

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de un sistema de control y gestión de inventarios en una
bodega de producto terminado”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Industrial

Presentado por:

Andrés Emmanuel Merizalde Intriago

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a Dios por haberme brindado la salud, la sabiduría y el conocimiento necesario para poder superar los obstáculos a lo largo de mi carrera universitaria y así culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre por todos sus esfuerzos realizados conmigo por haberme otorgado buenos principios y valores, siendo mi pilar fundamental en mi vida.

A mi mujer e hija que han sido mi motivación para superarme cada día a lo largo de mi carrera universitaria, con el propósito de poderles brindar un mejor futuro y una mejor calidad de vida.

Andrés Merizalde Intriago

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre por todas sus enseñanzas y por su amor incondicional de madre que a pesar de las adversidades siempre supiste afrontarlas con el propósito de convertirme en la persona que soy en la actualidad.

Mi tutora de tesis, MSc. María Isabel Alcívar por brindarme sus excelentes consejos y recomendaciones con el propósito de presentar un excelente trabajo a lo largo de la realización de mi proyecto.

Andrés Merizalde Intriago

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución, *Andrés Emmanuel Merizalde Intriago* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

A handwritten signature in blue ink that reads "Andrés Merizalde". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Sr. Andrés Emmanuel Merizalde Intriago

EVALUADORES

María Fernanda López S., M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA

María Isabel Alcívar G., M.Sc.

PROFESORA TUTORA

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló en una empresa procesadora de tuberías y mangueras plásticas la cual está orientada a fomentar el desarrollo de la actividad industrial, agrícola, minera y construcción de nuestro país. El proyecto tiene como objetivo principal mantener un nivel adecuado de inventarios para los productos terminados que presentan una mayor aportación en ventas para la compañía.

El proyecto fue elaborado a partir de la metodología de diseño desde cero la cual está conformada por 5 etapas: definición, recolección de datos, análisis, diseño y prototipo. En la etapa de definición se identificaron los requerimientos técnicos del cliente interno de la compañía y las restricciones de diseño. En la etapa de recolección de datos se recolectó toda la información necesaria referente a la gestión de los inventarios de la compañía. En la etapa de análisis se identificaron y se seleccionaron las alternativas de diseño utilizando herramientas técnicas como la lluvia de ideas, matriz impacto y esfuerzo, matriz Pugh y un análisis de costos con respecto a la herramienta a utilizar. En la etapa de diseño se elaboró el prototipo basado en las alternativas de diseño seleccionadas y considerando los requerimientos técnicos y restricciones de diseño, mientras que en la última etapa se procedió a modelar y validar el diseño propuesto.

Finalmente se obtuvieron los resultados del diseño propuesto reduciendo a cero los desabastecimientos de los productos tipo A con la política propuesta implementada en el sistema de control de inventarios. De manera similar se compararon los resultados entre ambos escenarios teniendo en consideración los objetivos de sostenibilidad con sus respectivas métricas.

Palabras Clave: Gestión, control, inventarios, tuberías y mangueras.

ABSTRACT

The present project was developed in a plastic pipe and hose processing company which is aimed at promoting the development of industrial, agricultural and mining activity in our country. The main objective of the project is to maintain an adequate level of inventories for the finished products that presents a greater contribution in sales to the company.

The project was developed using the methodology design from scratch which consists of 5 stages: definition, data collection, analysis, design and prototype. In the definition stage, the technical requirements of the company internal client and design constraints were identified. In the data collection stage, all the necessary information regarding the management of the company's inventories were collected. In the analysis stage, design alternatives were identified and selected using technical tools such as brainstorming, impact and effort matrix, Pugh matrix and a cost analysis on the tool to be used. In the design stage, the prototype was elaborated based on the selected design alternatives and considering the technical requirements and design restrictions, while in the last stage the proposed design was modeled and validated.

Finally, the results of the proposed design were obtained reducing to zero the stock-outs of type A products with the proposed policy implemented in the inventory control system. The results were compared between both scenarios taking into account the sustainability objectives with their respective metrics.

Keywords: *Management, control, inventories, pipes and hoses.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Definición	4
1.4.2 Recolección de datos.....	5
1.4.3 Análisis	5
1.4.4 Diseño.....	5
1.4.5 Prototipo	7
CAPÍTULO 2.....	8
2. Metodología	8
2.1 Definición.....	8

2.1.1	Alcance	8
2.1.2	Lluvia de ideas	8
2.1.3	Voz del cliente.....	9
2.1.4	Herramientas de calidad	10
2.1.5	Restricciones de diseño	12
2.1.6	Declaración de la oportunidad	12
2.1.7	Plan de diseño	13
2.2	Recolección de datos	14
2.2.1	Plan de recolección de datos.....	14
2.2.2	Verificación de los datos	16
2.3	Análisis	16
2.3.1	Lluvia de ideas de alternativas de diseño	17
2.3.2	Matriz impacto y esfuerzo	17
2.3.3	Opciones de diseño	18
2.4	Diseño	25
2.4.1	Clasificación ABC de los productos terminados.....	26
2.4.2	Pronóstico de la demanda de los productos clase A	28
2.4.3	Política (s, Q) o Punto de Reorden	31
2.4.4	Diseño del sistema de control de inventarios en Excel	35
CAPÍTULO 3.....		37
3.	Resultados y análisis	37
3.1	Resultados de la clasificación ABC	37
3.2	Resultados de comparación entre los métodos de pronósticos	38
3.3	Resultados de la política (s, Q)	40
3.4	Resultados de los objetivos sostenibles	43

3.4.1	Aspecto Económico	44
3.4.2	Aspecto Ambiental	44
3.4.3	Aspecto Social	45
CAPÍTULO 4.....		46
4.	Conclusiones y recomendaciones	46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	46
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DFSS	Design for Six Sigma
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs & Customers
VOC	Voice of Customer
CTQ	Critical to Quality Tree
QFD	Quality Function Deployment
VAN	Valor Actual Neto
MP	Materia Prima
PT	Producto Terminado
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
SKU	Stock Keeping Unit

SIMBOLOGÍA

USD	United States Dollar
%	Porcentaje
D	Demanda por unidad de tiempo
S	Costo de ordenar
c	Costo unitario
i	Costo anual de mantener el inventario
Q	Cantidad a ordenar
s	Punto de reorden
SS	Inventario de seguridad

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Total SKUs almacenados vs Total SKU agotados	2
Figura 2.1 Diagrama SIPOC del macroproceso de la empresa.....	8
Figura 2.2 Lluvia de ideas entre los miembros de la compañía.....	9
Figura 2.3 Necesidades de los clientes internos	10
Figura 2.4 Árbol de variables críticas para la calidad	11
Figura 2.5 Quality Function Deployment	11
Figura 2.6 Declaración de la oportunidad.....	13
Figura 2.7 Plan de diseño.....	14
Figura 2.8 Plan de recolección de datos	15
Figura 2.9 Lluvia de ideas de alternativas de diseño.....	17
Figura 2.10 Matriz de impacto y esfuerzo.....	18
Figura 2.11 Alternativas de diseño	19
Figura 2.12 Matriz Pugh: Alternativas de clasificación	20
Figura 2.13 Matriz Pugh: Alternativas de Políticas de Inventario.....	21
Figura 2.14 Matriz Pugh: Alternativas sobre la Herramienta	21
Figura 2.15 Comparación de los costos asociados	22
Figura 2.16 Plan de Prototipo Parte 1	25
Figura 2.17 Plan de Prototipo Parte 2	26
Figura 2.18 Clasificación ABC Línea Manguera Flex	27
Figura 2.19 Clasificación ABC Línea Tubería PEAD Negra Uso General	27
Figura 2.20 Clasificación ABC Línea Tubería PEAD Agua Potable.....	28
Figura 2.21 Demanda de los productos tipo A.....	29
Figura 2.22 Serie de tiempo TUGA7451	29
Figura 2.23 Serie de tiempo TAPA6002	30
Figura 2.24 Serie de tiempo MPRB1031	30
Figura 2.25 Costo unitario de los productos tipo A.....	33
Figura 2.26 Costo de mantener inventario por unidad al mes	35
Figura 2.27 Visualización del Prototipo	35
Figura 2.28 Registro de entradas y salidas del prototipo.....	36
Figura 3.1 Resultados de la Clasificación ABC Línea Mangueras Flex.....	37
Figura 3.2 Resultados de la Clasificación ABC Línea Tubería Negra PEAD Uso General.....	38
Figura 3.3 Resultados de la Clasificación ABC Línea Tubería PEAD Agua Potable	38
Figura 3.4 Resultados de la Política (s, Q) para los productos tipo A.....	41
Figura 3.5 Situación actual del producto MPRB1171	42
Figura 3.6 Simulación Propuesta del producto MPRB1171	42
Figura 3.7 Resultados de la simulación entre ambos escenarios.....	43
Figura 3.8 Objetivos sostenibles del proyecto	43
Figura 3.9 Comparación de resultados en el aspecto económico	44
Figura 3.10 Comparación de los resultados en el aspecto ambiental	45
Figura 3.11 Comparación de los resultados en el aspecto social.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Verificación de los datos	16
Tabla 2.2 Análisis financiero de la opción 1.....	23
Tabla 2.3 Análisis financiero de la opción 2.....	24
Tabla 2.4 Costos asociados a ordenar	33
Tabla 2.5 Tasa del costo de mantener de inventario.....	34
Tabla 3.1 Comparación de pronósticos TUGA7451	39
Tabla 3.2 Comparación de pronósticos TAPA6002.....	39
Tabla 3.3 Comparación de pronósticos MPRB1031	40
Tabla 3.4 Datos del producto TAPA6002	40

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas se enfrentan a diversos problemas para poder llevar a cabo una adecuada administración de sus inventarios, esto se debe a que existen muchos productos almacenados en sus bodegas que no se venden o que simplemente se encuentran agotados. Por tal motivo es necesario que se realice un control de los mismos con el propósito de mantener un nivel de existencias óptimo y registros actualizados para mantener una información precisa en cuanto a la cantidad que se encuentra almacenada.

El control de inventarios es de vital importancia para un buen funcionamiento de los procesos dentro de una organización porque permite mantener un balance correcto de las materias primas, productos en proceso y productos terminados, evitando excesos y desabastos que podrían ocasionar pérdidas monetarias para una organización.

El presente proyecto fue realizado en una empresa localizada en la ciudad de Guayaquil, sus principales actividades consisten en la fabricación y comercialización de tuberías y mangueras plásticas a base de polietileno de alta y baja densidad con la finalidad de satisfacer las necesidades de los clientes del sector industrial, agrícola, minera y de construcción.

Actualmente la empresa mantiene inventarios de materias primas y de productos terminados, los cuales sirven como entradas para el proceso de fabricación y para satisfacer la demanda de los clientes.

1.1 Descripción del problema

En la bodega de producto terminado de una empresa procesadora de tuberías y mangueras plásticas se ha presentado durante los últimos 6 meses excesos y desabastos en ciertos productos terminados según registros elaborados por el personal encargado en la gestión de los inventarios. Al no disponer de producto en stock se corre el riesgo de tener ventas perdidas y una disminución en el nivel de servicio de la compañía. Por otro lado, tener productos acumulados debido a la baja rotación genera a la compañía altos costos por mantener el inventario y una falta de espacio para aquellos productos que sí representan una mayor ganancia en cuestión de ventas.

1.2 Justificación del problema

En la Figura 1.1 se muestra la cantidad de SKUs de productos terminados que presentaron desabasto durante los últimos 6 meses según los registros de inventarios realizados al final de cada mes luego del conteo físico.

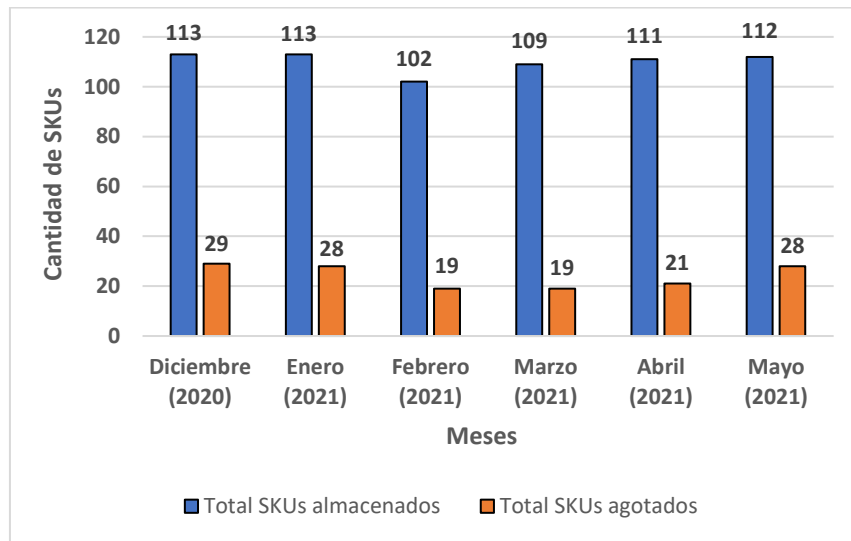


Figura 1.1 Total SKUs almacenados vs Total SKU agotados

[Fuente: Elaboración Propia]

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de control y gestión de inventarios que permita mantener un nivel adecuado de inventario, además de gestionar de forma eficiente las entradas y salidas de los productos terminados tipo A.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar una clasificación de los productos terminados para identificar los productos terminados tipo A.
- Establecer una política de revisión de inventario para los productos terminados Tipo A.
- Diseñar un registro para la gestión del inventario que permita controlar la cantidad, las entradas y salidas de los productos terminados.
- Evaluar el diseño propuesto a partir de un piloto o prototipo.

1.4 Marco teórico

En esta sección se definen los conceptos que fueron de utilidad durante la realización del proyecto.

- **Diseño para Seis Sigma (DFSS):** Es una metodología que se enfoca en la idea de crear o rediseñar un producto, proceso o servicio, a través de diversas herramientas que permitirán innovar en gran medida a una organización satisfaciendo las necesidades del cliente y rediseñando productos o procesos ya existentes. (Gómez & Medina, 2012)
- **Control de inventarios:** El control de inventarios consiste en mantener disponible los productos en las cantidades adecuadas a un costo económico con el propósito de evitar pérdidas financieras para la empresa y poder satisfacer la demanda de los clientes. (Zapata Cortes, 2014)
- **Inventario de productos terminados:** Son aquellos bienes que han completado su proceso de elaboración y están dispuestos en el almacén para la venta al público. (Zapata Cortes, 2014)

1.4.1 Definición

En esta etapa se identifican las necesidades y requerimientos del cliente, las especificaciones técnicas, el objetivo y las restricciones de diseño. Además, se establece el alcance del proyecto, la declaración de la oportunidad y el plan de diseño. Las herramientas utilizadas en esta etapa son:

- **Diagrama SIPOC:** Es una representación visual de un mapa de procesos que sirve para analizar y delimitar un proceso con el objetivo de establecer el alcance de un proyecto. En el diagrama se especifican los proveedores, las entradas, el proceso bajo análisis, las salidas y los clientes. (Gutiérrez & Salazar, 2009)
- **Diagrama de flujo funcional:** Es una representación gráfica que consiste en describir una secuencia de actividades que se encuentran vinculadas con cada una de las personas involucradas dentro de un proceso. (Gutiérrez & Salazar, 2009)
- **Lluvia de ideas:** Es una técnica que consiste en obtener información a través de la creatividad porque permite generar ideas entre los miembros de un equipo, con la finalidad de buscar una solución a un problema determinado. (Gutiérrez & Salazar, 2009)
- **Voice of customer (VOC):** Es una herramienta que consiste en describir las necesidades, expectativas y opiniones del cliente en relación a los productos o servicios.
- **Critical to Quality Tree (CTQ):** Es una característica medible de calidad de un producto o servicio que es importante bajo la expectativa del cliente.
- **Quality Function Deployment (QFD):** Es una herramienta de la calidad que consiste en evaluar y priorizar las especificaciones técnicas propuestas para elaborar el diseño de un producto o proceso que se adapte a las necesidades y requerimientos del cliente. (Gutiérrez & Salazar, 2009)
- **Herramienta 5W + 1H:** Es una herramienta de gestión que sirve de apoyo para estructurar el planteamiento de un problema a través de 6 preguntas básicas: (¿Quién?, ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Cómo? y ¿Por qué?). (Trías, González, Fajardo, & Flores, 2009)

1.4.2 Recolección de datos

En esta etapa se recolecta toda la información necesaria para las etapas posteriores del proyecto considerando un plan de recolección de datos:

- **Plan de recolección de datos:** Es una herramienta que consiste en planificar la manera en qué serán recopilados los datos, estableciendo el tipo de dato, donde y cuando serán recolectados los datos, el uso futuro que tendrá los datos, el responsable de recolectarlos y la forma en qué serán verificados dichos datos.

1.4.3 Análisis

En esta etapa se identifican y se analizan las diferentes alternativas de diseño tomando en cuenta los requerimientos del cliente y las restricciones de diseño, luego se escoge la mejor opción que cumpla con lo anteriormente mencionado a través de diversas herramientas técnicas que serán mencionadas a continuación:

- **Lluvia de ideas:** Es una técnica que consiste en obtener información a través de la creatividad, porque permite generar ideas entre los miembros de un equipo, con la finalidad de buscar una solución a un problema determinado. (Gutiérrez & Salazar, 2009)
- **Matriz impacto y esfuerzo:** Es una herramienta para la toma de decisiones que permite evaluar y priorizar las alternativas dependiendo del grado de impacto y esfuerzo que presenten. (Martín, 2017)
- **Matriz de Pugh:** Es una herramienta para la toma de decisiones que permite comparar diferentes alternativas de diseño de manera cuantitativa tomando en cuenta un conjunto de criterios para su selección. (Burge, 2009)

1.4.4 Diseño

En esta etapa se realiza el diseño del prototipo según las alternativas seleccionadas, las cuales fueron evaluadas considerando los requerimientos y restricciones de diseño establecidos en etapas anteriores.

- **Clasificación ABC:** Es un método de clasificación que consiste en dividir los productos en 3 clases de acuerdo a un criterio de importancia, donde la clase A serán aquellos productos que requerirán un mayor control, la clase B aquellos productos que requerían un medio control y la clase C aquellos productos que

requerirán un bajo control. Este método está basado en el principio de Pareto que establece que hay “pocos productos cruciales y muchos triviales”. (Heizer & Render, 2009)

- **Métodos de Pronósticos:** Los métodos de pronósticos son utilizados para predecir la demanda futura considerando la demanda histórica. (Heizer & Render, 2009)
- **Métodos cuantitativos:** Los métodos cuantitativos están basados en modelos matemáticos los cuales son apropiados cuando se analiza la información de la demanda histórica con el propósito de predecir la demanda futura mediante los pronósticos. (Krajewski & Ritzman, 2007)
- **Promedios móviles:** Es un método de pronóstico que consiste en promediar los n periodos más reciente de la demanda real histórica para generar un pronóstico, este método es utilizado cuando la demanda permanece relativamente estable en el tiempo. (Heizer & Render, 2009)
- **Regresión lineal:** Es un método causal que consiste en identificar la relación que existe entre la variable que se desea pronosticar (variable dependiente) y los factores internos o externos que influyen en ella (variables independientes) a través de una ecuación lineal. (Krajewski & Ritzman, 2007)
- **Método de suavizamiento exponencial simple:** Es un método de pronóstico que se emplea cuando la demanda se mantiene relativamente estable en el tiempo sin presentar una tendencia ni estacionalidad observable. (Krajewski & Ritzman, 2007)
- **Método de Holt:** Es un método de pronóstico que se emplea cuando la demanda presenta tendencia observable sin estacionalidad durante la serie de tiempo. Este método utiliza dos constantes de suavizamiento, el primero corresponde a la constante de suavizamiento para el promedio denotado como α , mientras que el segundo corresponde a la constante de suavizamiento para la tendencia denotado como β . (Krajewski & Ritzman, 2007)
- **Método de Winter:** Es un método de pronóstico que se emplea cuando la demanda presenta tendencia y estacionalidad observable en la serie de tiempo. (Chopra & Meindl, 2008)

- **Política (s, Q):** La política (s, Q) o punto de reorden consiste en que cada vez que el inventario disponible desciende por debajo del punto de reorden se coloca un orden de Q unidades. (Vidal Holguín, 2010)
- **Sistema de control de inventarios:** Son sistemas que emplean las compañías con el propósito de controlar el nivel de existencias de sus mercancías, además de registrar tanto las entradas y salidas de sus bienes dentro de un almacén.

