compras con modelos matemáticos a fin de encontrar un EOQ óptimo para cada producto, donde se identificó el tiempo entre pedidos de inventario en semanas o meses. En la tabla 16, se muestran los resultados obtenidos de los productos de la clasificación A con periodos constantes de pedido por dos semanas y en la tabla 17, se encuentran los resultados de los periodos mensuales, donde el tiempo de reposición es cada dos meses para los productos que no se realizan pedidos de grandes cantidades.

Producto	Cantidad de pedido para dos semanas																											Costo Adquisición	Costo Almacenamiento	Costo Ordenar	Costo total
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26	27-28	29-30	31-32	33-34	35-36	37-38	39-40	41-42	43-44	45-46	17-18	49-50	51-52					
CEMENTO GRIS HOLCIM FUERTE SACO 50KG	2315	2770	2694	2856	1167	2799	2537	1754	2616	2281	4244	2880	2395	3164	3313	3260	3400	2535	3513	2469	1420	2998	3947	2566	3859	2387	16869.43	1421.25	2.35	18293.03
VIGA V-5 C\10x15	56	188	118	124	56	94	72	77	71	53	135	137	132	465	276	449	290	193	192	201	143	141	142	77	118	103	2886.30	243.17	2.35	3131.82
ETERNIT ORIGINAL 2.40MTS	295	278	301	271	351	154	168	203	163	85	262	58	148	80	354	399	95	542	397	324	141	451	295	292	110	508	2702.93	227.72	2.35	2933.00
NOV VARILLA CORRUGADA 12MM/12M	97	153	228	192	121	94	207	148	309	266	178	310	548	425	213	291	346	212	224	248	228	194	419	188	153	130	1914.30	161.28	2.35	2077.93
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X2MM	48	49	40	29	47	52	29	43	11	31	27	33	62	23	55	31	64	74	71	116	72	84	66	94	21	37	1580.37	133.15	2.35	1715.86
CORREA G 80X40X15X2MM	63	62	91	110	103	116	127	46	65	73	79	20	71	30	62	102	52	27	101	183	94	151	50	169	96	92	1118.36	94.22	2.35	1214.93
TUBO ESTRUCT CUADRADO 75X75X2MM	92	54	53	49	21	32	45	34	48	33	18	44	55	22	28	16	53	12	32	35	36	35	54	81	40	8	930.57	78.40	2.35	1011.32
MALLA ARMEX R-84 V.4mm 15x15	17	45	19	21	14	58	15	59	50	27	64	79	56	13	69	40	83	67	55	43	38	48	43	29	54	19	788.80	66.46	2.35	857.60
MALLA CERRAMIENTO 50/12 20/150	170	20	201	0	35	195	30	65	0	123	200	0	83	44	120	89	149	50	171	250	160	23	80	157	160	155	700.35	59.00	2.35	761.70
CORREA G 100X50X15X2mm	21	30	77	40	44	24	69	81	25	18	31	5	83	8	67	11	47	44	2	11	53	90	28	22	43	10	608.57	51.27	2.35	662.19
SUMIPEGA PORCELANATO SACO 50KG	44	78	3	81	51	74	13	42	52	17	35	105	37	62	43	90	44	19	10	7	11	72	34	47	62	183	607.38	51.17	2.35	660.91
TABLA ENCOFRADO ORIENTE	84	327	149	245	99	156	19	12	114	180	164	70	336	412	301	227	289	268	321	188	126	275	228	272	324	112	529.80	44.64	2.35	576.79
NOV VARILLA CORRUGADA 10MM/12M	24	164	65	26	20	23	73	55	32	21	80	89	67	261	38	111	79	100	116	154	164	157	98	97	104	60	504.66	42.52	2.35	549.53
VIGA V-2 C\10x15	20	131	59	11	17	34	7	13	18	22	91	104	35	42	38	60	33	21	36	35	60	54	75	54	104	58	601.78	50.70	2.35	654.83
MALLA ARMEX R-64 V.3.5mm 15x15	25	43	28	13	58	16	85	40	28	38	49	110	53	38	56	28	100	24	25	17	12	19	52	25	58	24	575.79	48.51	2.35	626.65
SUMIPEGA CERAMICA SACO 50KG	48	86	131	104	96	43	72	39	33	30	82	40	171	80	112	32	33	60	52	63	69	28	58	51	213	152	532.54	44.87	2.35	579.75
CORREA G 60x30x10X2mm	57	90	71	43	11	15	81	90	40	68	26	25	75	46	37	47	46	51	13	59	25	26	45	43	30	36	431.94	36.39	2.35	470.68
ETERNIT ORIGINAL 1.80MTS	97	35	39	63	21	77	68	168	70	5	33	14	23	26	23	10	16	71	33	81	5	65	84	73	37	105	406.21	34.22	2.35	442.79
NOV VARILLA CORRUGADA 8MM/12M	62	110	70	108	88	69	47	43	123	188	124	52	199	108	82	149	172	178	193	108	37	89	112	96	109	81	390.50	32.90	2.35	425.75
BONDEX PREMIUM 1 40KG SIN RESINA (P/49SACOS)	23	15	7	20	5	1	7	15	1	2	29	33	50	7	0	33	3	23	6	14	50	70	120	42	2	7	317.25	26.73	2.35	346.33
BONDEX STANDARD SACO 25KG P 80 SACOS	112	70	142	63	59	39	129	58	152	91	104	61	38	57	187	93	139	102	87	95	301	230	92	117	264	89	379.37	31.96	2.35	413.69
PLANCHA GYPSUM 1.22X2.440 12MM	31	6	43	28	0	9	63	19	19	2	21	1	22	40	37	28	14	12	68	108	38	80	77	87	131	24	256.65	21.62	2.35	280.63
PLANCHA ZINC ACANAL 3.60mts(0.20mm) (81cm ancho)	38	9	77	34	43	37	62	29	89	14	26	15	49	15	10	18	51	6	51	107	18	65	237	31	47	37	251.88	21.22	2.35	275.45

Tabla 16 Resultados del modelo de EOQ con periodos constantes semanales

EOQ Política propia										
Producto	Cantidad de pedido mensual						Costo Adquisición	Costo Almacenar	Costo Ordenar	Costo Total
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12				
VIGA V-8 C\15X15	67	30	147	185	94	47	3011.50	253.72	2.35	3267.57
MALLA CERRAMIENTO 50/11 20/200	291	96	644	99	134	141	2491.53	209.91	2.35	2703.80
SUPER LOSA 6000X1000X0.65 M DECK	48	92	64	31	49	69	2279.20	192.02	2.35	2473.58
TECHO MASTER 1000 GALV. 6000X1000X0.30	49	159	38	117	124	37	1735.31	146.20	2.35	1883.86
TUBO GALV POSTE 2"x2mm D	64	50	118	117	43	132	1717.85	144.73	2.35	1864.93
VIGA V-9 C\15X25	62	12	101	51	16	21	1419.32	119.58	2.35	1541.25
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X3MM	11	27	14	54	36	36	1362.89	114.82	2.35	1480.06
MALLA ARMEX R-126 V.4mm 10x10	24	57	65	65	27	52	1303.55	109.82	2.35	1415.72
BONDEX PREMIUM 1 40KG SIN RESINA (P/49SACOS)	49	159	38	117	124	37	1231.40	103.75	2.35	1337.50
NOV VARILLA CORRUGADA 14MM/12M	66	92	122	196	33	63	1075.36	90.60	2.35	1168.31

Tabla 17 Resultados del modelo de EOQ con periodos constantes

3.4.3 EOQ con el modelo de programación matemática entera mixta

La cantidad económica de pedido al utilizar programación matemática se realizó solamente por meses debido a que no se podía ingresar muchas variables en el Solver que se utilizó para programar; es por esto que el tiempo de reposición es constante siendo una vez al mes.