1.4.5 Prototipo

En esta etapa se realiza un plan de prototipado donde se detalla el cronograma de las actividades a realizar tanto de diseño como de validación, además de las herramientas a utilizar, el responsable de realizar dicha actividad y el estado de validación. Luego se realiza una prueba piloto para validar si los objetivos propuestos y requerimientos de diseño se cumplen en el prototipo diseñado.

- **Plan de prototipo:** Esta herramienta consiste en detallar en un cronograma las actividades que se llevarán a cabo para el diseño y validación de un prototipo, además de otros campos importantes como las herramientas a utilizar, el responsable de realizar dicha actividad y el estado de la validación de cada actividad.
- **Simulación en Excel:** La simulación es una técnica que consiste en reflejar una determinada situación teniendo en consideración parámetros y expresiones matemáticas a través de una herramienta informática como Excel debido a su facilidad de uso.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición

En esta etapa se estableció el alcance del proyecto y se identificaron las necesidades y requerimientos de los clientes internos de la compañía a través de una recopilación de ideas, posterior a esto se utilizó diversas herramientas para establecer y priorizar los requerimientos de diseño.

2.1.1 Alcance

Se utilizó la herramienta SIPOC para delimitar y establecer el alcance del proyecto, el cual se enfocó en el control de inventario de la bodega de producto terminado. La bodega de producto terminado involucra los dos últimos procesos, el ingreso de producto terminado a bodega y el despacho de producto terminado tal como se muestra en la Figura 2.1.

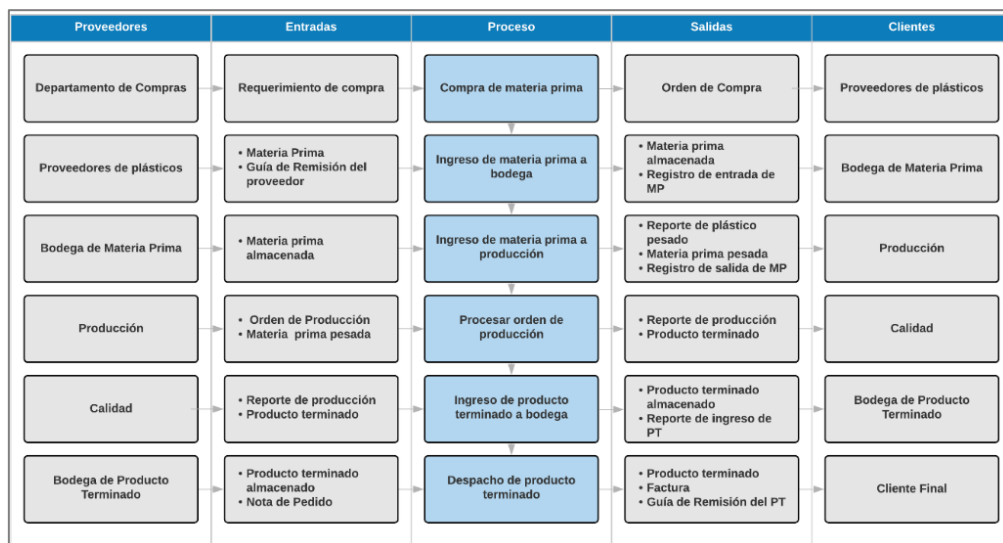


Figura 2.1 Diagrama SIPOC del macroproceso de la empresa

[Fuente: Elaboración Propia]

2.1.2 Lluvia de ideas

Se realizaron entrevistas entre los miembros de la compañía que forman parte del equipo del proyecto para recolectar las ideas con el objetivo de establecer las necesidades y

requerimientos de los clientes internos. En la Figura 2.2 se puede observar las ideas que fueron recolectadas entre los miembros de la compañía.

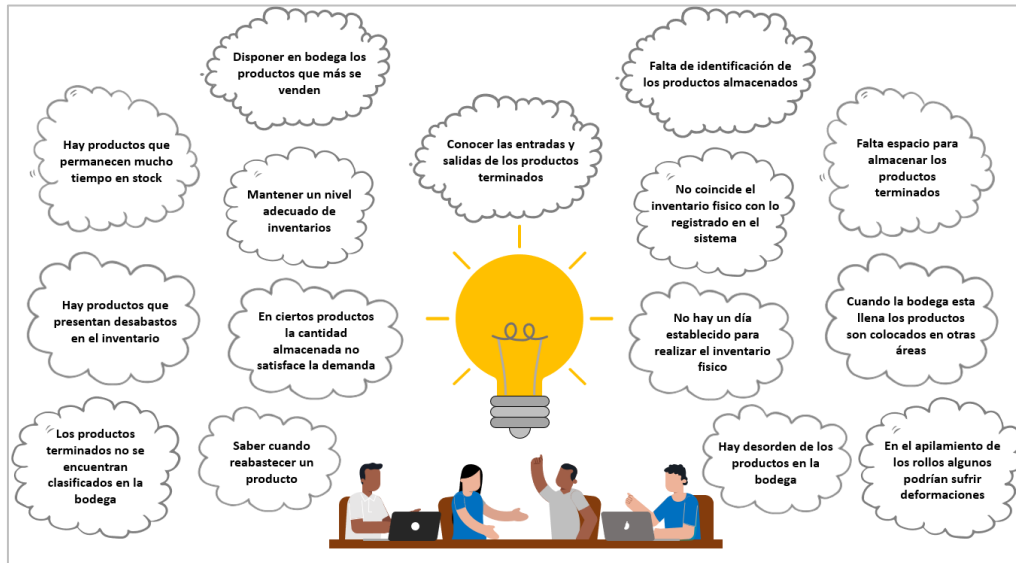


Figura 2.2 Lluvia de ideas entre los miembros de la compañía

[Fuente: Elaboración Propia]

2.1.3 Voz del cliente

Se establecieron las necesidades de los clientes internos por medio de la lluvia de ideas, donde se agruparon aquellas ideas que presentaban similitudes entre sí, y de esta manera poder establecer una necesidad específica tal como se muestra en la Figura 2.3.


LLUVIA DE IDEAS		NECESIDADES
“Ellos dijeron que”		“Ellos necesitan”
Hay productos que llevan mucho tiempo almacenados.		
En la bodega se deberían almacenar los productos que más se venden.		Categorizar los productos almacenados según su importancia
Los productos terminados no se encuentran clasificados en la bodega.		
Hay productos que presentan desabastos en el inventario.		Mantener un nivel adecuado de inventarios acorde a la demanda
En ciertos productos la cantidad almacenada no satisface la demanda.		
Cuando es necesario reabastecer un producto en stock		Controlar el movimiento del inventario
No hay un día establecido para realizar el inventario físico.		
No coincide el inventario físico con lo registrado en el sistema.		
No hay un historial de entradas y salidas de los productos terminados.		
Existe una falta de identificación de los productos almacenados.		
Falta espacio para almacenar los productos terminados.		Mantener un adecuado almacenamiento de los productos terminados
Cuando la bodega esta llena los productos son colocados en otras áreas.		
Hay desorden de los productos almacenados en la bodega.		
En el apilamiento de los rollos algunos pueden sufrir deformaciones.		Manejar correctamente los productos terminados

Figura 2.3 Necesidades de los clientes internos
[Fuente: Elaboración Propia]

2.1.4 Herramientas de calidad

Se realizó un árbol CTQ para traducir las necesidades de los clientes internos en especificaciones técnicas de diseño. En la Figura 2.4 se puede observar cómo se utilizó esta herramienta de calidad partiendo desde la necesidad del cliente hasta los requerimientos de diseño.

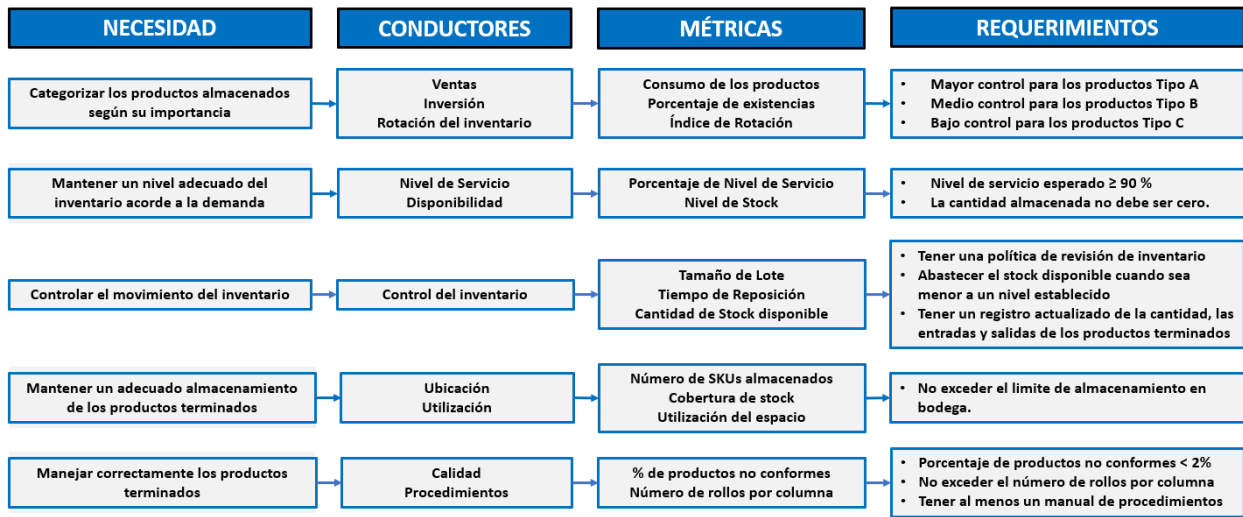


Figura 2.4 Árbol de variables críticas para la calidad

[Fuente: Elaboración Propia]

Se empleó la herramienta QFD con el propósito de evaluar y priorizar aquellos requerimientos técnicos que resultaron relevantes para el cliente. En la Figura 2.5 se puede observar el QFD y la selección de los requerimientos técnicos de diseño más relevantes para el cliente.

Quality Function Deployment

Título del proyecto: Diseño de un sistema de control y gestión de inventarios para producto terminado
 Líder del proyecto: Andrés Merizalde Intriago
 Fecha: 11/6/2021

Requerimientos funcionales (¿Cómo?)		Requerimientos técnicos de diseño											Puntuación Ponderada	
1: Bajo, 5: Alto	Importancia para el cliente	Mayor control para los productos Tipo A	Medio control para los productos Tipo B	Bajo control para los productos Tipo C	Nivel de servicio esperado mayor o igual al 90%	La cantidad almacenada no debe llegar a cero	Tener una política de revisión de inventarios	Abastecer el stock disponible cuando sea menor a un nivel establecido	Tener un registro actualizado de la cantidad, las entradas y salidas de los productos	No exceder el límite de almacenamiento en bodega	Porcentaje de productos no conformes $< 2\%$	No exceder el número de rollos por columna		Tener al menos un manual de procedimientos
4	Categorizar los productos almacenados según su importancia	9	9	9	3	9	9	9	3	3	3	1	1	272
5	Mantener un nivel adecuado de inventarios acorde a la demanda	9	9	3	9	9	9	9	3	1	3	3	3	380
5	Controlar el movimiento del inventario	9	3	3	9	9	9	9	3	9	3	1	1	380
4	Mantener un adecuado almacenamiento de los productos terminados	9	3	9	3	3	9	3	3	9	3	9	9	288
3	Manejar correctamente los productos terminados	9	3	1	3	9	3	3	3	1	9	9	9	159
Importancia Absoluta Ponderada		189	117	105	123	138	171	147	123	81	101	97	87	1320
Importancia Relativa Ponderada		14%	9%	8%	9%	10%	13%	11%	9%	6%	8%	7%	7%	112%
Ranking de Prioridades		1	7	8	5	4	2	3	5	12	9	10	11	

Figura 2.5 Quality Function Deployment

[Fuente: Elaboración Propia]

Mediante la herramienta QFD mostrada en la Figura 2.5, se seleccionaron las especificaciones técnicas de diseño que presentaron una mayor puntuación según la ponderación realizada por los clientes internos de la compañía. Las especificaciones técnicas seleccionadas fueron las siguientes:

- Mayor control para los productos terminados Tipo A
- Tener una política de revisión de inventarios
- Abastecer el stock disponible cuando sea menor a un nivel establecido
- La cantidad almacenada no debe llegar a cero
- Tener un registro actualizado de la cantidad, las entradas y salidas de los productos terminados.

2.1.5 Restricciones de diseño

Durante el desarrollo del presente proyecto se presentaron algunas limitaciones o restricciones para la realización del diseño los cuales fueron:

- **Infraestructura:** Las dimensiones de la bodega no pueden ser modificadas.
- **Manejo:** La herramienta para la gestión de inventario no debe requerir mucha habilidad del usuario.
- **Laboral:** Los trabajadores podrían presentar resistencia al cambio durante las implementaciones.
- **Presupuesto:** El presupuesto del proyecto sería como máximo de \$1000.

2.1.6 Declaración de la oportunidad

Se utilizó la herramienta 5W + 1H para establecer la declaración de la oportunidad tal como se puede observar en la Figura 2.6.



Figura 2.6 Declaración de la oportunidad

[Fuente: Elaboración Propia]

Se procedió a estructurar la declaración de la oportunidad quedando establecida de la siguiente manera:

“El personal responsable en la gestión de los inventarios de una empresa procesadora de tuberías y mangueras plásticas necesita diseñar un sistema de control y gestión de inventarios para la bodega de producto terminado porque durante los últimos 6 meses la compañía presenta excesos y desabastos en ciertos productos almacenados que generan rotura de inventario y baja rotación de los productos almacenados”.

2.1.7 Plan de diseño

Se elaboró el plan de diseño mediante un diagrama de Gantt para establecer las diversas actividades que se llevaron a cabo en cada una de las etapas del proyecto a través de la metodología “Diseño desde cero”. En la Figura 2.7 se muestra el plan de diseño para la realización del proyecto.

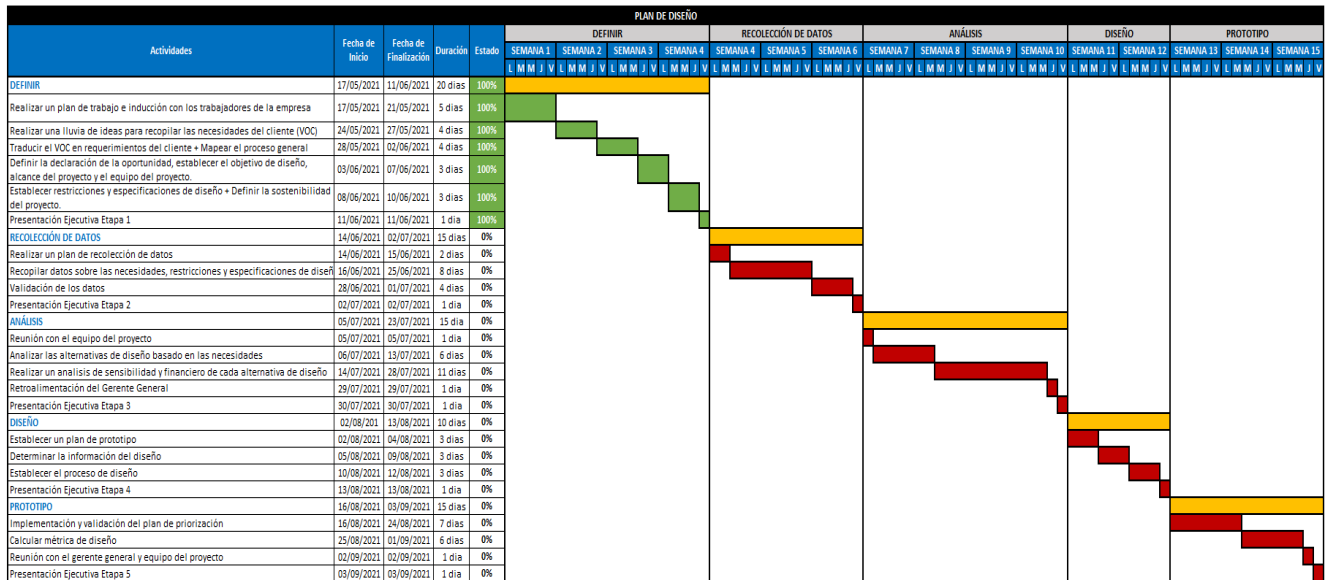


Figura 2.7 Plan de diseño

[Fuente: Elaboración Propia]

2.2 Recolección de datos

En esta etapa se elaboró un plan de recolección de datos detallando la información a recolectar y el uso futuro de los datos para posteriores etapas del proyecto, incluyendo además el método de verificación con la finalidad de asegurar la confiabilidad de los datos recolectados.

2.2.1 Plan de recolección de datos

Se elaboró un plan de recolección de datos con el propósito de recolectar la información relacionada a las especificaciones técnicas de diseño más relevantes para los clientes internos de la compañía. En la Figura 2.8 se muestra a detalle toda la información por recolectar.

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS									
QUÉ			DÓNDE	CUÁNDO	CÓMO		POR QUÉ	QUIÉN	Método de verificación
Información por recolectar	Unidad de medida	Tipo de dato	¿Dónde recolectarlo?	¿Cuándo recolectarlo?	Método de observación	Método de recolección	¿Por qué se necesitan estos datos?	Responsable	
Ventas de los productos	USD \$	Cuantitativo/Continuo	Base de Datos (Sistema Contable)	Durante la etapa de medición	Entrevista	Descargar el reporte de ventas desde junio 2020 hasta mayo 2021 en formato excel generado por el sistema contable Listosoft.	Para conocer que productos presentan una mayor demanda durante el periodo establecido a través de una clasificación ABC de productos. Para determinar la rotación de los productos en el inventario. Estos datos serán utilizados en la fase de análisis.	Andrés Merizalde	Comparar la información del reporte de ventas con el reporte de facturas durante el periodo establecido.
Cantidad de unidades vendidas por producto	Unidades	Cuantitativo/Discreto	Base de Datos (Sistema Contable)	Durante la etapa de medición	Entrevista	Descargar el reporte de ventas desde junio 2020 hasta mayo 2021 en formato excel generado por el sistema contable Listosoft.	Para conocer el comportamiento de la demanda durante el periodo establecido. Estos datos serán utilizados en la fase de análisis.	Andrés Merizalde	Comparar la información del reporte de ventas con el reporte de facturas durante el periodo establecido.
Cantidad de stock disponible por producto	Unidades	Cuantitativo/Discreto	Registro de Inventario (Excel)	Durante la etapa de medición	Entrevista / Observación directa	Descargar los registros mensuales de inventarios en formato excel.	Para conocer la cantidad disponible de los productos al final de cada mes, esta información será utilizada para determinar el inventario promedio del producto. Estos datos serán utilizados en la fase de análisis.	Andrés Merizalde	Comparar el registro de inventarios con el estado valorado del inventario en el sistema.
Cantidad de SKUs con desabasto	SKUs	Cuantitativo/Discreto	Registro de Inventario (Excel)	Durante la etapa de medición	Entrevista / Observación directa	Descargar los registros mensuales de inventarios en formato excel.	Para conocer que productos almacenados presentan desabastos. Para determinar el índice de rotura del inventario en la bodega. Estos datos serán utilizados en la fase de análisis.	Andrés Merizalde	Comparar el registro de inventarios con el estado valorado del inventario en el sistema.
Valor monetario de los productos almacenados	USD \$	Cuantitativo/Continuo	Registro de Inventario (Excel)	Durante la etapa de medición	Entrevista	Descargar los registros mensuales de inventarios en formato excel.	Para conocer la inversión que representan los productos almacenados para la compañía. Estos datos serán utilizados en la fase de análisis.	Andrés Merizalde	Comparar el registro de inventarios con el estado valorado del inventario en el sistema.
Listado de SKUs almacenados en bodega	N/A	Cualitativo	Registro de inventario (Excel)	Durante la etapa de medición	Entrevista / Observación directa	Descargar el registro de inventario de la última revisión en formato excel.	Para conocer que productos se encuentran almacenados actualmente en bodega. Estos datos serán utilizados en la fase de análisis.	Andrés Merizalde	Comparar el registro de inventario con los productos almacenados en bodega.
Cantidad de SKUs que presentaron diferencias entre el inventario físico y lo registrado	SKUs	Cuantitativo/Discreto	Listado para conteo físico (Documento Impreso)	Durante la etapa de medición	Entrevista / Observación directa	Tomar fotos al listado para conteo físico de la última revisión.	Para determinar el porcentaje de diferencias entre el inventario físico y del sistema. Estos datos serán utilizados en la fase de análisis.	Andrés Merizalde	Comparar el inventario físico con lo registrado en el sistema a través del listado para conteo físico.

Figura 2.8 Plan de recolección de datos

[Fuente: Elaboración Propia]

2.2.2 Verificación de los datos

Luego de la recolección de los datos, se procedió a verificar dicha información con el propósito de que aquella información obtenida sea confiable y utilizada para posteriores etapas del proyecto. En la Tabla 2.1 se describe la información por verificar y la forma como se llevó a cabo la verificación de dichos datos.

Tabla 2.1 Verificación de los datos

[Fuente: Elaboración Propia]

Información por verificar	Forma de verificación
Ventas de los productos	Comparar la información del reporte de ventas con el reporte de facturas.
Cantidad de unidades vendidas de los productos	
Cantidad de stock disponible por producto	Comparar el registro de inventarios con el estado valorado del inventario en el sistema.
Cantidad de SKUs con desabasto	
Valor monetario de los productos almacenados	
Listado de SKUs almacenados en bodega	Comparar el inventario físico con lo registrado en el sistema a través del listado para conteo físico.
Cantidad de SKUs que presentaron diferencias entre el inventario físico y lo registrado	

2.3 Análisis

En esta etapa se identificaron y se analizaron las diferentes alternativas de diseño teniendo en cuenta los requerimientos técnicos de los clientes internos y las restricciones de diseño. Aquellas alternativas fueron evaluadas a través de diversas herramientas técnicas con el objetivo de seleccionar el mejor diseño.

2.3.1 Lluvia de ideas de alternativas de diseño

Se utilizó la lluvia de ideas para establecer las posibles alternativas de diseño para el control y gestión del inventario. Como resultado de utilizar esta importante herramienta de creatividad se generaron las siguientes ideas descritas a continuación en la Figura 2.9



Figura 2.9 Lluvia de ideas de alternativas de diseño

[Fuente: Elaboración Propia]

2.3.2 Matriz impacto y esfuerzo

Se utilizó la herramienta de decisión matriz de impacto - esfuerzo para seleccionar aquellas alternativas que representaban un alto impacto para el proyecto con el menor esfuerzo posible. En la Figura 2.10 se puede observar el uso de esta herramienta.

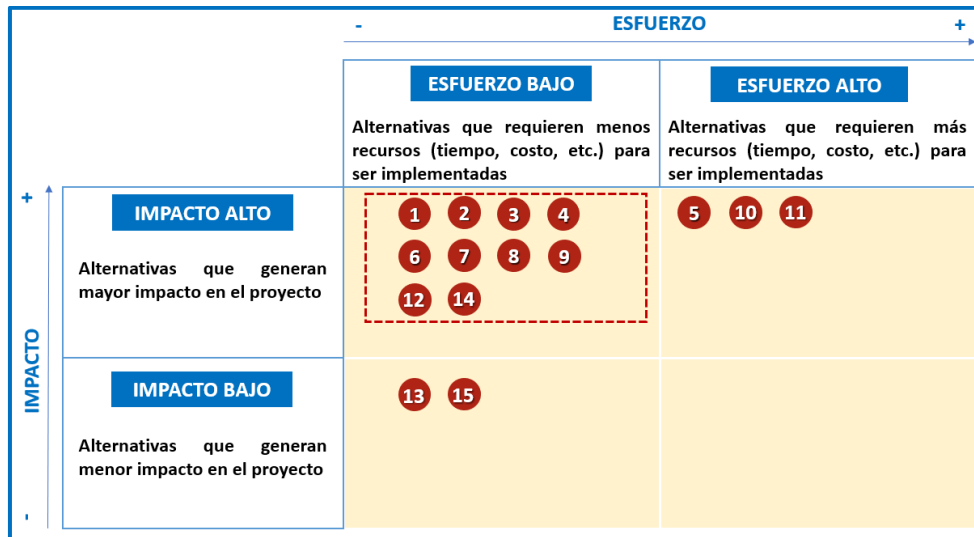


Figura 2.10 Matriz de impacto y esfuerzo

[Fuente: Elaboración Propia]

Las alternativas que presentaron un alto impacto y bajo esfuerzo fueron consideradas como alternativas de diseño.

2.3.3 Opciones de diseño

Luego de identificar las alternativas de diseño que generaban un alto impacto con el menor esfuerzo se procedió a organizar dichas alternativas considerando los requerimientos técnicos del cliente interno de la compañía. En la Figura 2.11 se muestra aquellas alternativas de diseño correspondientes a las alternativas de clasificación, políticas de inventario y sobre la herramienta a utilizar.



Figura 2.11 Alternativas de diseño

[Fuente: Elaboración Propia]

Se realizó un análisis de las alternativas de diseño considerando los requerimientos técnicos del cliente, las restricciones de diseño y otros criterios importantes a tener en cuenta, aquello fue realizado a través de la herramienta técnica matriz Pugh donde se realizó una calificación en conjunto con el jefe de producción y calidad. En la Figura 2.12 se puede observar la aplicación de la matriz Pugh para la selección de las alternativas de clasificación con el propósito de clasificar los productos terminados según su importancia.

	Criterio	Importancia	Opción 0	Opción 1	Opción 2
			Situación Actual Sin Método de Clasificación	Clasificación ABC Tradicional	Clasificación ABC Multicriterio
Requerimientos técnicos	Mayor control para los productos tipo A	5	0	1	1
	Tener una política de revisión de inventarios	4	0	0	0
	Abastecer el stock disponible cuando sea menor a un nivel establecido.	5	0	0	0
	La cantidad almacenada no debe ser cero	4	0	0	0
	Tener un registro actualizado de la cantidad, las entradas y las salidas de los productos terminados.	4	0	0	0
Otros criterios a tener en cuenta	Mejora el control de los inventarios	5	0	1	1
	Prioriza los productos según su importancia	5	0	1	1
	Baja Complejidad	5	1	1	0
	Requiere de datos históricos	5	0	1	1
	Uso de una herramienta informática	4	0	1	1
Restricciones de Diseño	No modifica las dimensiones de la bodega	5	1	1	1
	No requiere mucha habilidad del usuario	5	1	1	0
	No presentaría resistencia para los trabajadores durante las implementaciones	5	1	1	0
	No supera el presupuesto establecido	5	1	1	1
Puntuación Total			25	49	34
Selección Final			NO	SI	NO

Importancia: 1 – 5
1: Poco importante
5: Muy importante

1: Aplica
0: No Aplica

Figura 2.12 Matriz Pugh: Alternativas de clasificación

[Fuente: Elaboración Propia]

En las Figuras 2.13 y 2.14 se aplicó el mismo procedimiento para el análisis de las alternativas de las políticas de inventario y de las alternativas sobre la herramienta a utilizar respectivamente.

Criterio	Importancia	Opción 0	Políticas de revisión continua		Políticas de revisión periódica		
		Situación Actual	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	
		Sin Política	Política (s, Q)	Política (s, S)	Política (R, s)	Política (R, s, S)	
			Punto de reorden	Min - Max	Ciclo de Reposición	Sistema híbrido	
Requerimientos técnicos	Mayor control para los productos tipo A	5	0	1	1	0	0
	Tener una política de revisión de inventarios	4	0	1	1	1	1
	Abastecer el stock disponible cuando sea menor a un nivel establecido	5	0	1	1	0	0
	La cantidad almacenada del producto no debe ser cero	4	0	1	1	0	1
	Tener un registro actualizado de la cantidad, las entradas y salidas de los productos terminados	4	0	1	1	0	0
Otros criterios a tomar en cuenta	Menor riesgo de desabasto	5	0	1	1	0	0
	Seguimiento constante del inventario	5	0	1	1	0	0
	Menor tamaño del inventario de seguridad	4	0	1	1	0	0
	Fácil de comprender por el usuario	4	1	1	0	1	0
	Fácil de implementar	5	0	1	0	1	0
Restricciones de Diseño	Uso de una herramienta informática	4	0	1	1	0	1
	No modifica las dimensiones de la bodega	5	1	1	1	1	1
	No requiere mucha habilidad del usuario	5	1	1	1	1	0
	No presentaría resistencia para los trabajadores durante las implementaciones	5	1	1	1	1	0
	No supera el presupuesto establecido	5	1	1	1	1	0
PUNTUACIÓN TOTAL		24	69	60	33	17	
SELECCIÓN FINAL		NO	SI	NO	NO	NO	

Importancia: 1 – 5
1: Poco importante
5: Muy importante

1: Aplica
0: No Aplica

Figura 2.13 Matriz Pugh: Alternativas de Políticas de Inventario

[Fuente: Elaboración Propia]

Criterio	Importancia	Opción 0	Opción 1	Opción 2	
		Situación Actual Registros físicos	Sistema de control de inventarios en Excel	Sistema de control de inventarios en Power BI	
Requerimientos técnicos	Mayor control para los productos tipo A	5	0	1	1
	Tener una política de revisión de inventarios	4	0	1	1
	Abastecer el stock disponible cuando sea menor a un nivel establecido	5	0	1	1
	La cantidad almacenada del producto no debe ser cero	4	1	1	1
	Tener un registro actualizado de la cantidad, las entradas y salidas de los productos terminados	4	0	1	1
Características técnicas a tener en cuenta	Interfaz amigable	3	0	1	1
	Almacena gran cantidad de datos	4	0	1	1
	Compatible con Windows 8 o superior	4	0	1	1
	Compartir archivos en línea	4	0	1	1
Restricciones de Diseño	Registros personalizados	4	0	1	1
	No modifica las dimensiones de la bodega	5	1	1	1
	No requiere mucha habilidad del usuario	5	1	1	0
	No presentaría resistencia para los trabajadores durante las implementaciones	5	1	1	0
	No supera el presupuesto establecido	5	1	1	1
PUNTUACIÓN TOTAL		24	61	51	
SELECCIÓN FINAL		NO	SI	NO	

Importancia: 1 – 5
1: Poco importante
5: Muy importante

1: Aplica
0: No Aplica

Figura 2.14 Matriz Pugh: Alternativas sobre la Herramienta

[Fuente: Elaboración Propia]

En la Figura 2.15 se muestra una comparación de los costos asociados de las dos herramientas informáticas consideradas como alternativas para la elaboración del sistema de control de inventarios.

Costo asociado	Descripción	Opción 1	Descripción	Opción 2
		Sistema de control de inventarios en Excel		Sistema de control de inventarios en Power BI
Costo de licencia/suscripción anual (4 dispositivos)	Licencia Microsoft 365 Business, suscripción anual a \$177,70/año para 5 dispositivos incluye Office y One Drive 1TB.	\$177,70	Licencia Power BI Pro por suscripción anual (4 usuarios)x(\$10/usuario/mes)x(12 meses/año) = \$480/año	\$480,00
Costo de servicio de instalación (1 vez)	Servicio de instalación para el programa Office 365	\$20,00	Servicio de instalación para el programa Power BI Pro	\$20,00
Costo de mantenimiento preventivo (2 veces al año)	Servicio de mantenimiento a \$20 por máquina	\$160,00	Servicio de mantenimiento a \$20 por máquina	\$160,00
Costo de capacitación (1 vez para 4 personas)	Costo por el curso de Excel a \$75/persona	\$300,00	Costo por el curso de Power BI a \$ 89/persona	\$356,00
Costo por desarrollar el sistema en la herramienta informática	El sistema de control de inventarios será elaborado en la herramienta informática sin ningún costo.	\$0,00	El sistema de control de inventarios será elaborado en la herramienta informática sin ningún costo.	\$0,00
	TOTAL	\$657,70	TOTAL	\$1.016,00

Figura 2.15 Comparación de los costos asociados

[Fuente: Elaboración Propia]

Se procedió a evaluar la viabilidad económica de las dos alternativas a través del uso del indicador financiero VAN, con la finalidad de determinar cuál de las dos alternativas sería la más rentable para la compañía. En las Tablas 2.2 y 2.3 se muestra la aplicación de este indicador financiero para la opción 1 y 2 respectivamente.

Tabla 2.2 Análisis financiero de la opción 1

[Fuente: Elaboración Propia]

	ESTADOS DE RESULTADOS					
	0	1	2	3	4	5
(+) INGRESOS		\$ 2.103.466,70	\$ 979.887,03	\$ 1.324.986,34	\$ 1.555.189,09	\$ 2.103.466,70
(+) Ventas		\$ 2.103.466,70	\$ 979.887,03	\$ 1.324.986,34	\$ 1.555.189,09	\$ 2.103.466,70
(-) COSTOS		\$ 1.635.269,93	\$ 613.036,75	\$ 981.109,50	\$ 1.138.938,93	\$ 1.635.269,93
(-) Costos de mercaderías vendidas		\$ 1.385.903,96	\$ 432.203,13	\$ 772.079,39	\$ 877.675,81	\$ 1.385.903,96
(-) Costos de Producción		\$ 248.054,53	\$ 177.691,95	\$ 198.429,58	\$ 234.985,23	\$ 248.054,53
(-) Otros Costos		\$ 1.311,44	\$ 3.141,67	\$ 10.600,53	\$ 26.277,89	\$ 1.311,44
UTILIDAD BRUTA		\$ 468.196,77	\$ 366.850,28	\$ 343.876,84	\$ 416.250,16	\$ 468.196,77
GASTOS		\$ 425.486,48	\$ 335.772,65	\$ 300.666,84	\$ 384.392,93	\$ 425.486,48
(-) Gastos Operacionales		\$ 284.051,27	\$ 249.176,19	\$ 211.151,23	\$ 281.875,01	\$ 284.051,27
(-) Gastos de Ventas		\$ 139.470,72	\$ 64.178,68	\$ 87.841,55	\$ 100.823,22	\$ 139.470,72
(-) Gastos Financieros		\$ 1.964,49	\$ 22.417,78	\$ 1.674,06	\$ 1.694,70	\$ 1.964,49
UTILIDAD NETA		\$ 42.710,29	\$ 31.077,63	\$ 43.210,00	\$ 31.857,23	\$ 42.710,29
Inversión Inicial	\$ -657,70					
Utilidad Neta Final	\$ -	\$ 42.710,29	\$ 31.077,63	\$ 43.210,00	\$ 31.857,23	\$ 42.710,29
Depreciación	\$ -	\$ 58,64	\$ 58,64	\$ 58,64	\$ 58,64	\$ 58,64
Flujo neto de efectivo	\$ -657,70	\$ 42.768,93	\$ 31.136,27	\$ 43.268,64	\$ 31.915,87	\$ 42.768,93
VALOR PRESENTE	\$ -657,70	\$ 39.119,12	\$ 26.048,81	\$ 33.109,70	\$ 22.338,26	\$ 27.379,89
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$ 147.338,07					

Tabla 2.3 Análisis financiero de la opción 2

[Fuente: Elaboración Propia]

	ESTADOS DE RESULTADOS					
	0	1	2	3	4	5
(+) INGRESOS		\$ 2.103.466,70	\$ 979.887,03	\$ 1.324.986,34	\$ 1.555.189,09	\$ 2.103.466,70
(+) Ventas		\$ 2.103.466,70	\$ 979.887,03	\$ 1.324.986,34	\$ 1.555.189,09	\$ 2.103.466,70
(-) COSTOS		\$ 1.635.269,93	\$ 613.036,75	\$ 981.109,50	\$ 1.138.938,93	\$ 1.635.269,93
(-) Costos de mercaderías vendidas		\$ 1.385.903,96	\$ 432.203,13	\$ 772.079,39	\$ 877.675,81	\$ 1.385.903,96
(-) Costos de Producción		\$ 248.054,53	\$ 177.691,95	\$ 198.429,58	\$ 234.985,23	\$ 248.054,53
(-) Otros Costos		\$ 1.311,44	\$ 3.141,67	\$ 10.600,53	\$ 26.277,89	\$ 1.311,44
UTILIDAD BRUTA		\$ 468.196,77	\$ 366.850,28	\$ 343.876,84	\$ 416.250,16	\$ 468.196,77
GASTOS		\$ 425.486,48	\$ 335.772,65	\$ 300.666,84	\$ 384.392,93	\$ 425.486,48
(-) Gastos Operacionales		\$ 284.051,27	\$ 249.176,19	\$ 211.151,23	\$ 281.875,01	\$ 284.051,27
(-) Gastos de Ventas		\$ 139.470,72	\$ 64.178,68	\$ 87.841,55	\$ 100.823,22	\$ 139.470,72
(-) Gastos Financieros		\$ 1.964,49	\$ 22.417,78	\$ 1.674,06	\$ 1.694,70	\$ 1.964,49
UTILIDAD NETA		\$ 42.710,29	\$ 31.077,63	\$ 43.210,00	\$ 31.857,23	\$ 42.710,29
Inversión Inicial	\$ -1.016,00					
Utilidad Neta Final	\$ -	\$ 42.710,29	\$ 31.077,63	\$ 43.210,00	\$ 31.857,23	\$ 42.710,29
Depreciación	\$ -	\$ 158,40	\$ 158,40	\$ 158,40	\$ 158,40	\$ 158,40
Flujo neto de efectivo	\$ -1.016,00	\$ 42.868,69	\$ 31.236,03	\$ 43.368,40	\$ 32.015,63	\$ 42.868,69
VALOR PRESENTE	\$ -1.016,00	\$ 39.210,36	\$ 26.132,27	\$ 33.186,03	\$ 22.408,08	\$ 27.443,75
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$ 147.364,50					

Se compararon los resultados obtenidos donde ambas opciones resultaron rentables para la compañía. Sin embargo, la opción 2 no cumple con dos restricciones de diseño, por lo tanto, la mejor alternativa a escoger fue la opción 1 que corresponde al sistema de control de inventarios en Excel. La tasa de interés aplicada para la determinación del VAN fue de 9,33 dato referencial obtenido del Banco Central del Ecuador. (Banco Central del Ecuador, 2021)

2.4 Diseño

En esta etapa se realizó un plan de prototipo con la finalidad de detallar cada una de las actividades correspondientes al desarrollo y validación del prototipo, además de describir las herramientas utilizadas, el responsable y el estado de validación de cada una de las actividades. En la Figura 2.16 se observa el plan de prototipo parte 1 correspondiente al desarrollo del diseño.

PLAN DE PROTOTIPO								
FECHA		LUGAR	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD		HERRAMIENTAS	RESPONSABLE	ESTADO DE VALIDACIÓN	
CUANDO?		DONDE?	QUÉ?	POR QUÉ?	COMÓ?	QUIÉN?		
INICIO	FIN							
2-ago-21	2-ago-21	Compañía	Desarrollar la clasificación ABC de los productos terminados de la línea mangueras flex.	Para identificar los productos terminados Tipo A de la línea manguera flex.	Excel	Andrés Merizalde	Reunión con el Jefe de Producción y Calidad	100%
3-ago-21	3-ago-21	Compañía	Desarrollar la clasificación ABC de los productos terminados de la línea tubería PEAD negra para uso general.	Para identificar los productos terminados Tipo A de la línea tubería PEAD negra para uso general.	Excel	Andrés Merizalde	Reunión con el Jefe de Producción y Calidad	100%
4-ago-21	4-ago-21	Compañía	Desarrollar la clasificación ABC de los productos terminados de la línea tubería PEAD agua potable.	Para identificar los productos terminados Tipo A de la línea tubería PEAD Agua Potable.	Excel	Andrés Merizalde	Reunión con el Jefe de Producción y Calidad	100%
5-ago-21	6-ago-21	Compañía	Desarrollo de la política (s, Q) o punto de reorden para los productos Tipo A.	Para determinar cuanto y cuando ordenar para cada uno de los productos Tipo A.	Excel	Andrés Merizalde	Reunión con el Jefe de Producción y Calidad	100%
7-ago-21	12-ago-21	Domicilio	Desarrollo del sistema de control de inventarios para los productos terminados tipo A.	Para controlar el nivel de stock, además de gestionar adecuadamente las entradas y salidas de los productos terminados Tipo A.	Excel	Andrés Merizalde	Reunión con el Jefe de Producción y Calidad	100%
7-ago-21	12-ago-21	Compañía	Realizar un análisis de sensibilidad del prototipo	Para conocer como se comporta el prototipo ante cambios propuestos en diferentes escenarios.	Excel	Andrés Merizalde	Reunión con el Jefe de Producción y Calidad	100%
12-ago-21	12-ago-21	Compañía	Feedback del cliente interno de la compañía	Para conocer sus opiniones acerca del prototipo	Entrevista	Andrés Merizalde	Reunión con el Jefe de Producción y Calidad	100%

Figura 2.16 Plan de Prototipo Parte 1

[Fuente: Elaboración Propia]

A continuación, se muestra la Figura 2.17 correspondiente al plan de prototipo parte 2 correspondiente a la implementación y validación del prototipo.