EOQ Programación matemática entera mixta																
Producto	Cantidad de pedido mensual												Costo Adquisición	Costo Almacenar	Costo Ordenar	Costo Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
CEMENTO GRIS HOLCIM FUERTE SACO 50KG	15280	0	0	5195	6795	5875	6956	7372	6584	4743	6896	6443	36550.43	3079.37	23.50	39653.30
VIGA V-5 C\10x15	266	235	159	153	209	282	768	795	391	359	263	223	2078.85	526.87	28.20	2633.92
ETERNIT ORIGINAL 2.40MTS	607	668	406	498	330	228	435	620	939	788	489	717	3407.33	493.40	28.20	3928.93
NOV VARILLA CORRUGADA 12MM/12M	291	445	221	488	510	883	689	703	438	514	642	298	3101.81	349.44	28.20	3479.45
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X2MM	115	54	113	58	63	96	80	106	192	205	113	113	662.72	288.26	28.20	979.18
CORREA G 80X40X15X2MM	143	200	245	172	175	91	94	152	213	338	190	222	1132.40	204.15	28.20	1364.75
TUBO ESTRUCT CUADRADO 75X75X2MM	166	82	70	101	54	94	65	66	45	100	128	59	521.87	169.87	28.20	719.93
MALLA ARMEX R-84 V.4mm 15x15	68	37	75	87	68	183	105	141	92	102	91	76	570.00	143.99	28.20	742.19
MALLA CERRAMIENTO 50/12 20/150	270	121	230	95	356	0	214	238	461	193	237	315	1382.85	127.81	25.85	1536.51
VIGA V-8 C\15X15	40	28	0	29	52	95	42	143	23	71	47	0	288.80	126.86	23.50	439.16
CORREA G 100X50X15X2mm	66	110	78	157	41	90	81	167	49	148	49	54	552.27	123.06	28.20	703.52
SUMIPEGA PORCELANATO SACO 50KG	122	108	108	92	59	143	105	170	0	58	105	246	666.77	110.87	25.85	803.50
MALLA CERRAMIENTO 50/11 20/200	75	216	96	0	549	95	99	0	147	0	0	128	711.87	104.96	18.80	835.62
TABLA ENCOFRADO ORIENTE	425	435	255	0	414	401	822	643	494	410	546	453	2684.32	96.71	25.85	2806.88
SUPER LOSA 6000X1000X0.65 M DECK	28	20	51	41	12	52	31	0	22	27	25	44	178.85	96.01	25.85	300.71
NOV VARILLA CORRUGADA 10MM/12M	190	132	0	145	103	167	343	160	247	421	206	164	1154.19	92.12	25.85	1272.16
VIGA V-2 C\10x15	162	64	62	0	51	121	69	92	38	87	104	144	503.63	88.63	25.85	618.11
MALLA ARMEX R-64 V.3.5mm 15x15	76	69	28	100	52	131	82	94	48	24	60	77	426.11	83.08	28.20	537.38
SUMIPEGA CERAMICA SACO 50KG	180	149	122	89	76	173	228	0	110	126	83	275	816.24	79.17	25.85	921.26
CORREA G 60x30x10X2mm	181	80	87	143	98	100	87	95	96	69	76	84	605.97	78.85	28.20	713.02
ETERNIT ORIGINAL 1.80MTS	139	97	129	266	39	41	51	57	83	141	132	167	679.95	74.15	28.20	782.30
TECHO MASTER 1000 GALV. 6000X1000X0.30	20	29	54	105	19	19	27	90	47	89	0	25	265.49	73.10	25.85	364.44
TUBO GALV POSTE 2"x2mm D	64	0	29	21	80	38	55	62	43	0	27	105	265.49	72.36	23.50	361.36
NOV VARILLA CORRUGADA 8MM/12M	187	206	123	193	300	267	231	339	420	127	210	194	1417.15	71.28	28.20	1516.63
VIGA V-9 C\15X25	40	34	0	0	40	61	67	0	0	0	21	0	133.25	59.79	14.10	207.14
BONDEX PREMIUM 1 40KG SIN RESINA (P/49SACOS)	41	35	0	17	31	97	0	38	26	114	186	0	296.40	57.91	21.15	375.46
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X3MM	11	0	12	15	12	2	0	54	23	13	12	24	90.19	57.41	23.50	171.10
MALLA ARMEX R-126 V.4mm 10x10	7	17	23	34	27	38	25	40	27	0	30	22	146.93	54.91	25.85	227.70
BONDEX STANDARD SACO 25KG P 80 SACOS	183	156	113	213	274	0	212	213	150	370	121	349	1192.69	54.87	25.85	1273.41
PLANCHA GYPSUM 1.22X2.440 12MM	37	80	0	91	33	23	77	54	120	174	164	155	510.72	46.85	25.85	583.42
PLANCHA ZINC ACANAL 3.60mts(0.20mm) (81cm anch	92	66	115	185	0	89	0	69	100	136	278	85	615.60	45.98	23.50	685.08
NOV VARILLA CORRUGADA 14MM/12M	66	0	2	90	122	0	199	0	0	30	63	0	289.81	45.30	16.45	351.56

Tabla 18 Resultados del modelo de EOQ con programación matemática entera mixta

3.4.4 Inventario de seguridad

El inventario de seguridad protege a los pronósticos de ventas que no se cumplen, debido a las fluctuaciones de la demanda, es por esto que se propone mantener un stock de seguridad para los productos de clasificación A siguiendo el sistema continuo con un nivel de servicio del 95%. Sin embargo, para el producto estrella que es el cemento Holcim 50kg que tiene mucha variabilidad de ventas se recomienda utilizar 97.5% al igual que la correa G 80X40X15X2MM. De esta manera, se obtuvieron los resultados que se muestra en la tabla 19 para todos los productos que se encuentran en la clasificación A.

Producto	Inventario de seguridad
CEMENTO GRIS HOLCIM FUERTE SACO 50KG	65
VIGA V-5 C\10x15	10
ETERNIT ORIGINAL 2.40MTS	17
NOV VARILLA CORRUGADA 12MM/12M	11
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X2MM	3
CORREA G 80X40X15X2MM	6
TUBO ESTRUCT CUADRADO 75X75X2MM	2
MALLA ARMEX R-84 V.4mm 15x15	3
MALLA CERRAMIENTO 50/12 20/150	11
VIGA V-8 C\15X15	2
CORREA G 100X50X15X2mm	7
SUMIPEGA PORCELANATO SACO 50KG	3
MALLA CERRAMIENTO 50/11 20/200	8
TABLA ENCOFRADO ORIENTE	8
SUPER LOSA 6000X1000X0.65 M DECK	1
NOV VARILLA CORRUGADA 10MM/12M	6
VIGA V-2 C\10x15	2
MALLA ARMEX R-64 V.3.5mm 15x15	3
SUMIPEGA CERAMICA SACO 50KG	3
CORREA G 60x30x10X2mm	3
ETERNIT ORIGINAL 1.80MTS	4
TECHO MASTER 1000 GALV. 6000X1000X0.30	3
TUBO GALV POSTE 2"x2mm D	2
NOV VARILLA CORRUGADA 8MM/12M	4
VIGA V-9 C\15X25	1

BONDEX PREMIUM 1 40KG SIN RESINA (P/49SACOS)	2
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X3MM	1
MALLA ARMEX R-126 V.4mm 10x10	1
BONDEX STANDARD SACO 25KG P 80 SACOS	6
PLANCHA GYPSUM 1.22X2.440 12MM	3
PLANCHA ZINC ACANAL 3.60mts(0.20mm) (81cm ancho)	5
NOV VARILLA CORRUGADA 14MM/12M	3

Tabla 19 Inventario de seguridad para los productos de la clasificación A

3.4.5 Punto de pedido

Finalmente, se determina el punto de pedido para cada producto de la clasificación A, esta herramienta indicará el nivel de inventario donde se debe emitir un pedido, esta cantidad es constante para todos los métodos de EOQ; para calcular este método se debe incluir el inventario de seguridad. A continuación, en la tabla 20 se muestran los resultados de todos los productos A.