PLAN DE PROTOTIPO									
FECHA		LUGAR	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD		HERRAMIENTAS	RESPONSABLE	ESTADO DE VALIDACIÓN		
CUANDO?		DONDE?	QUÉ?	POR QUÉ?	COMÓ?	QUIÉN?			
INICIO	FIN								
16-ago-21	20-ago-21	Compañía	Realizar una prueba piloto del prototipo	Para comprobar el funcionamiento del prototipo y el cumplimiento de los requerimientos de diseño.	Excel	Andrés Merizalde	Reunión con el jefe de Producción y Calidad	100%	
23-ago-21	25-ago-21	Compañía	Realizar una simulación de la política (s, Q) para los productos Tipo A considerando la demanda desde junio 2020 hasta mayo 2021	Para comprobar que la política (s, Q) cumple con el requerimiento de diseño que dice "La cantidad almacenada del producto no debe ser cero".	Excel	Andrés Merizalde	Reunión con el jefe de Producción y Calidad	100%	
26-ago-21	27-ago-21	Compañía	Comparar e Interpretar los resultados	Para comparar los resultados entre el escenario actual de la compañía vs el escenario propuesto. (Incluye las métricas del Triple Bottom Line)	Excel	Andrés Merizalde	Reunión con el jefe de Producción y Calidad	100%	
30-ago-21	31-ago-21	Compañía	Capacitación sobre el manejo del prototipo	Para asegurar el correcto manejo del prototipo.	Entrevista/Manual de Procedimiento	Andrés Merizalde	Reunión con el Jefe de Producción y Calidad	100%	
							Reunión con el Personal de Bodega	100%	
1-sep-21	1-sep-21	Compañía	Feedback final del cliente interno de la compañía	Para conocer su opinión sobre los resultados del prototipo.	Entrevista	Andrés Merizalde	Reunión con el jefe de Producción y Calidad	100%	

Figura 2.17 Plan de Prototipo Parte 2

[Fuente: Elaboración Propia]

2.4.1 Clasificación ABC de los productos terminados

Se realizó una clasificación ABC por línea de producto donde se utilizó el histórico de ventas desde junio del 2020 hasta mayo del 2021, información proporcionada por el sistema contable de la compañía. En las Figuras 2.18, 2.19 y 2.20 se observa la clasificación ABC de los productos terminados correspondiente a la línea manguera flex, tubería negra PEAD para uso general y tubería PEAD para agua potable, respectivamente.

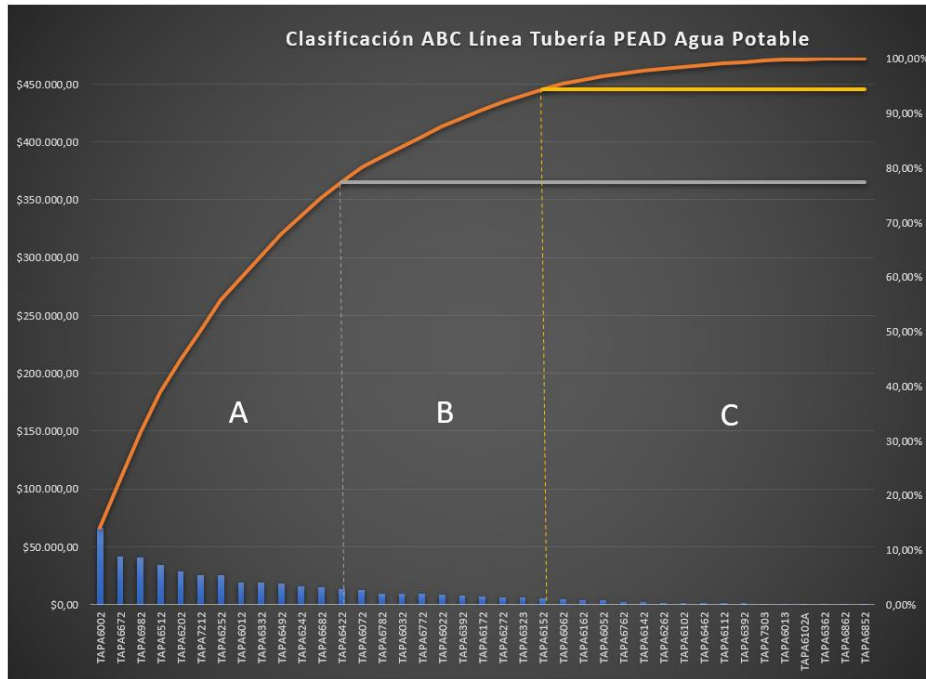


Figura 2.20 Clasificación ABC Línea Tubería PEAD Agua Potable

[Fuente: Elaboración Propia]

2.4.2 Pronóstico de la demanda de los productos tipo A

Para obtener el pronóstico de la demanda de cada uno de los productos tipo A se compararon diversos métodos cuantitativos basados en series de tiempos con el propósito de escoger el método de pronóstico adecuado al patrón de demanda del producto. Se obtuvo la información de la demanda histórica a través del sistema contable de la compañía, como se muestra en la Figura 2.21.

N	Código	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2021	2021	2021	2021	2021
		Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	TUGA7451	50	84	118	80	42	61	80	68	56	30	90	110
2	TAPA6002	65	69	116	109	138	159	73	199	169	193	217	219
3	TAPA6252	18	10	1	4	7	2	14	6	21	7	33	26
4	TAPA6012	41	30	49	69	12	38	32	20	10	54	22	32
5	MMIB2051	121	61	26	160	95	51	141	62	46	48	23	101
6	MMIB2031	100	212	90	454	50	109	272	156	187	259	123	201
7	MPRB1031	377	644	850	628	645	283	659	537	130	753	358	246
8	MPRB1171	17	74	133	100	56	48	52	5	31	72	76	80
9	MMIB2011	202	114	231	367	107	199	462	337	170	278	135	196
10	MMUM3081	1	51	53	109	57	78	7	55	36	40	36	89
11	MPRB1161	41	59	86	119	116	62	41	14	7	4	3	5
12	MPRB1041	274	316	198	309	421	65	293	40	125	275	140	70
13	MPRB1141	76	21	112	141	37	116	102	40	60	75	21	26
14	MPRB1061	190	242	131	326	230	204	280	210	108	375	114	159
15	MMUM3061	32	22	61	116	109	69	49	48	37	52	38	32
16	MPRB1101	101	182	17	171	239	307	224	30	24	279	102	51
17	MPRB1071	105	94	127	124	171	200	255	74	203	123	77	32
18	MPRB1151	8	9	20	23	34	45	43	23	44	63	38	38

Figura 2.21 Demanda de los productos tipo A

[Fuente: Información del sistema contable de la compañía]

En la Figura 2.22 se observa i) el patrón de la demanda real del producto TUGA7451 correspondiente a la línea tubería PEAD negra para uso general y ii) el patrón del pronóstico de cada método aplicado.

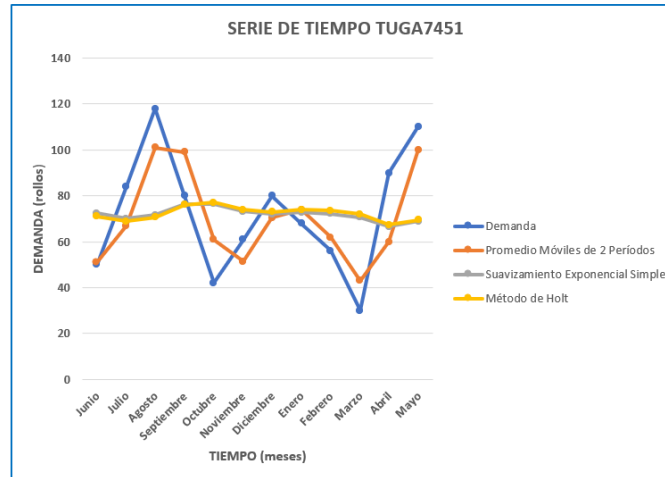


Figura 2.22 Serie de tiempo TUGA7451

[Fuente: Elaboración Propia]

En la Figura 2.23 se observa i) el patrón de la demanda real del producto TAPA6002 correspondiente a la línea tubería azul PEAD para agua potable y ii) el patrón del pronóstico de cada método aplicado.

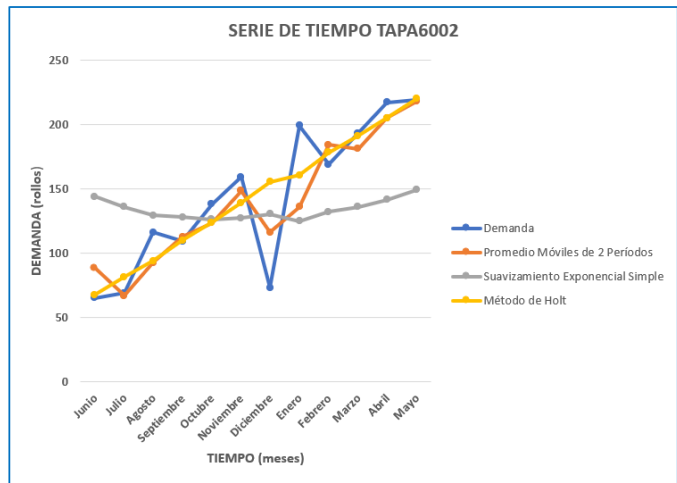


Figura 2.23 Serie de tiempo TAPA6002

[Fuente: Elaboración Propia]

En la Figura 2.24 se observa i) el patrón de la demanda real del producto MPRB1031 correspondiente a la línea manguera flex y ii) el patrón del pronóstico de cada método aplicado. En el Anexo B del presente documento se muestran la serie de tiempos de los productos restantes.

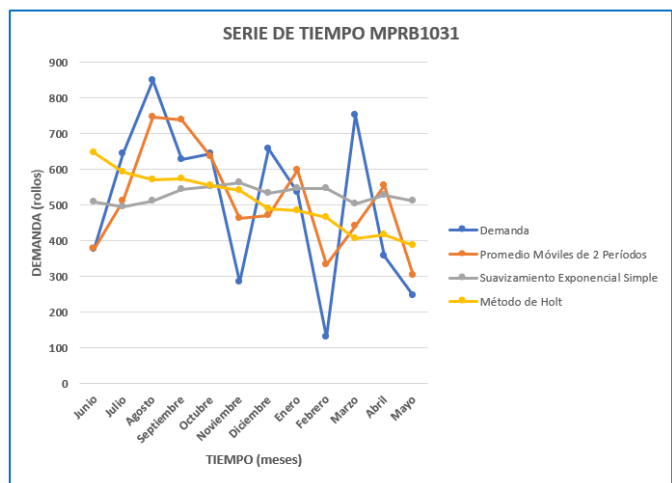


Figura 2.24 Serie de tiempo MPRB1031

[Fuente: Elaboración Propia]

2.4.3 Política (s, Q) o Punto de Reorden

Se seleccionó la política (s, Q) para ser implementada en el funcionamiento del sistema de control de inventarios. A continuación, se denotarán los parámetros y fórmulas utilizadas.

- **Parámetros:**

D: Demanda promedio del producto (rollos/mes)

s: Punto de reorden (rollos)

S: Costo de preparación de una orden (\$/orden)

H: Costo de mantenimiento por unidad de inventario (\$/rollo/mes)

c: Costo unitario del producto (\$/rollo)

i: Tasa del costo de mantenimiento del inventario (%/mes)

σ_D : Desviación estándar de los errores del pronóstico

L: Tiempo de reposición del producto (meses)

σ_L : Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de reposición

k: Factor de seguridad dependiendo del nivel de servicio deseado

SS: Inventario de seguridad

D_L: Demanda promedio durante el tiempo de reposición

- **Cálculo de la cantidad a ordenar:**

$$Q = \sqrt{\frac{2SD}{H}} = \sqrt{\frac{2SD}{i * c}} \quad (2.1)$$

- **Cálculo del inventario de seguridad:**

$$SS = k * \sigma_L = k * \sigma_D * \sqrt{L} \quad (2.2)$$

- **Cálculo del punto de reorden:**

$$s = D_L + SS = (D * L) + (k * \sigma_D * \sqrt{L}) \quad (2.3)$$

- **Cálculo del costo anual de ordenar:**

$$\text{Costo anual de ordenar} = \frac{D}{Q} * S \quad (2.4)$$

- **Cálculo del costo de mantenimiento de inventario anual:**

$$\text{Costo de mantenimiento de inventario anual} = \frac{Q}{2} * H \quad (2.5)$$

- **Cálculo del costo total anual:**

$$\text{Costo total anual} = \left(\frac{D}{Q} * S \right) + \left(\frac{Q}{2} * H \right) \quad (2.6)$$

- **Costo unitario de los productos tipo A**

En la Figura 2.25 se muestra el costo unitario por producto que resulta de multiplicar el costo por kilo y peso por rollo de cada producto tipo A.

CÓDIGO	Peso (Kg/Rollo)	Costo por Kilo (\$/Kg)	Costo unitario del producto (\$/Rollo)
TUGA7451	64,89	\$ 2,50	\$ 162,23
TAPA6002	11,71	\$ 2,50	\$ 29,28
TAPA6252	69,64	\$ 2,50	\$ 174,10
TAPA6012	13,15	\$ 2,50	\$ 32,88
MMIB2051	120	\$ 1,60	\$ 192,00
MMIB2031	50	\$ 1,60	\$ 80,00
MPRB1031	13	\$ 1,60	\$ 20,80
MPRB1171	80	\$ 1,60	\$ 128,00
MMIB2011	21	\$ 1,60	\$ 33,60
MMUM3081	70	\$ 1,60	\$ 112,00
MPRB1161	80	\$ 1,60	\$ 128,00
MPRB1041	15	\$ 1,60	\$ 24,00
MPRB1141	45	\$ 1,60	\$ 72,00
MPRB1061	14	\$ 1,60	\$ 22,40
MMUM3061	50	\$ 1,60	\$ 80,00
MPRB1101	21	\$ 1,60	\$ 33,60
MPRB1071	17	\$ 1,60	\$ 27,20
MPRB1151	70	\$ 1,60	\$ 112,00

Figura 2.25 Costo unitario de los productos tipo A

[Fuente: Elaboración Propia]

- **Costo de ordenar**

Se solicitó información al departamento financiero de la compañía para estimar el costo fijo por ordenar. Los detalles sobre los costos asociados a ordenar se muestran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Costos asociados a ordenar

[Fuente: Elaboración Propia]

Mano de Obra	Costo/mes	Costo/día
Operador de extrusora	\$ 400,00	\$ 20,00
Jefe de Producción y Calidad	\$ 1.000,00	\$ 50,00
Costos de Papelería	Costo/año	Costo/día
Impresiones, formularios, etc.	\$ 310,10	\$ 1,08
Servicios Básicos	Costo/año	Costo/día
Energía Eléctrica	\$ 87.595,00	\$ 76,00
Telefonía	\$ 957,00	\$ 3,32
Servicio de Internet	\$ 2.490,00	\$ 8,65
COSTO FIJO DE ORDENAR		\$ 159,05

- **Costo de mantener el inventario**

Para determinar el costo de mantener el inventario por unidad al mes de cada producto se solicitó información al departamento financiero de la compañía sobre los costos asociados a mantener el inventario. Los detalles sobre los costos asociados a mantener el inventario se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Tasa del costo de mantener de inventario

[Fuente: Elaboración Propia]

Costos asociados	
Sueldos operacionales	\$ 4.430,00
Suministros y Materiales	\$ 230,50
Mantenimiento	\$ 2.814,00
Impuestos	\$ 3.635,00
Seguros	\$ 7.634,00
Total	\$ 18.743,50
Inventario Inicial	\$168.545,87
Inventario Final	\$146.737,15
Inventario Promedio	\$157.641,51
% Costo de mantener de inventario	12%

Luego de determinar el porcentaje del costo de mantener el inventario se procedió a calcular el costo de mantener el inventario por unidad al mes de cada uno de los productos tipo A, tal como se muestra en la Figura 2.26.

CÓDIGO	Costo unitario del producto (\$/Rollo)	% Costo de mantener el inventario	Costo de mantener el inventario (\$/Rollo/Mes)
TUGA7451	\$ 162,23	0,12	\$ 19,47
TAPA6002	\$ 29,28	0,12	\$ 3,51
TAPA6252	\$ 174,10	0,12	\$ 20,89
TAPA6012	\$ 32,88	0,12	\$ 3,95
MMIB2051	\$ 192,00	0,12	\$ 23,04
MMIB2031	\$ 80,00	0,12	\$ 9,60
MPRB1031	\$ 20,80	0,12	\$ 2,50
MPRB1171	\$ 128,00	0,12	\$ 15,36
MMIB2011	\$ 33,60	0,12	\$ 4,03
MMUM3081	\$ 112,00	0,12	\$ 13,44
MPRB1161	\$ 128,00	0,12	\$ 15,36
MPRB1041	\$ 24,00	0,12	\$ 2,88
MPRB1141	\$ 72,00	0,12	\$ 8,64
MPRB1061	\$ 22,40	0,12	\$ 2,69
MMUM3061	\$ 80,00	0,12	\$ 9,60
MPRB1101	\$ 33,60	0,12	\$ 4,03
MPRB1071	\$ 27,20	0,12	\$ 3,26
MPRB1151	\$ 112,00	0,12	\$ 13,44

Figura 2.26 Costo de mantener inventario por unidad al mes

[Fuente: Elaboración Propia]

Con respecto al tiempo de reposición de los productos se demora 5 días equivalente a 0,17 meses, este tiempo corresponde desde que se genera la orden hasta abastecer el inventario del producto en la bodega.

2.4.4 Diseño del sistema de control de inventarios en Excel

El sistema de control de inventarios fue diseñado en la herramienta Excel, cuyo funcionamiento está basado en la política (s, Q) tal como se muestra en la Figura 2.27.

SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DE INVENTARIOS										
LÍNEA										ESTADO
MANGUERA FLEX		TUBERÍA PEAD AGUA POTABLE		TUBERÍA PEAD NEGRA PARA USO GENERAL		AGOTADO		MENOR AL PUNTO DE REORDEN		OK
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	LÍNEA	BODEGA	UNIDAD	PUNTO DE REORDE	STOCK DISPONIB	ESTADO	ALERTA	Q	
TUGA7451	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 12M	TUBERÍA PEAD NEGRA PARA USO GENERAL	BODEGA 1	ROLLO	21	77	OK	OK	34	
TAPA6002	TUBERIA AZUL PEAD 20MM X1.60MPA (232PSI) AGUA POTABLE X100M	TUBERÍA PEAD AGUA POTABLE	BODEGA 1	ROLLO	36	30	MENOR AL PUNTO DE REORDEN	ALERTA	115	
TAPA6252	TUBERIA AZUL PEAD 63MM X1.0MPA (145PSI) USO GENERAL X 100M	TUBERÍA PEAD AGUA POTABLE	BODEGA 1	ROLLO	6	0	AGOTADO	ALERTA	14	
TAPA6012	TUBERIA AZUL PEAD 20MM X2.0MPA (290PSI) AGUA POTABLE X 100M	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	13	176	OK	OK	54	
MMIB2051	MANGUERA FLEX R/D 2" X 120KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	31	0	AGOTADO	ALERTA	34	
MMIB2031	MANGUERA FLEX R/D 1" X 50KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	76	65	MENOR AL PUNTO DE REORDEN	ALERTA	78	
MPRB1031	MANGUERA 1/2" X 13KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	172	0	AGOTADO	ALERTA	257	
MPRB1171	MANGUERA 3" X 80KG X 50M X 105PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	19	0	AGOTADO	ALERTA	36	
MMIB2011	MANGUERA FLEX R/D 1/2" X 21KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	82	19	MENOR AL PUNTO DE REORDEN	ALERTA	136	
MMUM3081	MANGUERA MULTUSO 3" X 70KG X 50M X 60PSI (R/ROJIA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	19	15	MENOR AL PUNTO DE REORDEN	ALERTA	34	
MPRB1161	MANGUERA 2" X 80KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	14	2	MENOR AL PUNTO DE REORDEN	ALERTA	32	
MPRB1041	MANGUERA 1/2" X 15KG X 100M X 152PSI (R/AMARILLA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	83	0	AGOTADO	ALERTA	156	
MPRB1141	MANGUERA 1 1/2" X 45KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	27	22	MENOR AL PUNTO DE REORDEN	ALERTA	52	
MPRB1061	MANGUERA 3/4" X 14KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	72	203	OK	OK	150	
MMUM3061	MANGUERA MULTUSO 2" X 50KG X 100M X 60PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	16	29	OK	OK	44	
MPRB1101	MANGUERA 1" X 21KG X 100M X 105 PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	61	137	OK	OK	108	
MPRB1071	MANGUERA 3/4 X 17KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	41	118	OK	OK	115	
MPRB1151	MANGUERA 2" X 70KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	9	1	MENOR AL PUNTO DE REORDEN	ALERTA	28	

Figura 2.27 Visualización del Prototipo

[Fuente: Elaboración Propia]

Se diseñó un registro de entradas y salidas de los productos terminados con el propósito de controlar el movimiento de los productos tipo A. En la Figura 2.28 se muestra el registro de entradas y salidas de los productos terminados.

REGISTRO DE ENTRADAS Y SALIDAS									
FECHA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	LÍNEA	BODEGA	UNIDAD	STOCK DISPONIBLE	CANTIDAD	DETALLE DE LA ACTIVIDAD	
16-ago-21	TUGA7451	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 12M	TUBERÍA PEAD NEGRA PARA USO GENERAL	BODEGA 1	ROLLO	77	77	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	TAPA6002	TUBERIA AZUL PEAD 20MM X1.60MPA (232PSI) AGUA POTABLE X100M	TUBERÍA PEAD AGUA POTABLE	BODEGA 1	ROLLO	30	80	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	TAPA6012	TUBERIA AZUL PEAD 20MM X2.0MPA (290PSI) AGUA POTABLE X 100M	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	176	176	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MMIB2031	MANGUERA FLEX B/D 1" X 50KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	65	65	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MPRB1171	MANGUERA 3" X 80KG X 50M X 105PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	0	0	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MMIB2011	MANGUERA FLEX B/D 1/2 X 21KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	19	19	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MMUM3081	MANGUERA MULTIUSO 3" X 70KG X 50M X 60PSI (R/ROJA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	15	15	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MPRB1161	MANGUERA 2" X 80KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	2	2	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MPRB1041	MANGUERA 1/2" X 15KG X 100M X 152PSI (R/AMARILLA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	0	0	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MPRB1141	MANGUERA 1 1/2" X 45KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	22	22	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MPRB1061	MANGUERA 3/4" X 14KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	203	203	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MMUM3061	MANGUERA MULTIUSO 2" X 50KG X 100M X 60PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	29	29	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MPRB1101	MANGUERA 1" X 21KG X 100M X 105 PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	137	137	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MPRB1071	MANGUERA 3/4 X 17KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	118	118	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	MPRB1151	MANGUERA 2" X 70KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	MANGUERA FLEX	BODEGA 1	ROLLO	1	1	Actualizar cantidad del ítem	
16-ago-21	TAPA6002	TUBERIA AZUL PEAD 20MM X1.60MPA (232PSI) AGUA POTABLE X100M	TUBERÍA PEAD AGUA POTABLE	BODEGA 1	ROLLO	30	-50		

Figura 2.28 Registro de entradas y salidas del prototipo

[Fuente: Elaboración Propia]

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados de la clasificación ABC

En la clasificación ABC de la línea mangueras flex se obtuvo como resultado que 18 productos de esta línea son de tipo A, es decir aquellos productos que representan una mayor rentabilidad para la compañía y que corresponden al 77,95% de las ventas según periodo establecido desde junio 2020 hasta mayo 2021. Sin embargo, de los 18 productos tipo A identificados solo 14 son destinados para inventario mientras que el restante es bajo pedido. En la Figura 3.1 se muestran los resultados obtenidos de esta clasificación.

Rango	Clase	Productos	% Productos	% Productos Acumulados	% Ventas	% Ventas Acumuladas
0 - 80%	A	18	37,50%	37,50%	77,95%	77,95%
80% - 95%	B	12	25,00%	62,50%	16,52%	94,47%
95% - 100%	C	18	37,50%	100,00%	5,53%	100,00%
	TOTAL	48	100,00%		100,00%	

Figura 3.1 Resultados de la Clasificación ABC Línea Mangueras Flex

[Fuente: Elaboración Propia]

En la clasificación ABC de la línea tubería negra PEAD para uso general se obtuvo como resultado que 5 productos son de tipo A, y que corresponden al 75,36% de las ventas según el período establecido desde junio 2020 hasta mayo 2021. Sin embargo, de los 5 productos tipo A solo 1 producto es destinado para inventario. En la Figura 3.2 se muestra los resultados obtenidos de esta clasificación.

Rango	Clase	Productos	% Productos	% Productos Acumulados	% Ventas	% Ventas Acumuladas
0 - 80%	A	5	20,00%	20,00%	75,36%	75,36%
80% - 95%	B	6	24,00%	44,00%	18,79%	94,15%
95% - 100%	C	14	56,00%	100,00%	5,85%	100,00%
	TOTAL	25	100,00%		100,00%	

Figura 3.2 Resultados de la Clasificación ABC Línea Tubería Negra PEAD Uso General

[Fuente: Elaboración Propia]

En la clasificación ABC de la línea tubería azul PEAD agua potable se obtuvo como resultado que 13 son de tipo A, y que corresponden al 77,33% de las ventas según el período establecido desde junio 2020 hasta mayo 2021. Sin embargo, de los 13 productos tipo A solo 3 son destinados para inventario. En la Figura 3.3 se muestra los resultados obtenidos de esta clasificación.

Rango	Clase	Productos	% Productos	% Productos Acumulados	% Ventas	% Ventas Acumuladas
0 - 80%	A	13	33,33%	33,33%	77,33%	77,33%
80% - 95%	B	10	25,64%	58,97%	17,07%	94,40%
95% - 100%	C	16	41,03%	100,00%	5,60%	100,00%
	TOTAL	39	100,00%		100,00%	

Figura 3.3 Resultados de la Clasificación ABC Línea Tubería PEAD Agua Potable

[Fuente: Elaboración Propia]

3.2 Resultados de comparación entre los métodos de pronósticos

En la Tabla 3.1 se resume la comparación entre cada método aplicado a través de indicadores de errores de pronósticos. Se seleccionó el método promedio móvil de dos períodos debido a que presentó el menor MAD en comparación a los demás y se ajustó muy bien al patrón de la demanda real del producto TUGA7451.

Tabla 3.1 Comparación de pronósticos TUGA7451

[Fuente: Elaboración Propia]

CÓDIGO	TUGA7451		
Método de Pronóstico Aplicado	MAD	MSE	MAPE (%)
Promedio móvil de dos períodos	13,08	226,88	19,86
Suavizamiento Exponencial Simple $\alpha = 0,10$	22,28	704,00	37,71
Suavizamiento Exponencial Doble $\alpha = 0,10$ y $\beta = 0,10$	22,60	719,55	38,39

En la Tabla 3.2 se resume la comparación de cada método aplicado a través de indicadores de errores de pronósticos. Se seleccionó el método de Holt o suavizamiento exponencial doble debido a que presentó el menor MAD en comparación a los demás y porque se ajustó muy bien al patrón de la demanda real del producto TAPA6002.

Tabla 3.2 Comparación de pronósticos TAPA6002

[Fuente: Elaboración Propia]

CÓDIGO	TAPA6002		
Método de Pronóstico Aplicado	MAD	MSE	MAPE (%)
Promedio móvil de dos períodos	18,63	647,77	15,94
Suavizamiento Exponencial Simple $\alpha = 0,10$	49,41	3035,70	42,50
Suavizamiento Exponencial Doble $\alpha = 0,10$ y $\beta = 0,10$	18,10	812,78	17,44

En la Tabla 3.3 se resume la comparación de cada método aplicado a través de indicadores de errores de pronósticos. Se seleccionó el método promedio móvil de dos periodos debido a que presentó el menor MAD en comparación a los demás y se ajustó muy bien al patrón de demanda real del producto MPRB1031.

Tabla 3.3 Comparación de pronósticos MPRB1031

[Fuente: Elaboración Propia]

CÓDIGO	MPRB1031		
	Método de Pronóstico Aplicado	MAD	MSE
Promedio móvil de dos períodos	129,54	24436,44	35,96
Suavizamiento Exponencial Simple $\alpha = 0,10$	192,51	49856,14	62,81
Suavizamiento Exponencial Doble $\alpha = 0,10$ y $\beta = 0,10$	175,86	43314,96	53,35

3.3 Resultados de la política (s, Q)

Luego de determinar los parámetros necesarios, se procedió a realizar los cálculos correspondientes de la política (s, Q) tomando como ejemplo el producto TAPA6002 que corresponde a la línea tubería azul PEAD para agua potable. En la Tabla 3.4 se detallan los datos del producto TAPA6002.

Tabla 3.4 Datos del producto TAPA6002

[Fuente: Elaboración Propia]

Variables	Datos	Unidades
D	144	rollos/mes
σ_D	22,63	rollos/mes
S	159	\$/orden
c	29,28	\$/rollo
i	0,12	%/mes
L	0,17	meses
Nivel de Servicio deseado	90	%
k	1,28	N/A

$$Q = \sqrt{\frac{2SD}{H}} = \sqrt{\frac{2SD}{i * c}} = \sqrt{\frac{2(159)(144)}{(0,12)(29,28)}} = 114.16 \cong 115 \text{ rollos}$$

$$s = D_L + SS = (D)(L) + k\sigma_D\sqrt{L} = (144)(0,17) + (1,28)(22,63)(\sqrt{0,17}) = 36 \text{ rollos}$$

Luego de realizar los cálculos correspondientes a la política (s, Q) para el producto TAPA6002, se procedió a interpretar su resultado, lo cual significa que cada vez que el nivel del inventario disponible del producto esté por debajo de 36 rollos se procederá a generar una orden de 115 rollos para abastecer el nivel de su inventario disponible. A continuación, se muestra en la Figura 3.4 los resultados de haber realizado la política (s, Q) para cada producto tipo A.

Política (s, Q)		
CÓDIGO	Punto de Reorden	Cantidad a ordenar
	s	Q
TUGA7451	21	34
TAPA6002	36	115
TAPA6252	6	14
TAPA6012	13	54
MMIB2051	31	34
MMIB2031	76	78
MPRB1031	172	257
MPRB1171	19	36
MMIB2011	82	136
MMUM3081	19	34
MPRB1161	14	32
MPRB1041	83	156
MPRB1141	27	52
MPRB1061	72	160
MMUM3061	16	44
MPRB1101	61	108
MPRB1071	41	115
MPRB1151	9	28

Figura 3.4 Resultados de la Política (s, Q) para los productos tipo A

[Fuente: Elaboración Propia]

Se realizó una simulación de la política (s, Q) para cada producto tipo A considerando la demanda durante el periodo de junio 2020 hasta mayo 2021. Posteriormente se comparó con el escenario actual de la compañía para comprobar el número de desabastecimiento entre ambos escenarios. En la Figura 3.5 se muestra la situación actual del producto MPRB1171 donde se evidenció en 10 ocasiones desabastecimiento durante el período establecido.

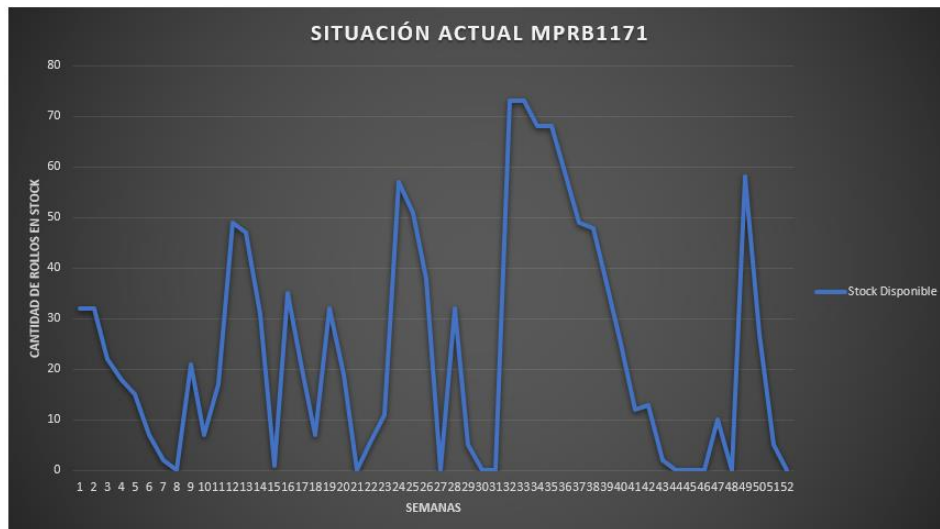


Figura 3.5 Situación actual del producto MPRB1171

[Fuente: Elaboración Propia]

En la Figura 3.6 se muestra la simulación propuesta aplicando la política (s, Q) donde no se evidenció ningún desabastecimiento durante el período establecido.



Figura 3.6 Simulación Propuesta del producto MPRB1171

[Fuente: Elaboración Propuesta]

En la Figura 3.7 se muestra la comparación entre el escenario actual de la compañía y el escenario propuesto aplicando la política (s, Q) para los 18 productos tipo A con el objetivo de comprobar el número de desabastecimiento durante el período de junio 2020 hasta mayo 2021.

CÓDIGO	STOCKOUTS	
	Actual	Propuesto
TUGA7451	8	0
TAPA6002	3	0
TAPA6252	8	0
TAPA6012	0	0
MMIB2051	11	0
MMIB2031	9	0
MPRB1031	5	0
MPRB1171	10	0
MMIB2011	15	0
MMUM3081	2	0
MPRB1161	2	0
MPRB1041	9	0
MPRB1141	3	0
MPRB1061	3	0
MMUM3061	6	0
MPRB1101	3	0
MPRB1071	5	0
MPRB1151	3	0

Figura 3.7 Resultados de la simulación entre ambos escenarios

[Fuente: Elaboración Propia]

3.4 Resultados de los objetivos sostenibles

Se estableció en la primera etapa del proyecto los objetivos sostenibles correspondientes a los aspectos económico, ambiental y social. En la Figura 3.8 se muestra los objetivos sostenibles y sus respectivas métricas.

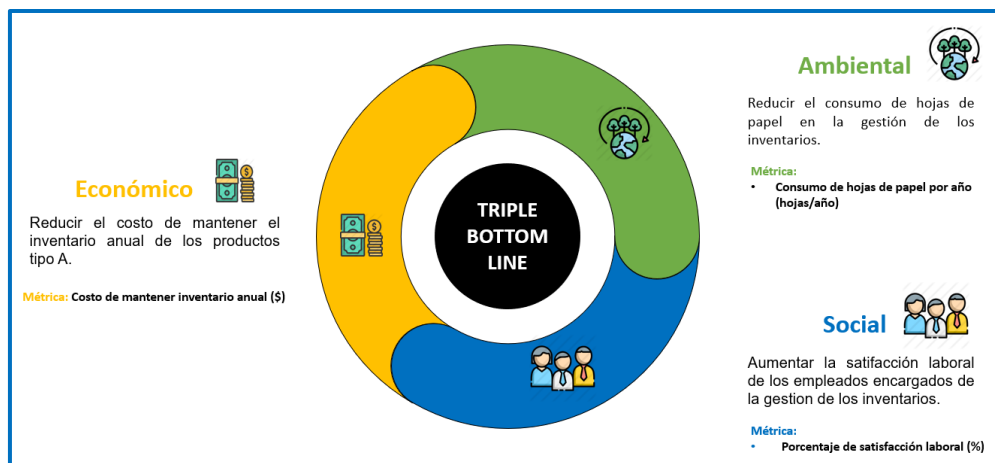


Figura 3.8 Objetivos sostenibles del proyecto

[Fuente: Elaboración Propia]

3.4.1 Aspecto Económico

En el aspecto económico se tuvo como objetivo reducir el costo de mantener el inventario anual de los productos tipo A cuya métrica corresponde al costo de mantener el inventario anual. En la Figura 3.9 se muestra la comparación de los resultados obtenidos entre el escenario actual de la compañía y la simulación de la política propuesta considerando la misma demanda en ambos escenarios desde junio 2020 hasta mayo 2021.

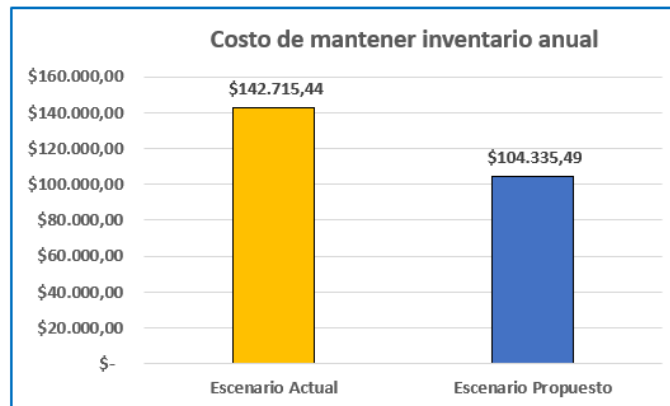


Figura 3.9 Comparación de resultados en el aspecto económico

[Fuente: Elaboración Propia]

3.4.2 Aspecto Ambiental

En el aspecto ambiental se tuvo como objetivo reducir el consumo de hojas de papel en la gestión de los inventarios cuya métrica corresponde al consumo de hojas de papel por año. En la Figura 3.10 se muestra la comparación de los resultados obtenidos entre el escenario actual de la compañía (registros físicos) y el escenario propuesto (sistema de control de inventarios en Excel).

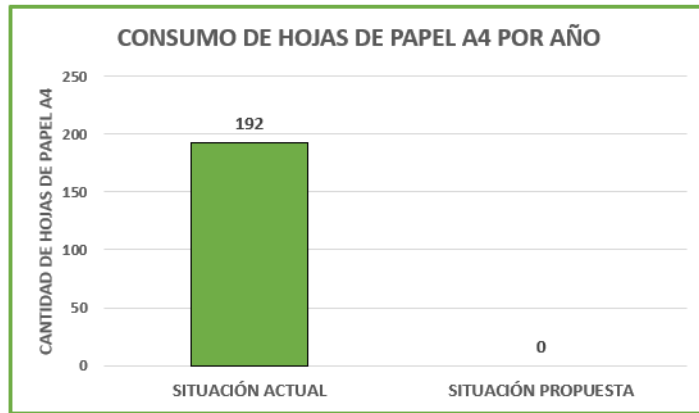


Figura 3.10 Comparación de los resultados en el aspecto ambiental

[Fuente: Elaboración Propia]

3.4.3 Aspecto Social

En el aspecto social se tuvo como objetivo aumentar la satisfacción laboral de los empleados encargados de la gestión de los inventarios cuya métrica corresponde al porcentaje de satisfacción laboral. Se realizaron encuestas para medir la satisfacción laboral de los encargados, se obtuvo un incremento del 60% para el escenario propuesto (sistema de control de inventarios en Excel) en comparación con el escenario actual (registros y conteos físicos), tal como se muestra en la Figura 3.11.

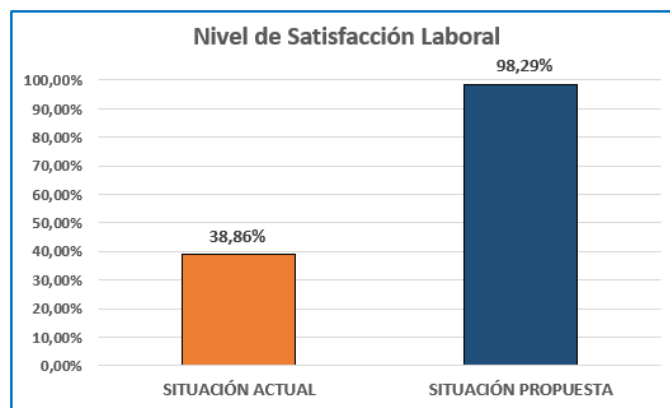


Figura 3.11 Comparación de los resultados en el aspecto social

[Fuente: Elaboración Propia]

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La política (s, Q) implementada en el prototipo contribuye a reducir los desabastecimientos de los productos tipo A según los resultados obtenidos durante la simulación, donde no se evidenciaron desabastecimiento con la aplicación de esta política en comparación con el escenario actual.
- El sistema de control de inventarios diseñado en Excel permitirá al usuario monitorear de manera constante el nivel de stock y el movimiento de los productos tipo A.
- La implementación del prototipo contribuirá en reducir un 26,89% los costos de mantener el inventario anual destinados a los productos tipo A de la compañía, según los resultados obtenidos durante la simulación.
- La implementación del prototipo contribuirá en reducir un 100% el consumo de hojas de papel A4, los cuales son utilizados en el escenario actual para los registros físicos.
- La implementación del prototipo contribuirá en aumentar la satisfacción laboral de los encargados en la gestión de los inventarios en un 60% según los resultados obtenidos de las encuestas realizadas.
- La solución propuesta fue capaz de satisfacer las necesidades del cliente de la compañía considerando los requerimientos y restricciones de diseño.