Producto	Punto de reposición
CEMENTO GRIS HOLCIM FUERTE SACO 50KG	476
VIGA V-5 C\10x15	45
ETERNIT ORIGINAL 2.40MTS	75
NOV VARILLA CORRUGADA 12MM/12M	46
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X2MM	18
CORREA G 80X40X15X2MM	32
TUBO ESTRUCT CUADRADO 75X75X2MM	14
MALLA ARMEX R-84 V.4mm 15x15	16
MALLA CERRAMIENTO 50/12 20/150	42
VIGA V-8 C\15X15	7
CORREA G 100X50X15X2mm	19
SUMIPEGA PORCELANATO SACO 50KG	15
MALLA CERRAMIENTO 50/11 20/200	20
TABLA ENCOFRADO ORIENTE	39
SUPER LOSA 6000X1000X0.65 M DECK	3
NOV VARILLA CORRUGADA 10MM/12M	19
VIGA V-2 C\10x15	11
MALLA ARMEX R-64 V.3.5mm 15x15	12
SUMIPEGA CERAMICA SACO 50KG	17
CORREA G 60x30x10X2MM	9

ETERNIT ORIGINAL 1.80MTS	16
TECHO MASTER 1000 GALV. 6000X1000X0.30	8
TUBO GALV POSTE 2"x2MM D	8
NOV VARILLA CORRUGADA 8MM/12M	20
VIGA V-9 C\15X25	3
BONDEX PREMIUM 1 40KG SIN RESINA (P/49SACOS)	6
TUBO ESTRUCT CUADRADO 100X100X3MM	3
MALLA ARMEX R-126 V.4mm 10x10	5
BONDEX STANDARD SACO 25KG P 80 SACOS	19
PLANCHA GYPSUM 1.22X2.440 12MM	9
PLANCHA ZINC ACANAL 3.60mts(0.20mm) (81cm ancho)	16
NOV VARILLA CORRUGADA 14MM/12M	6

Tabla 20 Punto de pedido para los productos de clasificación A

CAPÍTULO IV

POLÍTICAS DE INVENTARIO

Formular políticas ayuda a la correcta administración de inventarios con el fin de llegar a niveles óptimos de almacenamiento. Son guías que ayudarán a la toma de decisiones, no obstante, son elásticas, dinámicas y algunas requieren interpretación para usarse. Las políticas se vuelven obsoletas con el paso del tiempo, es por esto que se necesita evaluar periódicamente, reacomodarse y volver a informar para mantener su efectividad.

4.1. Políticas generales para la bodega externa de Macova

Dentro de la bodega externa de Macova se sugiere seguir las siguientes políticas:

- Solo personal autorizado podrá ingresar a la bodega.
- El área de inventarios deberá estar limpia, evitando su deterioro, y organizada en los espacios asignados.
- Los productos deben estar codificados de acuerdo a su familia.
- El encargado de bodega deberá supervisar y cumplir con las disposiciones de los despachos.
- Los productos se entregarán a los clientes cuando la factura esté emitida.
- El ingreso de mercadería será supervisado, revisado y contado por la jefa de compras y el bodeguero.

4.2. Políticas para los productos de clasificación A

Debido a que este proyecto se desarrolló en torno a los productos de la clasificación A, se especificará políticas para cada uno de ellos, a continuación, se presentan las políticas más representativas y los demás se encuentran en el Anexo 5. Sin embargo, para todos los artículos se deberá tener un registro de máximos y mínimos de existencia en la bodega, su revisión será de manera mensual y cuando haya un ingreso al stock se deberá revisar el inventario. Adicionalmente, se vio necesario proporcionar un rango de máximos y mínimos para la cantidad óptima de pedido de cada producto, debido a que su demanda es muy variante y no es muy factible tener una cantidad fija de pedido.

- Cemento gris Holcim fuerte saco 50kg: las ventas de este producto tienen varios picos, debido a esto los pronósticos planteados en este proyecto no son lo más adecuados para trabajar con este ítem, es por esto que se recomienda subir el inventario de seguridad y trabajar con el 97.5%. Cabe mencionar que utilizando media móvil con dos promedios se ajusta bastante bien de manera visual a los picos de demanda como se puede observar en la ilustración 27, pero su error es mayor con 13.57 a comparación de 12.72 con saltos de 10 periodos, además, es probable que estos picos no se vuelvan a repetir.

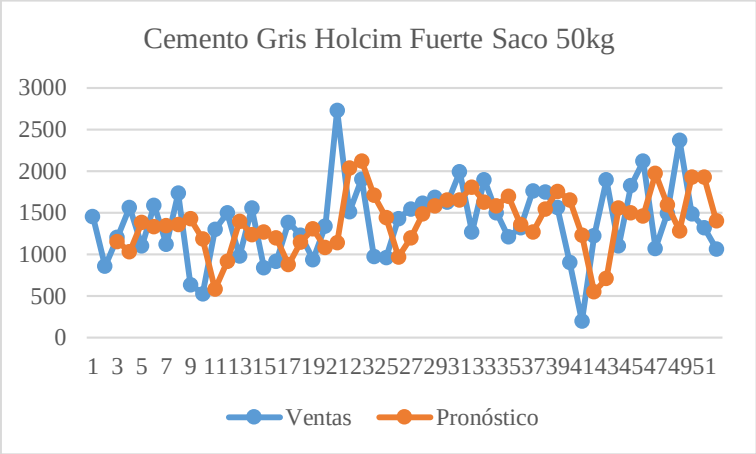


Ilustración 27 Pronóstico con 2 saltos de media móvil del Cemento Holcim 50 Kg

El tiempo desde que se realiza un pedido al proveedor hasta que llega a la bodega de Macova transcurre en promedio dos días, el inventario de seguridad es de 65 sacos y su punto de pedido es cuando el inventario llega a 476 ítems. En la tabla se muestra el rango mínimo y máximo de pedido de manera mensual.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	5085	15280
2	0	6172
3	0	6172
4	4370	6172
5	6172	6795
6	5272	6172
7	6172	6956
8	5935	7372
9	5982	6584
10	4418	6172

11	6172	6896
12	6172	6443

Tabla 21 EOQ del Cemento Holcim Fuerte Saco 50kg

- Eternit original 2.40MTS: los datos agrupados de manera semanal tienen un alto coeficiente de variación, es por esto que se recomienda adjuntar más datos y agrupar de manera mensual para encontrar el método de pronóstico más adecuado. El tiempo desde que se realiza el pedido hasta que llega a la bodega son 3 días en promedio, su inventario de seguridad es de 17 productos y el punto de pedido es de 75. La cantidad económica de pedido mensual es:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	461	607
2	461	668
3	322	461
4	366	498
5	330	461
6	206	461
7	435	555
8	461	637
9	461	939
10	461	788
11	461	587
12	461	717

Tabla 22 EOQ de eternit original 2.40MTS

- Nov varilla corrugada 12MM/12M: este artículo es el que más se ajusta visualmente en todos los métodos de pronósticos propuestos en este proyecto, pero al tener menor error se propone utilizar el método Winters agrupando los datos de manera semanal. El tiempo de reposición es de 2 días, su inventario de seguridad es de 11 ítems, su punto de pedido es de 46 y el rango de la cantidad óptima de pedido se muestra en la tabla 23.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	291	420
2	313	445
3	221	420
4	420	488

5	420	510
6	420	883
7	420	689
8	420	703
9	420	472
10	420	514
11	420	642
12	283	420