4.2 Recomendaciones

- Se debe realizar la clasificación ABC de productos cada 6 meses para identificar si existen cambios con respecto a los productos que generan la mayor rentabilidad en ventas para la compañía.
- Se recomienda analizar periódicamente el comportamiento de la demanda de los productos terminados con la finalidad de identificar tendencia, estacionalidad a lo largo del tiempo.

- Se recomienda agregar los accesorios de tuberías y mangueras a la base de datos del prototipo, para realizar un mejor control de su inventario de la misma manera que se llevó a cabo para el control de los productos terminados.
- Se recomienda utilizar indicadores sobre la gestión de inventarios para obtener mediciones con el propósito de establecer futuros proyectos de mejoras.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco Central del Ecuador. (27 de Julio de 2021). *Banco Central del Ecuador*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- Burge, S. (2009). Pugh Matrix (PM). *The Systems Engineering Tool Box*, 1-15. Obtenido de <https://www.burgehugheswalsh.co.uk/uploaded/1/documents/pugh-matrix-v1.1.pdf>
- Gómez, R., & Medina, P. (2012). El Seis Sigma en la cadena de suministro. 36-42. Recuperado el 7 de Julio de 2021, de <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/673/679>
- Gutiérrez, H., & Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: Mc Graw Hill. Recuperado el Julio de 2021, de <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones* (Séptima ed.). México: Pearson. Recuperado el 14 de Agosto de 2021, de <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/47cb70cab6ec78aa65b34e6c70ce8822.pdf>
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2007). *Administración de Operaciones Procesos y cadenas de valor*. México: Pearson. Recuperado el 14 de Agosto de 2021, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/566458/Administracion_De_Operaciones_-_LEE_J._K-comprimido.pdf
- Martín, D. (30 de Abril de 2017). *Estrategia Práctica*. Obtenido de <https://www.estrategiapractica.com/matriz-prioridades-guia-practica/>
- Trías, M., González, P., Fajardo, S., & Flores, L. (2009). Las 5W+H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos. *Laboratorio Tecnológico del Uruguay*, P. 22. Recuperado el 7 de Julio de 2021, de <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC->

Gestion/article/download/5/4/#:~:text=La%20W%2BH%20es%20una,)%20y%20c%C3%B3mo%20(HOW).

Vidal Holguín, C. (2010). *Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios*. Cali: Programa Editorial. Recuperado el 14 de Agosto de 2021, de <https://docplayer.es/71463328-Fundamentos-de-control-y-gestion-de-inventarios.html>

Zapata Cortes, J. A. (2014). *Fundamentos de la Gestión de Inventarios*. Colombia: Esumer. Recuperado el 8 de Julio de 2017, de <https://docplayer.es/27441395-Fundamentos-de-la-gestion-de-inventarios.html>

ANEXOS

ANEXO A

Clasificación ABC Línea Manguera Flex

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Valor Total	Clasificación
MMIB2051	MANGUERA FLEX B/D 2" X 120KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	\$184.206,98	A
MMIB2031	MANGUERA FLEX B/D 1" X 50KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	\$182.141,06	A
MPRB1031	MANGUERA 1/2" X 13KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	\$127.399,54	A
MPRB1171	MANGUERA 3" X 80KG X 50M X 105PSI (R/VERDE)	\$98.563,09	A
MMIB2011	MANGUERA FLEX B/D 1/2 X 21KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	\$96.890,45	A
MMUM3081	MANGUERA MULTIUSO 3" X 70KG X 50M X 60PSI (R/ROJA)	\$72.635,26	A
MPRB1161	MANGUERA 2" X 80KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)	\$69.480,32	A
MPRB1041	MANGUERA 1/2" X 15KG X 100M X 152PSI (R/AMARILLA)	\$63.374,66	A
MPRB1141	MANGUERA 1 1/2" X 45KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	\$59.510,22	A
MPRB1061	MANGUERA 3/4" X 14KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	\$58.449,81	A
MMUM3061	MANGUERA MULTIUSO 2" X 50KG X 100M X 60PSI (R/VERDE)	\$57.820,84	A
MPRB1101	MANGUERA 1" X 21KG X 100M X 105 PSI (R/VERDE)	\$50.814,44	A
MANG000231	MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 1 1/2" X 35KG X 120PSI X 100M	\$43.841,00	A
MPRB1071	MANGUERA 3/4 X 17KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)	\$42.716,28	A
MPRB1111	MANGUERA 1" X 24KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)	\$41.961,67	A
MPRB1151	MANGUERA 2" X 70KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	\$40.685,84	A
MANG000230	MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 16MM 0.4MPA 400M (REPR)	\$40.470,00	A
MANG000233	MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 2" X 50KG X 100PSI X 100M	\$37.665,00	A
MMUM3051	MANGUERA MULTIUSO 1 1/2" X 35KG X100M X 60PSI (R/VERDE)	\$36.061,49	B
MMIB2021	MANGUERA FLEX B/D 3/4 X 30KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	\$29.146,98	B
MMUM3031	MANGUERA MULTIUSO 1" X 18KG X 100M X 60PSI (R/ROJA)	\$28.029,22	B
MMIB2041	MANQUERA FLEX B/D 1 1/2" X 70KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)	\$27.200,58	B
MPRB1021	MANGUERA 1/2" X 10KG X 100M X 90PSI (R/ROJA)	\$25.996,02	B
MMIB2061	MANGUERA FLEX B/D 3" X 120KG X 50M X 180PSI (R/NARANJA)	\$24.447,00	B
MRAB4011	MANGUERA RIEGO 16MM 0.4MPA X 400M X 22.00KG (R/AZUL)	\$23.869,98	B
MMIB2071	MANGUERA FLEX B/D 4" X 120KG X 25M X 180PSI (R/NARANJA)	\$21.227,52	B
MMUM3071	MANGUERA MULTIUSO 2" X 60KG X 100M X 70PSI (R/ROJA)	\$19.806,40	B
MANG000232	MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 1/2" X 13KG 150PSI X 100M	\$19.717,75	B
MANG000235	MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 1"X18KG 120PSI 100M	\$18.089,50	B
MMUM3021	MANGUERA MULTIUSO 3/4" X 12KG X 100M X 60PSI (R/ROJA)	\$16.418,43	B
MANG000234	MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 3/4" X 14KG 180PSI X 100M	\$14.317,10	C

MPRB1181	MANGUERA 4" X 80KG X 25M X 105PSI (R/VERDE)	\$11.360,41	C
MPRB1011	MANGUERA 1/2" X 8KG X 100M X 70PSI (R/AZUL)	\$10.910,02	C
MMUM3011	MANGUERA MULTIUSO 1/2" X 7KG X 100M X 60PSI (R/ROJA)	\$10.903,76	C
MMUM3091	MANGUERA MULTIUSO 4" X 70KG X 25M X 60PSI (R/ROJA)	\$9.622,31	C
MANG000237	MANGUERA PUNTA VERDE PREMIUN B/D 1/2" X 7KG 120PSI 100M	\$9.363,55	C
MMUM3041	MANGUERA MULTIUSO 1 1/4 X 27KG X 100M X 60PSI (R/ROJA)	\$6.405,72	C
MANG000238	MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 3/4"X12KG 120PSI X100M	\$6.391,20	C
MPRB1051	MANGUERA 1/2" X 16KG X 100M X 160PSI (R/AMARILLA)	\$6.040,00	C
MPRB1081	MANGUERA PRESION 3/4" X 20KG X 152PSI 100M (RAYA/AZUL)	\$3.312,40	C
MPRB1131	MANGUERA 1 1/4" X 35KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)	\$3.155,57	C
MPRB1121	MANGUERA 1" X 35KG X 100M X 150PSI (R/AZUL)	\$2.328,30	C
MRAB4041	HIDROFLEX 16MM X 200M X 22KG X 0.4 MPA LINEA AZUL TITAN	\$1.568,40	C
MRAB4001	MANGUERA RIEGO 16MM 0.32MPA X 200M X 11KG (RAYA/AZUL) TITAN	\$1.305,00	C
MMUM3101	MANGUERA MULTIUSO 1 1/2" X 30KG X 100M (R/ROJA)	\$90,00	C
MRAB4501	MANGUERA FLEX BOFLEX 20MM X 100M - 0.25MPA R/AZUL	\$50,00	C
MRAB4071	HIDROFLEX 20MM X 100M X 9KG X 0.4 MPA LINEA AZUL	\$30,00	C
MGAM0011	MANGUERA GRADO ALIMENTICIO 1/2" X 80 PSI 9.5KG 100M	\$28,21	C

Productos Tipo A Línea Mangueras Flex

N	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
1	MAKE TO STOCK	MMIB2051 MANGUERA FLEX B/D 2" X 120KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)
2	MAKE TO STOCK	MMIB2031 MANGUERA FLEX B/D 1" X 50KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)
3	MAKE TO STOCK	MPRB1031 MANGUERA 1/2" X 13KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)
4	MAKE TO STOCK	MPRB1171 MANGUERA 3" X 80KG X 50M X 105PSI (R/VERDE)
5	MAKE TO STOCK	MMIB2011 MANGUERA FLEX B/D 1/2 X 21KG X 100M X 180PSI (R/NARANJA)
6	MAKE TO STOCK	MMUM3081 MANGUERA MULTIUSO 3" X 70KG X 50M X 60PSI (R/ROJA)
7	MAKE TO STOCK	MPRB1161 MANGUERA 2" X 80KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)
8	MAKE TO STOCK	MPRB1041 MANGUERA 1/2" X 15KG X 100M X 152PSI (R/AMARILLA)
9	MAKE TO STOCK	MPRB1141 MANGUERA 1 1/2" X 45KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)
10	MAKE TO STOCK	MPRB1061 MANGUERA 3/4" X 14KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)
11	MAKE TO STOCK	MMUM3061 MANGUERA MULTIUSO 2" X 50KG X 100M X 60PSI (R/VERDE)
12	MAKE TO STOCK	MPRB1101 MANGUERA 1" X 21KG X 100M X 105 PSI (R/VERDE)
13	MAKE TO ORDER	MANG000231 MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 1 1/2" X 35KG X 120PSI X 100M
14	MAKE TO STOCK	MPRB1071 MANGUERA 3/4 X 17KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)
15	MAKE TO ORDER	MPRB1111 MANGUERA 1" X 24KG X 100M X 125PSI (R/AMARILLA)
16	MAKE TO STOCK	MPRB1151 MANGUERA 2" X 70KG X 100M X 105PSI (R/VERDE)
17	MAKE TO ORDER	MANG000230 MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 16MM 0.4MPA 400M (REPR)
18	MAKE TO ORDER	MANG000233 MANGUERA PUNTA VERDE FLEX PREMIUN 2" X 50KG X 100PSI X 100M

Clasificación ABC Línea Tubería Negra PEAD Uso General

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Valor Total	Clasificación ABC
TUGA7451	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 12M	\$106.976,39	A
TUGA7461	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM 1.6 MPA (232 PSI) USO GENERAL 12M	\$51.929,84	A
TUGA6882	TUBO PEAD NEGRA 200MMX 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 12M	\$37.292,67	A
TUGA6592	TUBERIA NEGRA PEAD 110MM 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 50M	\$33.904,18	A
TUGA7821	TUBERÍA NEGRA PEAD 160MM 1,60MPA USO GENERAL X 11.90M	\$22.408,52	A
TUGA6972	TUBERIA NEGRA PEAD 250MM X 1.6MPA X 11.90M PARA USO GENERAL	\$18.448,57	B
TUGA6892	TUBERIA PEAD NEGRA 200MM 1.6MPA (232PSI) USO GENERAL 12M	\$16.525,19	B
TUGA8463	TUBERIA NEGRA PEAD 90MM X 1.60 MPA AGUA POTABLE 100 MTS.	\$9.860,00	B
TUGA8282	TUBERIA NEGRA PEAD 110MM 1.6MPA USO GENERAL 11.90M	\$6.679,43	B
TUGA6562	TUBERIA NEGRA 110MM X 1MPA (145PSI) USO GENERAL 50M	\$6.171,00	B
TUGA8062	TUBERIA NEGRA PEAD 250MM X 1.60 MPA USO GENERAL 12M.	\$5.259,71	B
TUGA6512	TUBERIA NEGRA PEAD 110MM X 0.63MPA (91 PSI) USO GENERAL 50M	\$4.812,50	C
TUGA7231	TUBERÍA NEGRA PEAD 63MM 1,0MPA USO GENERAL X 100M	\$3.890,04	C
TUGA8462	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM 1.6MPA USO GENERAL 6M	\$1.850,00	C
TUGA6462	TUBERIA PEAD NEGRA 90MM X 1.60MPA (232PSI) USO GENERAL X 12M	\$1.796,64	C
TUGA8302	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM 1.0MPA USO GENERAL 11.90M	\$1.410,31	C
TUGA8262	TUBERIA NEGRA 110MM 1.0MPA USO GENERAL 11.90M	\$1.356,60	C
TUGA7441	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM 1.0MPA (145PSI) USO GENERAL X 12M	\$1.173,04	C
TUGA7831	TUBERIA NEGRA PEAD 63MM 2.0MPA USO GENERAL X 6M R/AZUL	\$1.125,00	C
TUGA7221	TUBERÍA NEGRA PEAD 63MM 0,8MPA USO GENERAL X 100M	\$854,36	C
TUGA6532	TUBERIA NEGRA PEAD 110MM X 0.80MPA (116PSI) USO GENERAL X 50M	\$326,37	C
TUGA6750	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM X 1.0MPA USO GENERAL X 6M	\$297,36	C
TUGA6582	TUBERIA PEAD NEGRA 110MM 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 25M	\$280,16	C
TUGA7261	TUBERIA NEGRA PEAD 75MM X 1.0MPA USO GENERAL 100M	\$256,20	C
TUGA6342	TUBERIA NEGRA PEAD 75MM X 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL X 50M	\$168,22	C

Productos Tipo A Línea Tubería Negra PEAD Uso General

N	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
1	MAKE TO STOCK TUGA7451	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 12M
2	MAKE TO ORDER TUGA7461	TUBERIA NEGRA PEAD 160MM 1.6 MPA (232 PSI) USO GENERAL 12M
3	MAKE TO ORDER TUGA6882	TUBERIA PEAD NEGRA 200MMX 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 12M
4	MAKE TO ORDER TUGA6592	TUBERIA NEGRA PEAD 110MM 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 50M
5	MAKE TO ORDER TUGA7821	TUBERÍA NEGRA PEAD 160MM 1,60MPA USO GENERAL X 11.90M

Clasificación ABC Línea Tubería Azul PEAD Agua Potable

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Valor Total	Clasificación
TAPA6002	TUBERIA AZUL PEAD 20MM X1.60MPA (232PSI) AGUA POTABLE X100M	\$66.424,48	A
TAPA6672	TUBERIA PEAD AZUL 200M X 0.80MPA (116PSI) USO GENERAL X 12M	\$41.916,96	A
TAPA6982	TUBERIA AZUL PEAD 250MM X 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 12M	\$41.032,83	A
TAPA6512	TUBERIA AZUL PEAD 110MM X1,0 MPA (145PSI) AGUA POTABLE X50M	\$34.080,26	A
TAPA6202	TUBERIA AZUL PEAD 63MM X 0.63MPA (91PSI) USO GENERAL X 100M	\$28.388,00	A
TAPA7212	TUBERIA AZUL PEAD 90MM X1,0 MPA (145PSI) AGUA POTABLE 100M	\$25.820,11	A
TAPA6252	TUBERIA AZUL PEAD 63MM X 1.0MPA (145PSI) USO GENERAL X 100M	\$25.733,95	A
TAPA6012	TUBERIA AZUL PEAD 20MM X2.0MPA (290PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$19.413,30	A
TAPA6332	TUBERIA AZUL PEAD 110MM X 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL X 50M	\$19.329,81	A
TAPA6492	TUBERÍA AZUL PEAD 110MM 0,80MPA AGUA POTABLE X 50M	\$18.452,50	A
TAPA6242	TUBERIA AZUL PEAD 63MM X1,0 MPA (145PSI) AGUA POTABLE X50M	\$15.917,00	A
TAPA6682	TUBERIA PEAD AZUL 200MM X 1MPA X 12 METROS	\$15.357,60	A
TAPA6422	TUBERIA AZUL PEAD 90MM 1.0MPA AGUA POTABLE 74.02KG X 50MM	\$13.167,33	A
TAPA6072	TUBERIA AZUL PEAD 32MM X 1.60MPA (232PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$12.707,91	B
TAPA6782	TUBERIA AZUL PEAD 160MM X 1.25 MPA (181PSI) USO GENERAL X 12M	\$9.084,50	B
TAPA6032	TUBERIA AZUL PEAD 25MM X 1.60MPA (232PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$9.044,12	B
TAPA6772	TUBERIA AZUL PEAD 160MM X 1.0MPA (145PSI) USO GENERAL X 12M	\$9.041,76	B
TAPA6022	TUBERIA AZUL PEAD 25MM X 1.25MPA (181PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$8.455,89	B
TAPA6392	TUBERIA AZUL PEAD 110MM 1.25MPA (181MPA) USO AGUA POTABLE 25M	\$7.646,39	B
TAPA6172	TUBERIA AZUL PEAD 50MM X 1.25MPA (181PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$6.987,37	B
TAPA6272	TUBERIA AZUL PEAD 63MM X 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL X 100M	\$6.003,02	B
TAPA6323	TUBERIA AZUL PEAD 90MM 1.25MPA AGUA POTABLE 90.31KG X 50M	\$5.854,19	B
TAPA6152	TUBERIA AZUL PEAD 50MM X 0.80MPA (116PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$5.759,94	B
TAPA6062	TUBERIA AZUL PEAD 32MM X 1.25MPA (181PSI) AGUA POTABLE X100M	\$4.445,13	C
TAPA6162	TUBERIA AZUL PEAD 50MM X 1.0MPA (145PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$3.495,02	C
TAPA6052	TUBERIA AZUL PEAD 32MM X 1.0MPA (145PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$3.420,74	C
TAPA6762	TUBERIA PEAD AZUL 160MM X 0.80MPA (116PSI) USO GENERAL X 12M	\$2.431,32	C
TAPA6142	TUBERIA AZUL PEAD 50MM X 0.63MPA (91PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$2.207,42	C
TAPA6262	TUBERIA AZUL PEAD 75MM X 1.0MPA AGUA POTABLE X 100M	\$1.774,83	C
TAPA6102	TUBERIA AZUL PEAD 40MM X 1.0MPA (145PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$1.696,51	C
TAPA6462	TUBERIA AZUL PEAD 200X11.90MM 1.00MPA (145PSI) USO AGUA POTABLE 11.90M	\$1.661,76	C
TAPA6112	TUBERIA AZUL PEAD 40MM X 1.25MPA (181PSI) AGUA POTABLE X 100M	\$1.227,00	C
TAPA6392	TUBERIA AZUL PEAD 75MM X 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL X 100M	\$1.139,22	C
TAPA7303	TUBERIA PEAD AZUL DE 450MM X 1MPA X 6 MESTROS	\$929,40	C

TAPA6013	TUBERIA PEAD AZUL 20MM 2.0 MPA (190 PSI) 6 MT AGUA POTABLE	\$807,04	C
TAPA6102A	TUBERIA AZUL PEAD 40MM X 0.80MPA (116PSI) AGUA POTABLE X100M	\$695,88	C
TAPA6362	TUBERIA AZUL PEAD 110MM 1.0MPA AGUA POTABLE X 25M	\$443,43	C
TAPA6862	TUBERÍA AZUL PEAD 32MM 1,6MPA AGUA POTABLE X 6M	\$27,87	C
TAPA6852	TUBERÍA AZUL PEAD 25MM 1,6MPA AGUA POTABLE X 6M	\$19,35	C

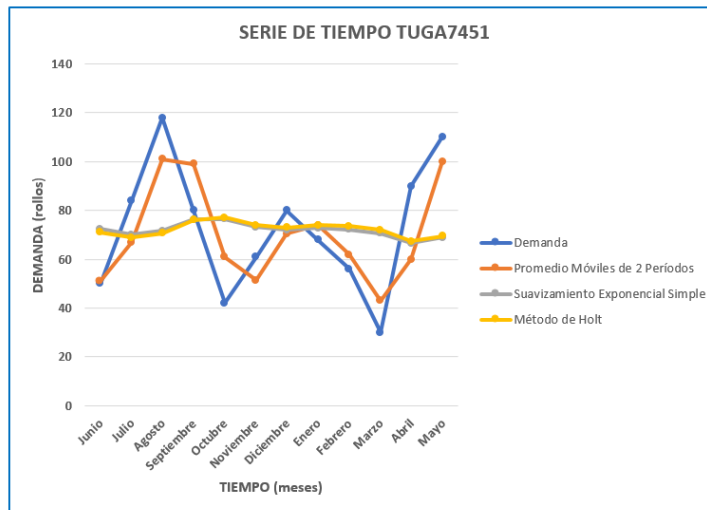
Productos Tipo A Línea Tubería Azul PEAD Agua Potable