Tabla 23 EOQ nov varilla corrugada 12MM/12M

- Tubo estructurado cuadrado 100X100X2MM: por su coeficiente de variación se debería agrupar los datos de manera semanal y el método de pronóstico que se sugiere utilizar es Winters. El tiempo de reposición es de 4 días, su inventario de seguridad es de 3 y el punto de pedido es de 18. El mínimo y máximo de la cantidad óptima de pedido es:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	89	115
2	54	89
3	81	113
4	54	89
5	58	89
6	89	96
7	73	89
8	89	138
9	89	192
10	89	205
11	89	160
12	58	113

Tabla 24 EOQ Tubo estructurado cuadrado 100X100X2MM

- Correa G 80X40X15X2MM: la demanda de este producto tiene muchos picos de incremento, por esta razón se necesita adjuntar más datos y agrupar de manera semanal para encontrar un método de previsión que se ajuste mejor. Se propone trabajar con el inventario de seguridad de 6 unidades calculado con el coeficiente de 97.5% de servicio, su punto de pedido es de 32 y su tiempo de reposición es de 4 días y el rango de la cantidad económica de pedido es:

Cantidad Económica de Pedido

Mes	Mínimo	Máximo
1	143	153
2	153	213
3	153	245
4	111	172
5	152	175
6	91	153
7	94	153
8	79	153
9	153	284
10	153	338
11	153	219
12	153	222

Tabla 25 EOQ correa G 80X40X13X2MM

- Tubo estructurado cuadrado 75X75X2MM: por su coeficiente de variación bajo se debe agrupar los datos de manera semanal y para calcular el pronóstico de la demanda se debe utilizar Winters. El tiempo de reposición es 4 días, el inventario de seguridad es de 2 ítems, el punto de pedido es 14 y el rango de la cantidad óptima de pedido se muestra en la tabla 26 para cada mes del año que minimiza los costos.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	71	166
2	70	82
3	70	77
4	71	101
5	51	71
6	71	99
7	44	71
8	65	71
9	45	71
10	71	100
11	71	135
12	48	71

Tabla 26 EOQ Tubo estructurado cuadrado 75X75X2MM

- Tabla encofrado oriente: el pronóstico para este producto se recomienda realizar agrupando los datos de manera semanal y utilizando el método de Winters. El tiempo que transcurre desde que se realiza un pedido hasta que llega la mercadería a la

bodega es de 2 días, el inventario de seguridad es de 8 unidades, su punto de pedido es de 39 y lo máximo y mínimo de cantidad de pedido es:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	363	425
2	344	435
3	175	363
4	0	363
5	344	414
6	363	406
7	363	822
8	363	643
9	363	509
10	363	410
11	363	546
12	363	453

Tabla 27 EOQ Tabla encofrado oriente

- Correa G 60x30x10X2MM: al analizar estos datos se encontró un comportamiento peculiar llamado máximos locales y máximos globales, dado que estos en su mayoría se sitúan en la parte central. Posteriormente, cuando se utiliza solver para determinar los coeficientes del pronóstico, este solo realiza un análisis local de donde se concentran estos datos, obteniendo así el menor error. Sin embargo, al incrementar el alfa de 0.043 a 0.5 (observar ilustraciones 28 y 29) se ajusta de mejor manera a la demanda, aunque genera más error, pero disminuye la rotura de stock, es por esto que se propone utilizar un alfa de 0.5.

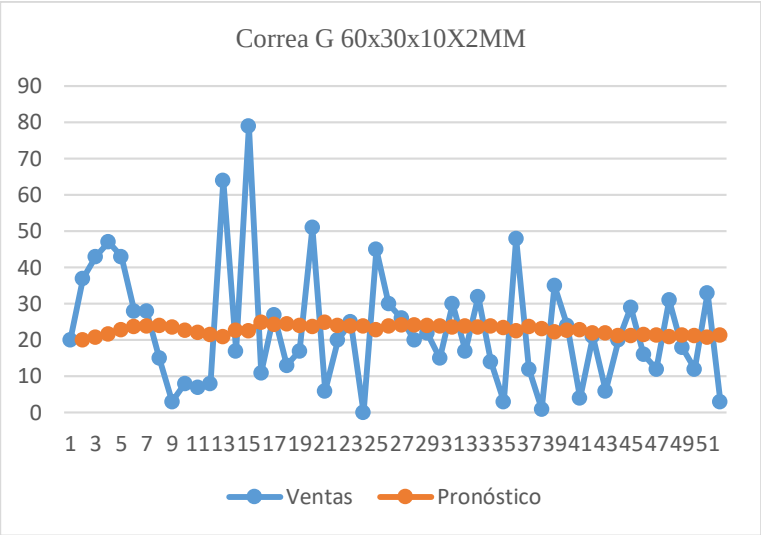


Ilustración 28 pronóstico con alfa 0.043

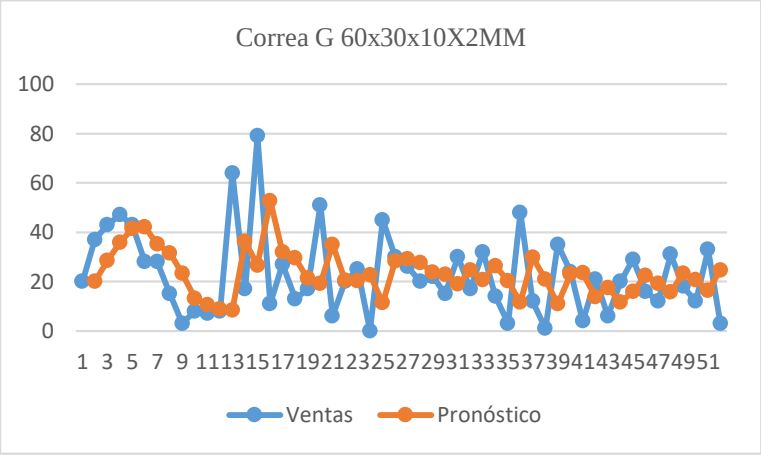


Ilustración 29 pronóstico con alfa 0.5

El tiempo de reposición de este producto es de 2 días, el inventario de seguridad es de 3 unidades, cuando el nivel de stock llega a 9 ítems existentes en la bodega se debe pedir más mercadería al proveedor, siguiendo la tabla 28 de mínimos y máximos de cantidad mensual óptima de pedido para este artículo.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	79	181
2	54	80
3	79	96
4	79	143
5	79	98
6	79	100

7	79	87
8	79	97
9	72	96
10	51	79
11	76	88
12	66	84

Tabla 28 EOQ Correa G 60x30x10X2MM

- Nov varilla corrugada 8MM/12M: No se pudo determinar un método de pronóstico que se adapte de una manera óptima a este producto por los picos de incremento de la demanda, es por esto que se recomienda incrementar los datos históricos para encontrar el mejor método. Sin embargo, al utilizar Winters la tendencia se adapta a los cambios de la demanda, aunque no se ajuste de manera visual. El tiempo que tarda el proveedor en dejar la mercadería en la bodega es de 2 días, el inventario de seguridad es de 4 varillas, el punto de pedido es 20 y el rango de cantidades de pedido mensual se puede observar en la siguiente tabla:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	161	191
2	191	206
3	116	191
4	166	193
5	191	312
6	191	267
7	191	231
8	191	350
9	191	420
10	126	191
11	191	210
12	190	194

Tabla 29 EOQ Nov varilla corrugada 8MM/12M

4.3. Políticas para los productos de clasificación B

El control de estos productos se debería hacer bajo un sistema de revisión periódica, es decir examinar el inventario en un tiempo fijo que, para este caso en particular, se propone revisar una vez cada 5 meses. Según (Arango Marín, Giraldo García, & Castrillón Gómez, 2013) sugiere que el nivel de servicio para el inventario de seguridad de los productos de clasificación B, debería ser del 90%. Vidal (2010) presenta políticas como: control clásico

de inventarios, cubrimiento de existencias entre 2 y 8 semanas y pronósticos con suavización exponencial simple.