N		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
1	MAKE TO STOCK	TAPA6002	TUBERIA AZUL PEAD 20MM X1.60MPA (232PSI) AGUA POTABLE X100M
2	MAKE TO ORDER	TAPA6672	TUBERIA PEAD AZUL 200M X 0.80MPA (116PSI) USO GENERAL X 12M
3	MAKE TO ORDER	TAPA6982	TUBERIA AZUL PEAD 250MM X 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL 12M
4	MAKE TO ORDER	TAPA6512	TUBERIA AZUL PEAD 110MM X1,0 MPA (145PSI) AGUA POTABLE X50M
5	MAKE TO ORDER	TAPA6202	TUBERIA AZUL PEAD 63MM X 0.63MPA (91PSI) USO GENERAL X 100M
6	MAKE TO ORDER	TAPA7212	TUBERIA AZUL PEAD 90MM X1,0 MPA (145PSI) AGUA POTABLE 100M
7	MAKE TO STOCK	TAPA6252	TUBERIA AZUL PEAD 63MM X 1.0MPA (145PSI) USO GENERAL X 100M
8	MAKE TO STOCK	TAPA6012	TUBERIA AZUL PEAD 20MM X2.0MPA (290PSI) AGUA POTABLE X 100M
9	MAKE TO ORDER	TAPA6332	TUBERIA AZUL PEAD 110MM X 1.25MPA (181PSI) USO GENERAL X 50M
10	MAKE TO ORDER	TAPA6492	TUBERÍA AZUL PEAD 110MM 0,80MPA AGUA POTABLE X 50M
11	MAKE TO ORDER	TAPA6242	TUBERIA AZUL PEAD 63MM X1,0 MPA (145PSI) AGUA POTABLE X50M
12	MAKE TO ORDER	TAPA6682	TUBERIA PEAD AZUL 200MM X 1MPA X 12 METROS
13	MAKE TO ORDER	TAPA6422	TUBERIA AZUL PEAD 90MM 1.0MPA AGUA POTABLE 74.02KG X 50MM