4.4. Políticas para los productos de clasificación C

Dentro de esta clasificación, se puede utilizar una herramienta de depuración del inventario para reducir gradualmente los ítems de poco movimiento, puesto que varios productos, en especial los últimos, pueden ser candidatos a ser eliminados del inventario y del sistema, específicamente los 20 últimos artículos, debido a que representan el 0.00289% del volumen anual en dólares. (Arango Marín, Giraldo García, & Castrillón Gómez, 2013) plantean utilizar para el nivel de servicio en el inventario de seguridad un 80%, por otro lado (Vidal, 2010) propone políticas de mínima supervisión, pedidos bajo orden, tamaños de pedido grandes que cubra entre 3 a 20 semanas, sistemas de control simple. Para encontrar los pronósticos de la demanda, recomienda utilizar promedio móvil y evitar los excesos de almacenamiento. Al igual que la clasificación B el inventario se debería revisar de manera periódico, se sugiere inspeccionar los artículos de la clasificación C una vez al año.

CONCLUSIONES GENERALES

El sistema de gestión de inventarios propuesto permitió encontrar los productos más representativos de la bodega externa del local principal de Macova. Se utilizó la herramienta de clasificación ABC, donde se obtuvo como resultado que 32 artículos pertenecen al grupo A, los cuales representan a la ferretería el 79.62% de consumo anual en dólares, son los que rotan más rápidamente en el inventario y es por esto que se convirtieron en el objetivo de estudio. En la clasificación B, se encuentran 90 ítems de media importancia con el 15.34% de consumo y finalmente en la clasificación C con poca importancia hay 284 artículos que representan el 5.03% del volumen anual en dólares.

Partiendo de los resultados obtenidos de la herramienta ABC, se procedió a analizar el comportamiento de la demanda de los 32 artículos tanto semanal, como mensual y se clasificó a los productos de acuerdo a un nivel bajo de coeficiente de varianza, esto ayudó a determinar los ítems de menor variabilidad y así encontrar un método de pronóstico que más se ajuste a la demanda. Dependiendo de la variabilidad se clasificó en políticas administrativas semanales o mensuales, de esta última se necesitan añadir más datos para encontrar la previsión que mejor se adapte a la demanda, por otro lado, se encontró 8 productos agrupados de manera semanal con bajo coeficiente de variación, a los cuales se aplicó media móvil, suavizado exponencial simple, Winters y Croston.

El método de pronóstico que mejor se adecuó a los productos con menor variabilidad es Winters, a excepción del producto estrella. Además, cabe señalar que los resultados de las previsiones son sensibles a errores y es por esto que se eliminó el error MSE para encontrar mejores resultados de los coeficientes, a través del programa Solver.

No obstante, el pronóstico del producto correa G 80x40x15x2MM no se ajusta a la demanda de manera visual y se debería añadir más datos para realizar un nuevo análisis. Asimismo, los coeficientes del pronóstico de Winters para el artículo correa G 60x30x10X2MM arrojados por Solver, no se ajustaban a la demanda, debido a que los datos tenían un comportamiento de máximos locales y máximos globales, a pesar de ello se propone incrementar el alfa a 0.5 para obtener un mejor ajuste a la demanda de

manera visual. Esto hace que el error crezca, pero se minimiza el riesgo de no tener disponibilidad de stock.

Los costos de ordenar y mantener el inventario no son los óptimos debido a que este estudio no se enfocaba en encontrar los costos de calidad, a pesar de esto se analizó teorías y referencias de otros estudios, prorrateo de costos e información brindada por Macova para encontrar el mejor costo que se adapte a la empresa.

Se realizó tres modelos de cantidad óptima de pedido, primero el método básico, donde se obtuvo una cantidad fija de productos que se deben ordenar, el segundo método es periodos constantes, donde se clasificó a los productos por las cantidades bajas o altas de pedido agrupándolos de manera semanal y otros mensual, este modelo se guía en la experiencia de la persona a cargo y finalmente el tercero es programación matemática entera mixta que se agrupó los datos de manera semanal por la cantidad de variables que permitía el programa.

Con los resultados de los tres modelos de cantidad óptima de pedido, se propuso un mínimo y un máximo de artículos que se pueden pedir de manera mensual para todos los productos de clasificación A, esto se realizó para que la empresa tenga una guía de las cantidades que se pueden ordenar en un mes y que los costos de almacenar sean bajos.

Finalmente, se planteó políticas de inventario para todos los productos de la bodega externa del local principal. Los artículos que pertenecen al grupo A se deben revisar de manera continua, es decir, cuando haya un retiro o ingreso de productos se revisará el inventario y para asegurar que los ítems de esta clasificación estén disponibles para los clientes se utilizará un nivel de servicio del 95% de para calcular el inventario de seguridad; a excepción del cemento Holcim y la correa G 80x4015*2MM que se usará 97.5% por el poco ajuste de la demanda con los pronósticos.

Los artículos del grupo B se deben revisar de manera periódica con un tiempo fijo de una vez cada 5 meses el inventario y el nivel de servicio que se propone es del 90%. Asimismo, en la clasificación C se debe revisar el almacenamiento de manera periódica, pero una vez al año, además, se plantea depurar algunos productos, en especial los 20 últimos, el nivel de servicio que se presenta es del 80%.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una clasificación ABC para toda la bodega de cada local, a fin de encontrar los productos con mayor rotación y que necesitan mayores esfuerzos, además, se podrá determinar los artículos que no se han vendido en algún tiempo y depurar algunos del grupo C.

El producto estrella es el cemento gris Holcim fuerte saco 50kg el cual no se pudo encontrar un método de previsión que se ajuste visualmente a la demanda, solo el promedio móvil con dos saltos, pero el error aumenta y se estaría forzando a los datos a tener picos de incremento y disminución que probablemente no se repitan. Es por esto que se recomienda hacer un análisis de series de tiempo de comportamiento aditivo o multiplicativo por la forma polinomial en la que se comportan los datos, extraer el ruido e identificar la distribución del ruido de la serie de tiempo.

Se recomienda aumentar la información a más de un año para encontrar pronósticos confiables que se ajusten a la demanda de los productos, en especial a los artículos que se agruparon de manera mensual, el cemento Holcim y la correa G 80x4015*2MM.

La compra de artículos se realiza para todas las ferreterías de Macova y es común que se aproveche los descuentos de cantidad sin importar el espacio o las existencias de productos que se encuentren en las bodegas, es por esto que se recomienda utilizar el modelo de descuento por cantidad para asegurar que no se incrementen los costos. En este proyecto no se pudo analizar este método debido a que el descuento es por grandes cantidades para abastecer todos los almacenes y no solamente para los artículos que permanecen en la bodega externa del local principal.

Los productos de la clasificación B se recomienda utilizar pronósticos de media móvil o suavizado exponencial simple y para los artículos del grupo C si se desea se puede aplicar solamente la media móvil. Además, se debe revisar las políticas de manera periódica para revisar su efectividad.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, R., León, A., & Limón, C. (31 de Marzo de 2018). Obtenido de Análisis de la cadena de suministros por clasificación ABC: el caso de una empresa mexicana : http://www.Dialnet-AnalisisDeLaCadenaDeSuministroPorClasificacionABC-6750256.pdf

Arango Marín, J., Giraldo García, A., & Castrillón Gómez, O. (2013). Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC. *Scientia Et Technica*, 743-747.

Arias Vargas , M. (2017). Impacto en el inventario de seguridad por la utilización de la desviación estándar de los errores de pronóstico. *Tecnología en marcha*, 49-54.

Barajas, G. S. (Marzo de 2012). *La estadística aplicada al análisis económico.* Obtenido de http://www.economia.unam.mx/profesor/barajas/estadis/parte2.pdf

Becerra Espinosa, J. M. (2015). *Estadística descriptiva.* Obtenido de http://132.248.164.227/publicaciones/docs/apuntes_matematicas/34.%20Estadistica%20Descriptiva.pdf

Bowerman, B., O'Connell, R., & Koehler, A. (2009). *Pronósticos, series de tiempo y regresión. Un enfoque aplicado.* México D.F.: Learning editores.

Boylan, J., & Syntetos, A. (2005). The accuracy of intermittent demand estimates. *International Journal of Forecasting 21*, 303-314.

Burgaentzle, F. (Diciembre de 2016). *Universidad de San Francisco de Quito.* Obtenido de http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6226/1/128660.pdf

Carro, R., & González, D. (2007). *Gestión de Stocks.* Mar de Plata: Universidad Nacional de Mar de Plata .

Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación.* México D.F.: PEARSON EDUCACIÓN.

Durán, Y. (2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión gerencial*, 55-78.

Faraldo, P., & Pateiro, B. (2013). *Estadística y metodología de la investigación .* Obtenido de http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_G2021103104_EstadisticaTema1.pdf

Gutiérrez , E., Hurtado, M., González, C., & Panteleeva, O. (2013). Aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de distribución. *Ingeniería investigación y tecnología*, 537-551.

Heizer, J., & Render, B. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones.* Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S. A.

Méndez Giraldo, G. (2003). *Gerencia de manufactura Función de planeación.* Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Molina, G., & Rodrigo, M. (2010). *Estadística descriptiva en psicología.* Obtenido de http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/pruebas-1/1-3/t_05nuevo2.pdf

Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y operaciones .* México D.F.: McGRAW-HILL .

Orellana, L. (Marzo de 2001). *Estadística descriptiva.* Obtenido de http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/modulo%20descriptiva.pdf

Perez, R., Mosquera, S., & Bravo, J. (Diciembre de 2012). *Aplicación de Modelos de pronósticos de consumo masivo .* Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a14.pdf

Pino, M. (Junio de 2009). *Máster en estadística e Investigación operativa.* Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8858/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rendón, M., Villasís, M., & Miranda, M. (2016). Estadística Descriptiva. *Alergia México*, 397-407.

Ríos, F., Martínez, A., Palomo, T., Cáceres, S., & Díaz, M. (2009). Inventarios probabilísticos con demanda independiente de revisión continua, modelos con nuevos pedidos. *Ciencia ergo* , 251-258.

Rodríguez, E. C. (2015). Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresas comercializadoras de alimentos. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 163-178.

Salazar, C., & Castillo, S. (2018). *Fundamentos básicos de la estadística.* Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20B%C3%A1sicos%20de%20Estad%C3%ADstica-Libro.pdf

Sallenave, J. (2002). *La Gerencia Integral.* Buenos Aires: Norma.

Vidal, C. J. (2017). *Fundamentos de control y gestión de inventarios.* Colombia: Universidad del Valle Programa editorial.

Villacís, P. (2016). *Escuela Superior Politécnica del Litoral.* Obtenido de FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS: https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/99064/D-CD102558.pdf

Villareal, F. (Septiembre de 2016). *Universidad Nacional del Sur .* Obtenido de Introducción a los modelos de pronósticos: https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion_a_los_Modelos_de_Pronosticos.pdf

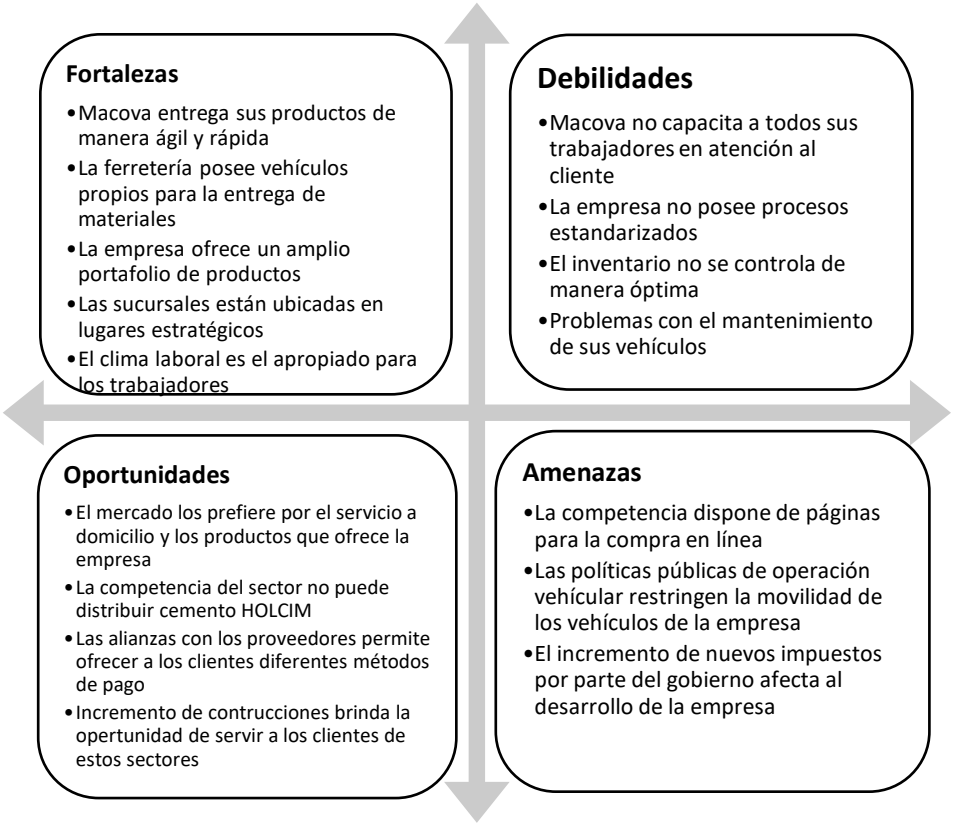
Webster, A. (2001). *Estadística aplicada a los negocios y la economía.* Bogotá: THE McGRAW-HILL.

ANEXOS

ANEXO 1: Almacenes de Macova

Ubicación	Características	Imagen
Principal: Santa Isabel en Abdón Calderón, Vía Girón-Pasaje sector la Y de la Unión (1990)	-Área administrativa -Parqueadero pequeño -Fábrica de bloques -Mejor distribución de productos -Local propio	
Sucursal 1: Santa Isabel en Av. Isauro Rodríguez y Manabí junto al Mercado Central (2008)	-Local arrendado -No hay parqueadero -Espacio reducido para colocar productos -Ubicación estratégica -No se tiene todos los productos	
Sucursal 2: Lentag en vía Girón – Pasaje diagonal a la entrada Asunción (2012)	-Amplio parqueadero -Fábrica de bloques -Los productos están ordenados -Local propio	
Sucursal 3: Girón en Av. Girón Pasaje a 50 metros de la entrada a San Fernando (2017)	-Espacio reducido para colocar productos -Local arrendado -No hay parqueadero -Productos mayormente ordenados	
Sucursal 4: Girón en calle Agustín Crespo Heredia y Andrés Córdova (2018)	-Mejor distribución para productos grandes -Poco personal -Local propio -Parqueadero para 3 vehículos	

ANEXO 2: Análisis FODA de Macova



ANEXO 3: Fórmulas de las medidas de posición, dispersión y forma

Medidas de posición:

- Media aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} xi}{n}$$

- Mediana

$$\tilde{x}\ par = \frac{1}{2} * (x_{\frac{1}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1})$$
$$\tilde{x}\ impar = x_{\frac{(n+1)}{2}}$$

Medidas de dispersión:

- Varianza en función de la muestra:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$\bar{x} =$ media
$n =$ número de datos

- Desviación estándar:

$$S = \pm\sqrt{S^2}$$

$S^2 =$ varianza

- Coeficiente de variación

$$CV = \frac{S}{\bar{x}}$$

$S =$ desviación estándar
$\bar{x} =$ media

Medidas de forma

- Asimetría
  - Sesgo de Fisher-Person

$$g1 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^3}{n * S^3}$$

$S =$ desviación estándar
$\bar{x} =$ media

  - Sesgo de Fisher-Person ajustado

$$G1 = \frac{\sqrt{n * (n-1)}}{n-2} * g1$$

- Sesgo de Pearson:

$$Sesgo\ de\ Pearson = \ 3\left(\frac{\bar{x} - \tilde{x}}{s}\right)$$

$\bar{x} =$ media
$\tilde{x} =$ mediana

- Sesgo de Galton

$$Sesgo\ de\ Galton = \ \frac{Q1 + Q3 - 2Q2}{Q3 - Q1}$$

$Q1 =$ primer cuartil
$Q2 =$ segundo cuartil, que es la media
$Q3 =$ tercer cuartil

- <u>Coeficiente de curtosis:</u>

$$Curtosis = \ \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^4}{n}}{S^4} - 3$$

$\bar{x} =$ media
$S =$ desviación estándar
$n =$ número de datos

ANEXO 4: Modelo de programación lineal mixta

En este modelo se necesitan las siguientes variables:

$D_i =$ Demanda del período $i, i = 1, 2, \dots, N$

$X_{ij} =$ Cantidad ordenada en el periodo i para satisfacer la demanda del mes $j; i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N; j \geq i$, donde N es el número de periodos considerados en el horizonte de planeación

$Y_i = 1$, si se realiza un pedido en el período, $i, i = 1, 2, \dots, N; 0$, de lo contrario (variable binaria)

Función objetivo:

Minimizar CTR: costos de ordenamiento + costos de almacenamiento

Restricciones:

1. Satisfacción de la demanda

X_{11} = D_1 (j= 1: demanda del período 1)

$X_{12} + X_{22}$ = D_2 (j= 2: demanda del período 2)

$X_{13} + X_{23} + X_{33}$ = D_3 (j= 3: demanda del período 3)

……
……

$X_{1N} + X_{2N} + X_{3N} + \dots \dots + X_{NN}$ = D_N (j= N: demanda del período N)

2. Restricciones lógicas (no se puede tener ítems disponibles en cada periodo, sino se ha realizado un pedido)

Y_1 =1 (se debe realizar un pedido en el periodo uno porque se empieza con inventario inicial 0)

$$\sum_{j=1}^{N} X_{1j} \leq \left(\sum_{i=1}^{N} D_i\right) Y_1$$

$$\sum_{j=2}^{N} X_{2j} \leq \left(\sum_{i=2}^{N} D_i\right) Y_2$$

$$\sum_{j=3}^{N} X_{3j} \leq \left(\sum_{i=3}^{N} D_i\right) Y_3$$

…….

$$\sum_{j=N-1}^{N} X_{N-1,j} \leq \left(\sum_{i=N-1}^{N} D_i \right) Y_{N-1}$$

$$\sum_{j=N}^{N} X_{Nj} \leq \left(\sum_{i=N}^{N} D_i \right) Y_N$$

3. Restricciones obvias:

$X_{ij} \geq 0$ para toda i, j

$Y_i \in \{0, 1\}$ para toda i

ANEXO 5: Políticas de los productos de clasificación A

- Viga V-5 C\10x15: debido al coeficiente de variación alto de este producto, no se realizó pronósticos de la demanda, el tiempo de reposición es de 3 días promedio, el inventario de seguridad es de 10 vigas y el punto de reposición es cuando el inventario llegue a 45. A continuación se muestra la cantidad de pedido mensual de este producto.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	242	281
2	180	281
3	159	281
4	148	281
5	188	281
6	269	282
7	281	794
8	281	795
9	281	393
10	281	359
11	219	281
12	221	281

- Malla armex R-84 V.4mm 15x15: para este artículo no se encontró un método de pronóstico por su alto coeficiente de variación. El tiempo de reposición del inventario es de 4 días, su inventario de seguridad consta de 3 unidades y el punto de pedido es cuando el inventario llega a un nivel de 16 mallas. El EOQ mensual se muestra a continuación:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	54	76
2	35	76
3	73	76
4	76	109
5	68	91
6	76	183
7	76	105
8	76	150

9	76	98
10	76	102
11	72	91
12	73	76

- Malla cerramiento 50/12 20/150: para encontrar un método de pronóstico que se ajuste a la demanda los datos de este producto se agruparán de manera mensual y se deberá añadir más información. Su tiempo de reposición es de 4 días, el inventario de seguridad es de 11 mallas y el punto de pedido para reponer el inventario es de 42. A continuación se encuentra el EOQ mensual de este producto.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	187	270
2	35	187
3	187	230
4	65	187
5	187	355.8
6	0	187
7	169	214
8	187	238
9	187	461
10	183	193
11	187	237
12	187	315

- Viga V-8 C\15X15: los métodos de pronósticos para este producto no se realizaron en este proyecto por su alta variabilidad, el tiempo desde que se hace un pedido al proveedor hasta que llega a la bodega es de 3 días, el punto de reposición de inventario es de 7 unidades, sumados al inventario de seguridad de 2 vigas, y la cantidad óptima de pedido mensual se muestra en la siguiente tabla.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	34	40
2	28	38
3	0	38
4	15	38

5	38	74
6	38	95
7	38	93
8	38	143
9	23	47
10	38	71
11	24	47
12	0	38

- Correa G 100X50X15X2MM: por su coeficiente de variación alto no se analizó el método de pronóstico que mejor se ajusta a la demanda. El tiempo en reabastecer el stock es de 4 días, el inventario de seguridad es de 7 unidades, el punto de pedido es cuando el inventario llega a 19 unidades y el EOQ mensual se muestra en la siguiente tabla:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	66	85
2	74	110
3	74	93
4	74	157
5	41	74
6	74	90
7	57	81
8	74	167
9	13	74
10	74	148
11	49	74
12	53	74

- Sumipega porcelanato saco 50KG: los métodos de pronósticos no se realizaron en este proyecto, su tiempo de reposición es de 3 días, el punto de pedido es de 15 unidades y el inventario de seguridad es 3, la cantidad económica de pedido de manera mensual se observa en la siguiente tabla.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	83	122
2	90	132

3	87	108
4	90	94
5	52	90
6	90	143
7	90	130
8	63	170
9	0	90
10	58	90
11	81	105
12	90	246

- Malla cerramiento 50/11 20/200: el método de pronóstico de este producto no se determinó, porque al agrupar de manera semanal o mensual la variación era alta. Su tiempo de reposición es 4 días, el inventario de seguridad es de 8 mallas, el nivel de inventario en el que se debe pedir reabastecimiento es 20 unidades y el EOQ mensual se encuentra a continuación.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	49	146
2	49	216
3	48	96
4	0	49
5	49	549
6	49	322
7	49	99
8	0	50
9	49	147
10	0	67
11	0	71
12	49	128

- Super losa 6000X1000X0.65M DECK: el método de pronóstico para este producto no se examinó dado que su variabilidad es alta, el tiempo de reposición es de 2 días, el inventario de seguridad es de 1 artículo, el punto de pedido es cuando el inventario llegue a 3 y la cantidad óptima de pedido se observa en la tabla siguiente.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	24	28
2	20	24
3	24	51
4	24	46
5	12	32
6	24	52
7	16	31
8	0	24
9	22	25
10	24	27
11	24	35
12	24	44

- Nov varilla corrugada 10MM/12M: para encontrar un método de pronóstico se sugiere agrupar los datos de manera mensual y agregar más datos históricos. El rango de EOQ para este producto se encuentra en la siguiente tabla, el inventario de seguridad es 6 y cuando el inventario llega a 19 se debe realizar un nuevo pedido al proveedor que tardará en llegar a la bodega 2 días.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	156	190
2	46	156
3	0	156
4	87	156
5	101	156
6	156	167
7	156	343
8	156	179
9	156	270
10	156	421
11	156	206
12	156	164

- Viga V-2 C\10x15: por el alto coeficiente de variabilidad no se analizó el método de pronóstico que se ajusta a la demanda, el tiempo para que el proveedor deje la mercadería en la bodega es de 3 días, el inventario de seguridad es 2 y el punto de

pedido es cuando el stock llega a 11 vigas, y el rango de EOQ se puede observar en la siguiente tabla.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	69	162
2	28	69
3	41	69
4	0	69
5	51	113
6	69	139
7	69	93
8	54	92
9	38	71
10	69	114
11	69	129
12	69	162

- Malla armex R-64 V.3.5MM 15x15: el coeficiente de varianza es menor cuando se agrupa de manera mensual, se recomienda buscar un método de previsión mensual y añadir más datos. El inventario de seguridad es de 3 mallas, el punto de pedido es en 12 unidades y la cantidad de pedido está en la tabla siguiente.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	58	76
2	58	71
3	28	101
4	58	100
5	52	87
6	58	163
7	58	82
8	58	124
9	42	58
10	24	58
11	58	77
12	58	82

- Sumipega cerámica saco 50KG: para pronosticar este producto se recomienda agrupar los datos de manera mensual y añadir más datos históricos. El tiempo desde

que se pide este producto al proveedor hasta que llegue a la bodega es de 3 días, el inventario de seguridad es de 3 unidades, el punto de pedido es 17, el mínimo y máximo de pedidos en un mes al proveedor se encuentra en la siguiente tabla.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	110	180
2	110	200
3	110	122
4	72	110
5	76	112
6	110	211
7	110	228
8	0	110
9	110	115
10	97	126
11	83	110
12	110	365

- Eternit original 1.80M: la variabilidad de este producto es alta, por eso no se determinó en este estudio un método de pronóstico adecuado. El tiempo que tarda en llegar un pedido al almacén es de 3 días, el inventario de seguridad es 4 productos, cuando el inventario llegue a 16 unidades se debe solicitar al proveedor más productos, y la cantidad máxima y mínima que se debe pedir en un mes es:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	92	139
2	84	97
3	92	145
4	92	266
5	38	92
6	37	92
7	39	92
8	57	92
9	83	114
10	70	141
11	92	157
12	92	167

- Techo master 1000 GALV. 6000X1000X0.30: la variabilidad de este producto agrupado tanto semanal como mensual es alta es por esto que no se determinó un método de pronóstico adecuado. El EOQ máximo y mínimo que se debe pedir mensualmente se encuentra a continuación, el tiempo que tarda en llegar la mercadería a la bodega es de 3 días, el inventario de seguridad es 3 unidades y el punto de pedido es 8.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	20	36
2	25	36
3	36	80
4	36	105
5	19	36
6	19	36
7	27	59
8	36	90
9	36	62
10	36	89
11	0	36
12	19	36

- Tubo galv poste 2"x2mm D: el método de pronóstico para este producto no se analizó por su alto coeficiente de variación. El tiempo de reposición es de 4 días, el inventario de seguridad es 2 tubos y cuando el stock llegue a 8 unidades se debe ordenar más mercadería siguiendo la tabla para el rango de la cantidad óptima de pedido.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	32	64
2	0	36
3	25	36
4	21	36
5	36	80
6	36	59
7	36	59
8	36	62
9	22	43
10	0	36

11	27	66
12	36	105

- Viga V-9 C\15X25: el método de pronóstico que se adapte a este producto no se determinó en este proyecto debido a su alto coeficiente de variación. El tiempo de reposición es de 3 días, cuando el inventario llega a 3 se debe pedir mercadería, el inventario de seguridad es 1 y el EOQ de manera mensual es:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	18	40
2	18	34
3	0	18
4	0	18
5	18	51
6	18	61
7	18	67
8	0	26
9	0	18
10	0	18
11	11	21
12	0	18

- Bondex Premium 1 40KG sin resina (P/49sacos): la variabilidad de la demanda de este producto es alta, por esta razón no se encontró un método de previsión adecuado. El tiempo que transcurre desde que se realiza un pedido hasta que llega a la bodega es 2 días, el inventario de seguridad es 2 unidades, el punto de pedido es 6 y la cantidad óptima de pedido se encuentra en la siguiente tabla.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	25	41
2	25	40
3	0	80
4	17	80
5	19	40
6	19	97
7	0	59
8	38	59
9	26	62

10	40	114
11	19	186
12	0	40

- Tubo estructurado cuadrado 100X100X3MM: el coeficiente de variación es alto y por eso no se analizó el método de pronóstico para este producto. El tiempo de reposición es 4 días, el inventario de seguridad es 1, cuando el inventario está en 3 unidades se debe realizar una nueva orden y el rango de EOQ mensual es:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	6	12
2	0	12
3	12	14
4	12	15
5	7	12
6	2	12
7	0	27
8	12	54
9	12	23
10	12	18
11	12	18
12	12	24

- Malla armex R-126 V.4MM 10x10: para encontrar un método de previsión que se ajuste a la demanda de este producto se debe agrupar los datos por meses y añadir más información. El tiempo de reposición es 4 días, el inventario de seguridad es de 1, cuando el stock de este artículo este en 5, se debe realizar una nueva orden al proveedor y el rango de cantidad económica de pedido se puedo observar en la siguiente tabla.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	7	20
2	12	20
3	20	29
4	20	34
5	20	33
6	20	38

7	20	33
8	20	40
9	14	27
10	0	20
11	20	30
12	20	26

- Bondex standard saco 25KG P 80 sacos: al igual que el producto anterior, los datos se deben agrupar de forma mensual y añadir más información para encontrar el método de pronósticos que mejor se ajuste a la demanda. El tiempo que se transcurre desde que se realiza un pedido al proveedor hasta que los artículos llegan a la bodega es 2 días, el punto de pedido es 19 que están sumados al inventario de seguridad de 6 unidades, el mínimo y máximo de cantidad de pedido al proveedor para este producto se encuentra en la tabla siguiente.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	161	216
2	122	161
3	113	168
4	161	213
5	161	274
6	0	161
7	161	225
8	161	241
9	150	182
10	161	531
11	121	209
12	161	353

- Plancha gypsum 1.22X2.440 12MM: en este estudio no se determinó el método de pronóstico para este producto, debido a que el coeficiente de variación es alto. El tiempo de reposición de inventario es 3 días, el inventario de seguridad es 3, cuando el stock llega a 9 se debe realizar un nuevo pedido y el rango de EOQ mensual es:

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	37	67
2	28	80

3	0	72
4	38	91
5	23	67
6	23	67
7	67	77
8	26	67
9	67	176
10	67	174
11	67	164
12	67	155

- Plancha zinc acanal 3.60mts(0.20mm) (81cm ancho): la variabilidad de la demanda de este artículo es alta, por eso no se determinó un método de previsión, el tiempo que transcurre desde que se realiza un pedido al proveedor hasta que llega la mercadería es 3 días, el punto de pedido es 16 que están sumados al inventario de seguridad de 5 unidades, la cantidad mensual mínima y máxima que se debe pedir es.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	83	92
2	66	83
3	83	115
4	83	185
5	0	83
6	64	89
7	0	83
8	57	83
9	83	158
10	83	136
11	83	278
12	83	85

- Nov varilla corrugada 14MM/12M: el coeficiente de variación es el más alto de todos los productos que se analizaron y por ende no se pudo determinar en este proyecto un método de pronóstico que se adecue a la demanda. El tiempo de reposición es de 3 días, el inventario de seguridad es de 3 unidades, cuando el nivel de stock llega a 6 varillas se debe realizar un nuevo pedido al proveedor, el rango de cantidad mensual óptima de pedido se encuentra en la siguiente tabla.

Cantidad Económica de Pedido		
Mes	**Mínimo**	**Máximo**
1	33	66
2	0	38
3	2	46
4	38	90
5	38	122
6	0	61
7	38	199
8	0	98
9	0	38
10	17	38
11	32	63
12	0	38