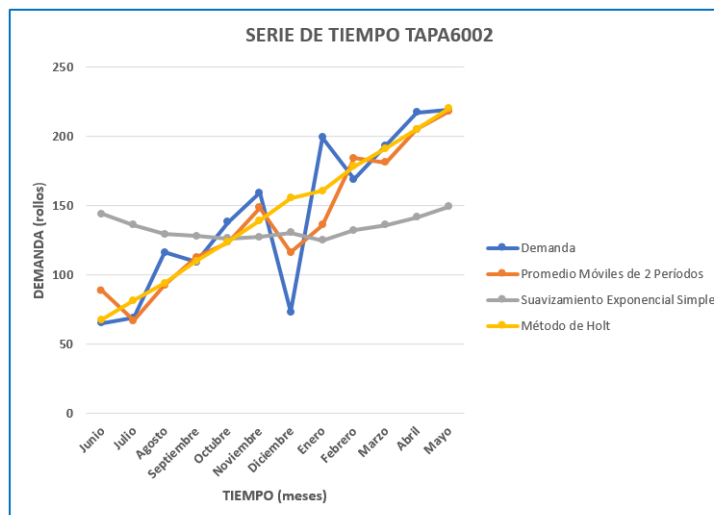
ANEXOS B

Comparación de los métodos de pronósticos para los productos tipo A

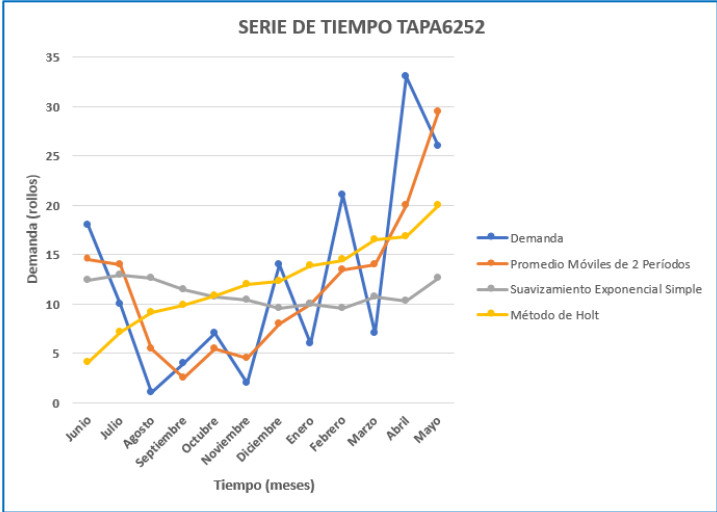
SERIE DE TIEMPO TUGA7451



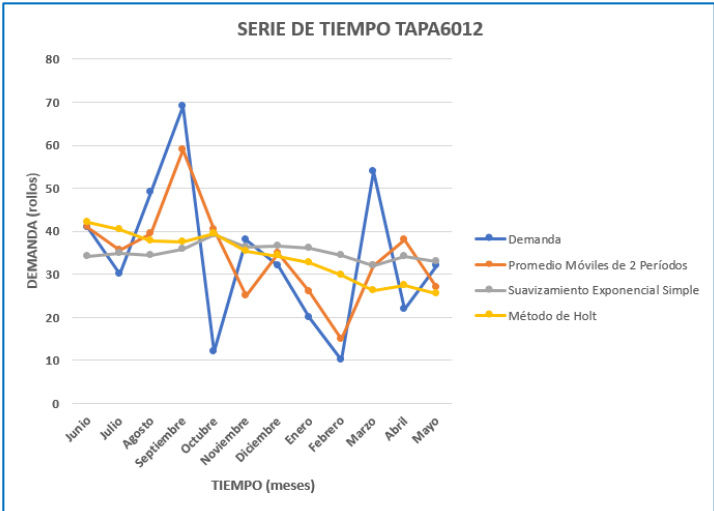
SERIE DE TIEMPO TAPA6002



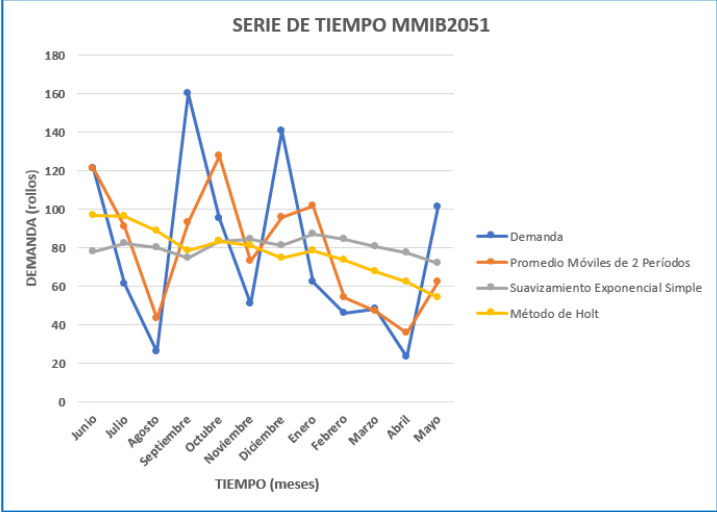
SERIE DE TIEMPO TAPA6252



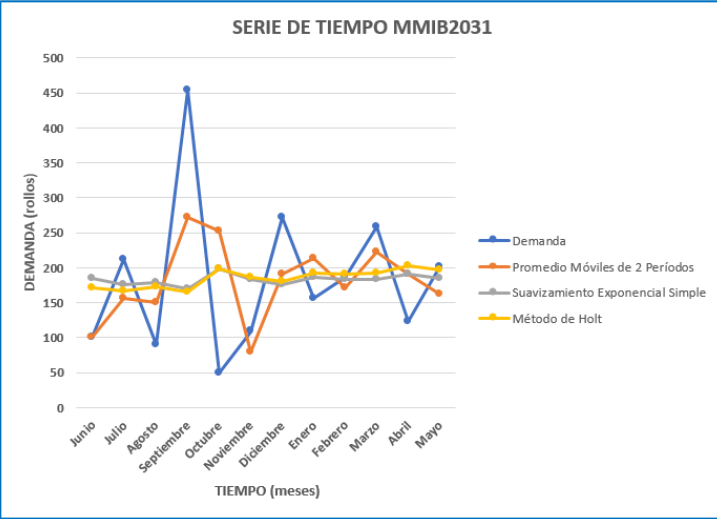
SERIE DE TIEMPO TAPA6012



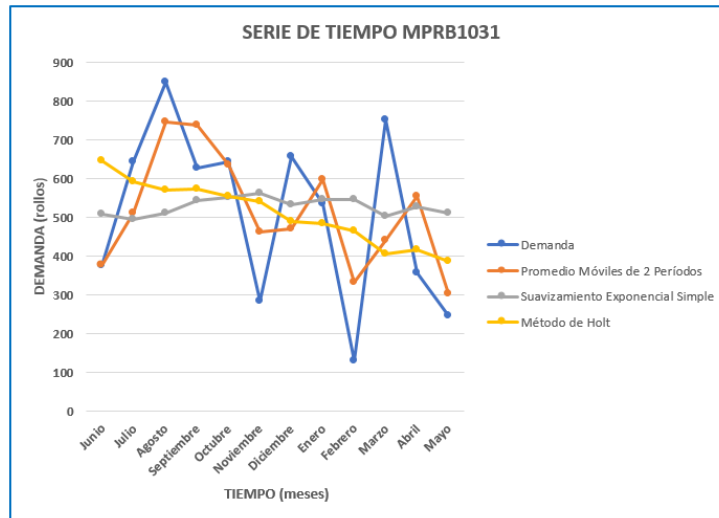
SERIE DE TIEMPO MMIB2051



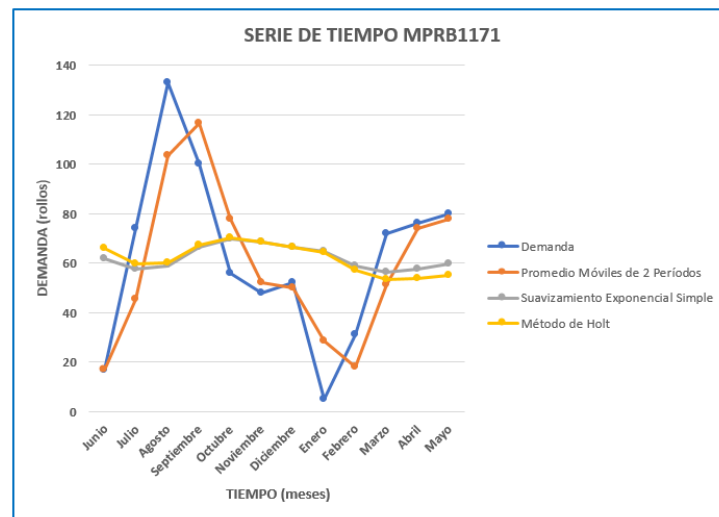
SERIE DE TIEMPO MMIB2031



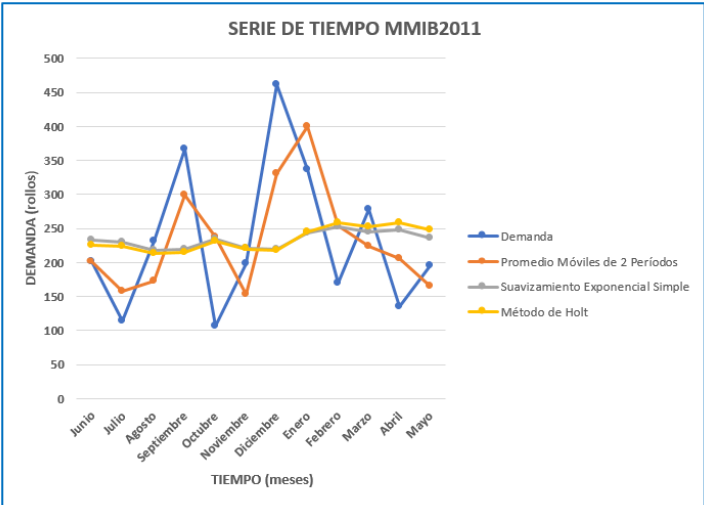
SERIE DE TIEMPO MPRB1031



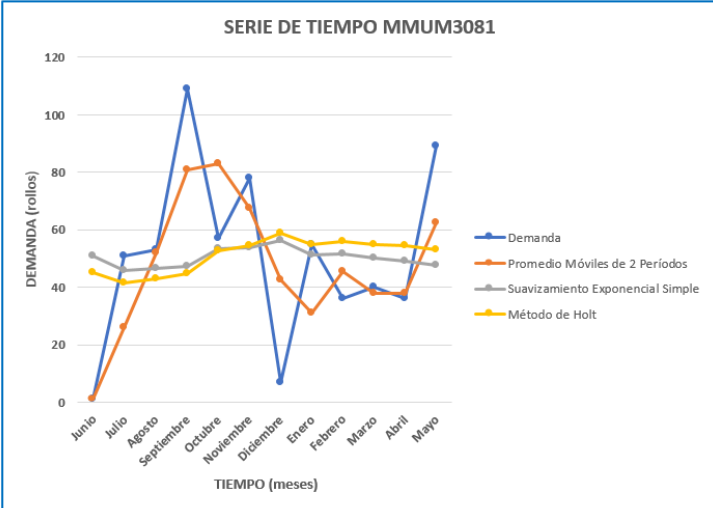
SERIE DE TIEMPO MPRB1171



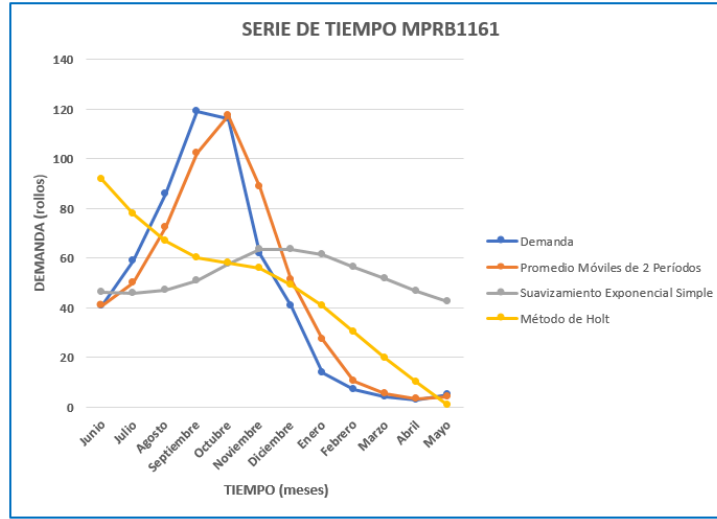
SERIE DE TIEMPO MMIB2011



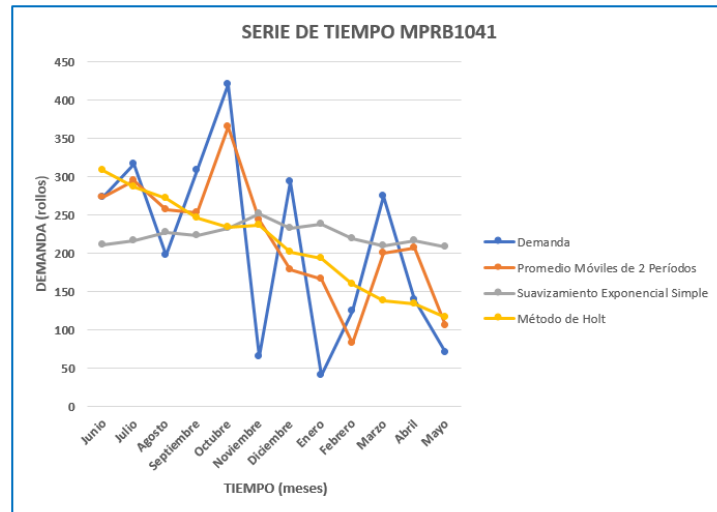
SERIE DE TIEMPO MMUM3081



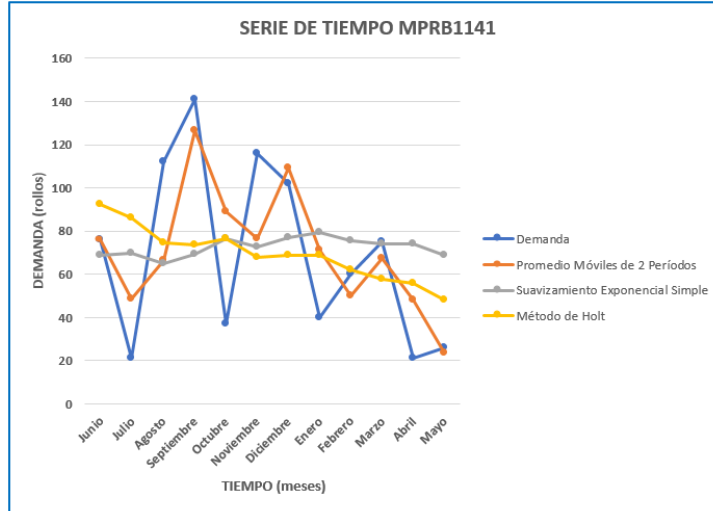
SERIE DE TIEMPO MPRB1161



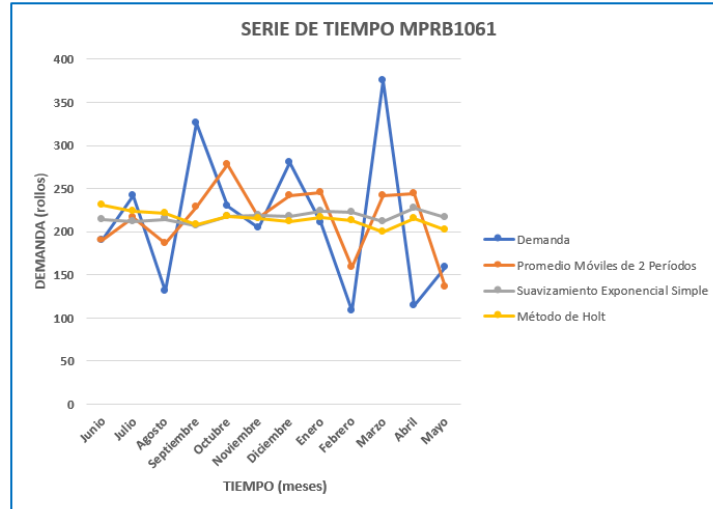
SERIE DE TIEMPO MPRB1041



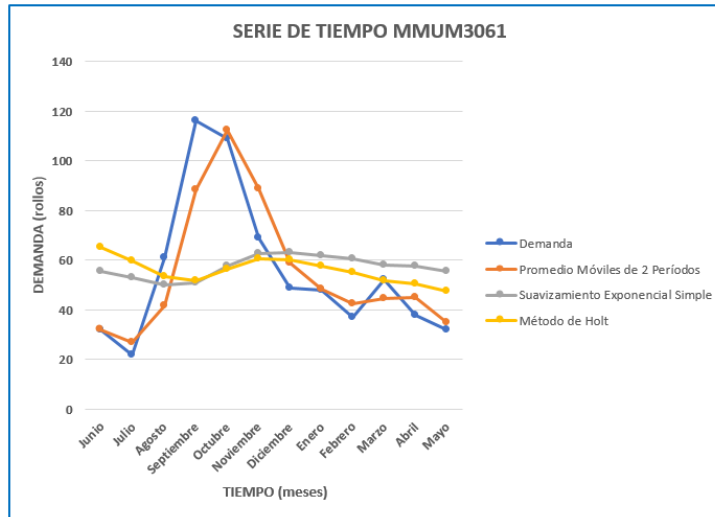
SERIE DE TIEMPO MPRB1141



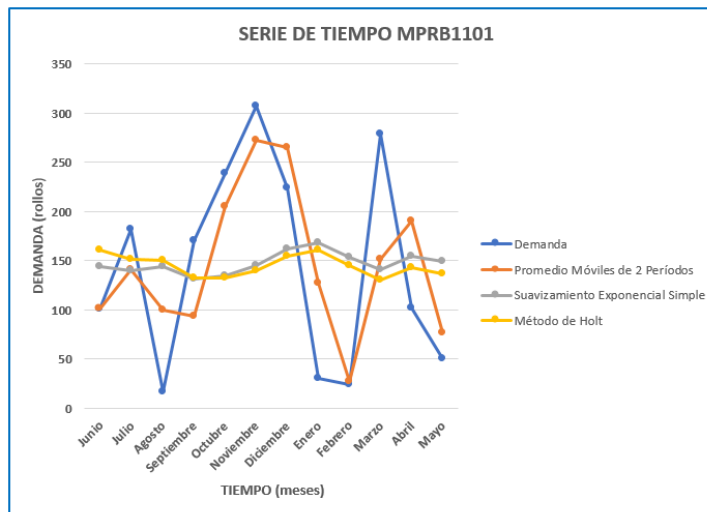
SERIE DE TIEMPO MPRB1061



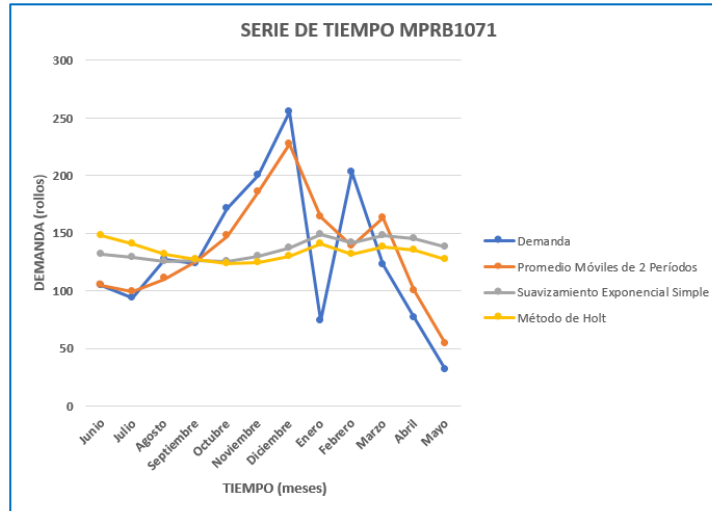
SERIE DE TIEMPO MMUM3061



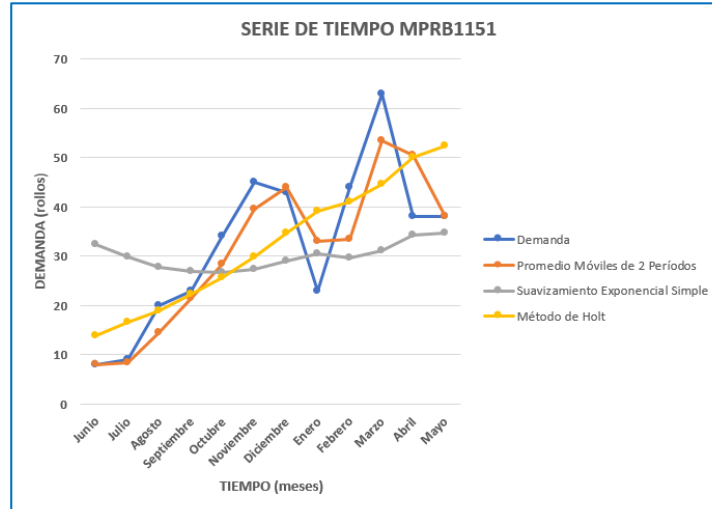
SERIE DE TIEMPO MPRB1101



SERIE DE TIEMPO MPRB1071



SERIE DE TIEMPO MPRB1151



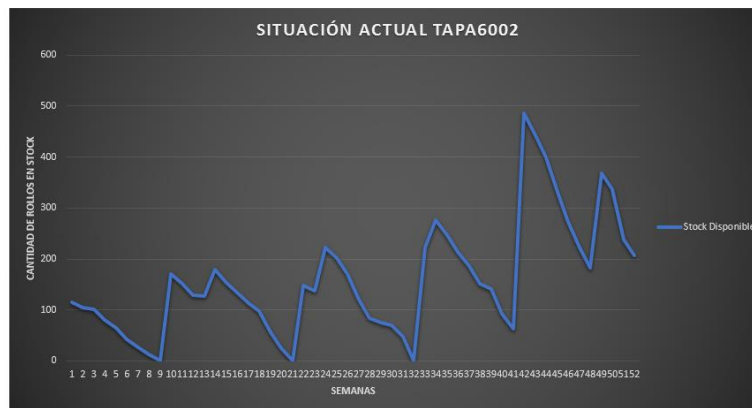
ANEXO C

Escenario actual del nivel del inventario de los productos tipo A

SITUACIÓN ACTUAL TUGA7451



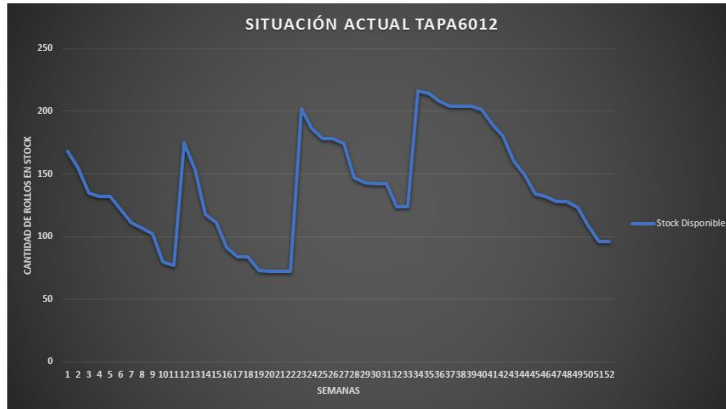
SITUACIÓN ACTUAL TAPA6002



SITUACIÓN ACTUAL TAPA6252



SITUACIÓN ACTUAL TAPA6012



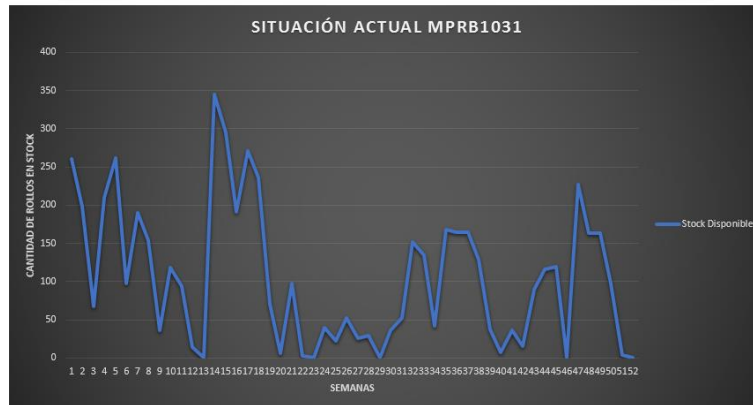
SITUACIÓN ACTUAL MMIB2051



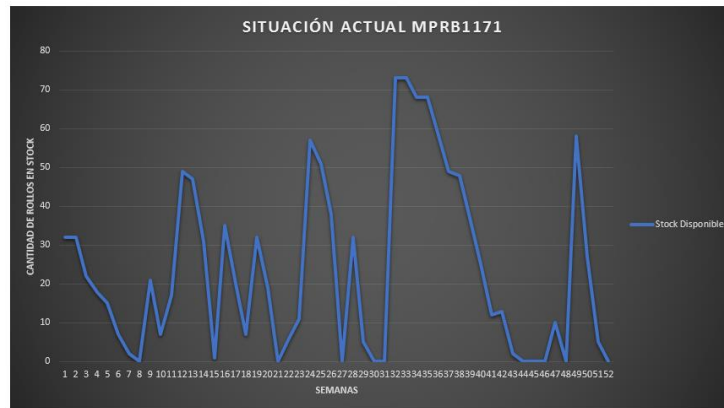
SITUACIÓN ACTUAL MMIB2031



SITUACIÓN ACTUAL MPRB1031



SITUACIÓN ACTUAL MPRB1171



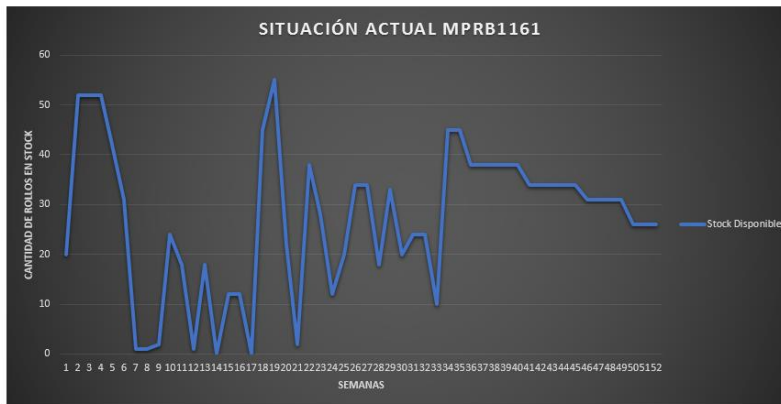
SITUACIÓN ACTUAL MMIB2011



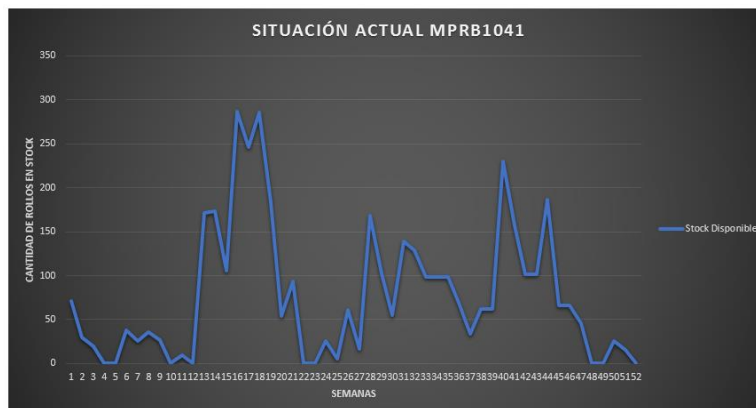
SITUACIÓN ACTUAL MMUM3081



SITUACIÓN ACTUAL MPRB1161



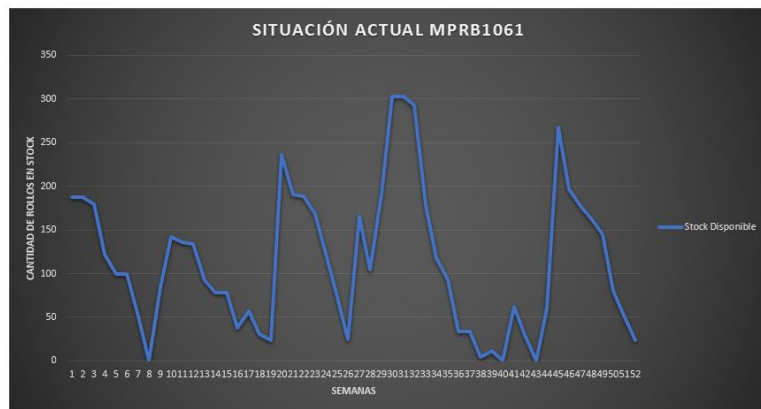
SITUACIÓN ACTUAL MPRB1041



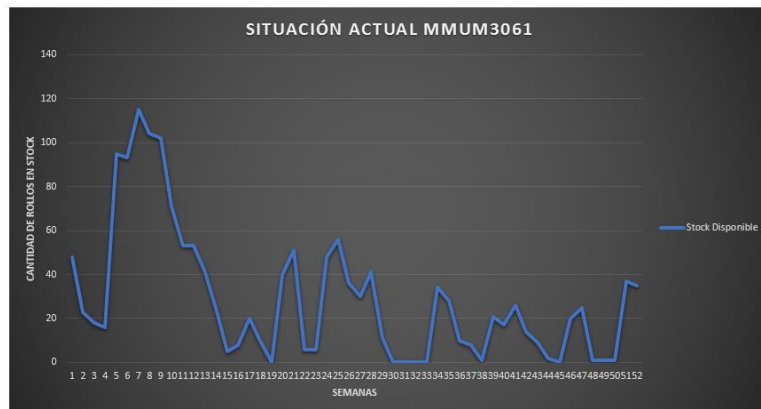
SITUACIÓN MPRB1141



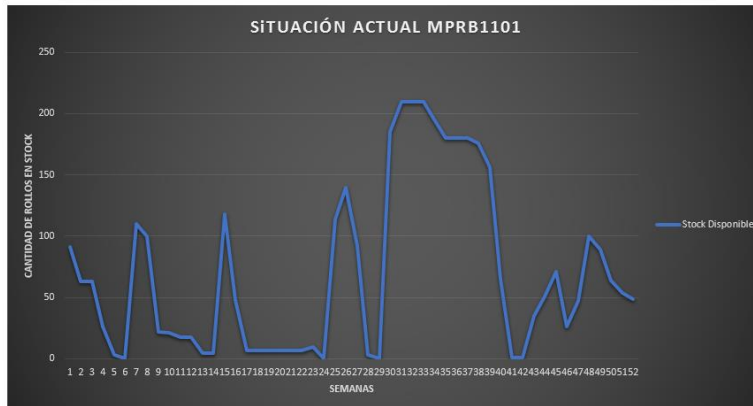
SITUACIÓN ACTUAL MPRB1061



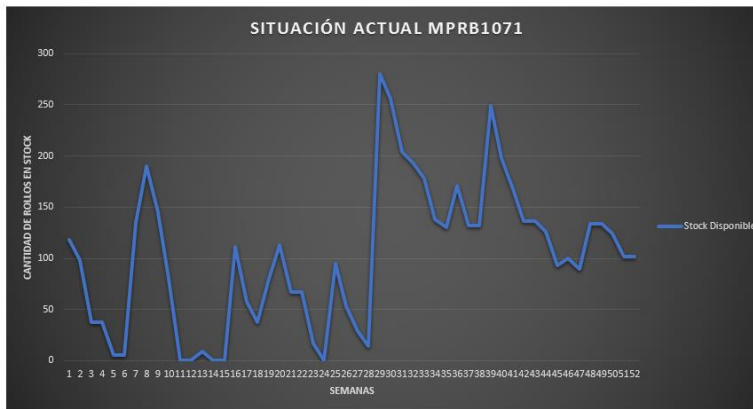
SITUACIÓN ACTUAL MMUM3061



SITUACIÓN ACTUAL MPRB1101



SITUACIÓN ACTUAL MPRB1071



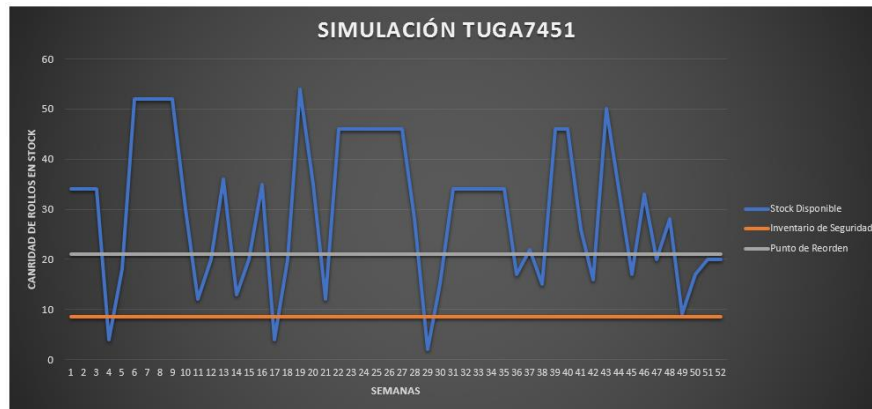
SITUACIÓN ACTUAL MPRB1151



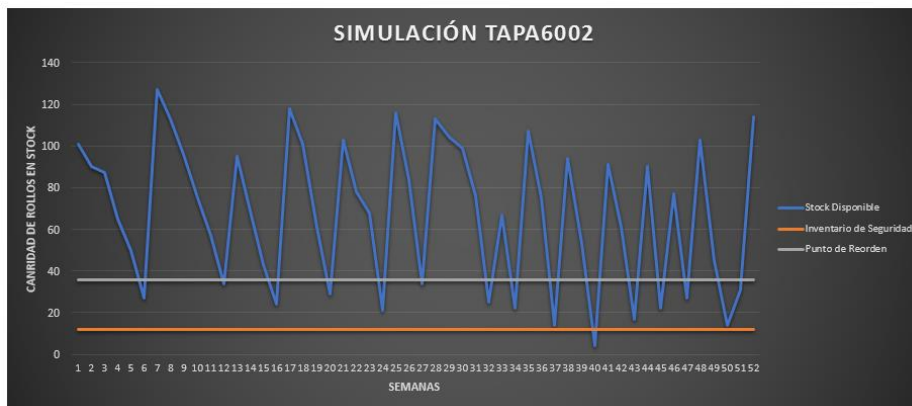
ANEXO D

Escenario propuesto aplicando la política (s, Q) para los productos tipo A

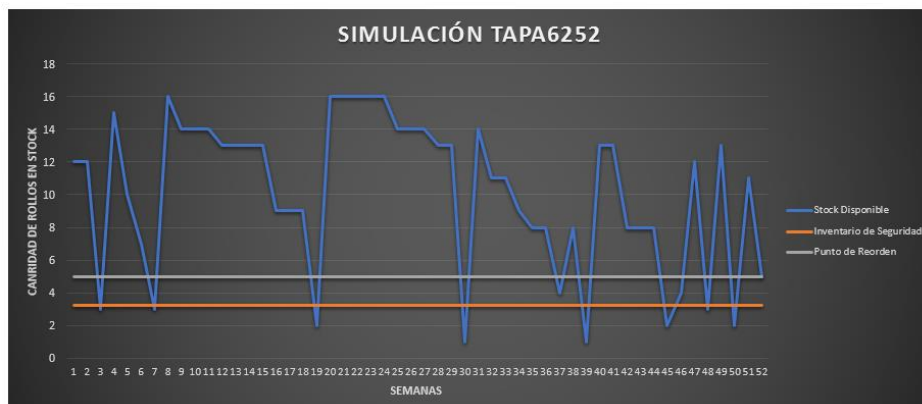
SITUACIÓN PROPUESTA TUGA7451



SITUACIÓN PROPUESTA TAPA6002



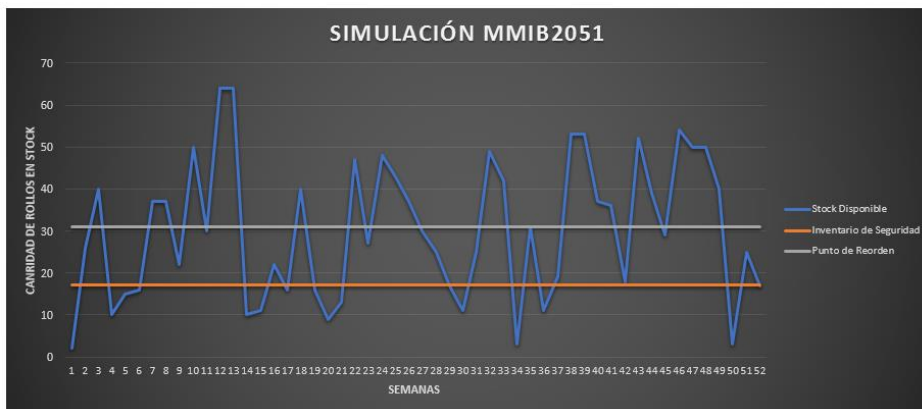
SITUACIÓN PROPUESTA TAPA6252



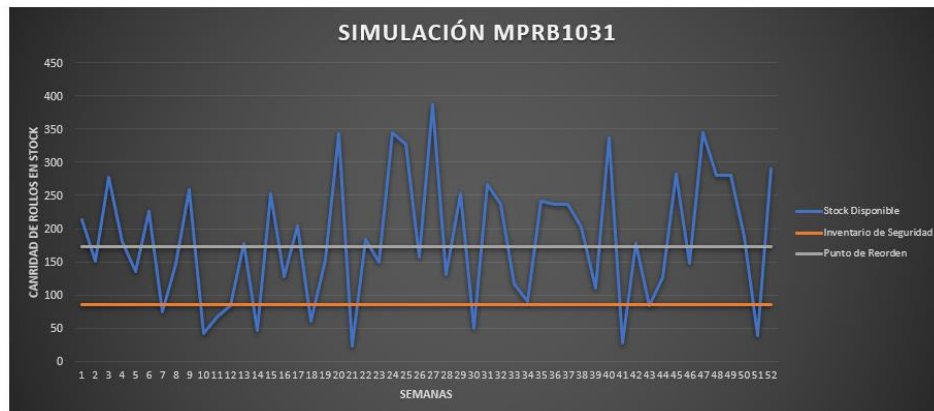
SITUACIÓN PROPUESTA TAPA6012



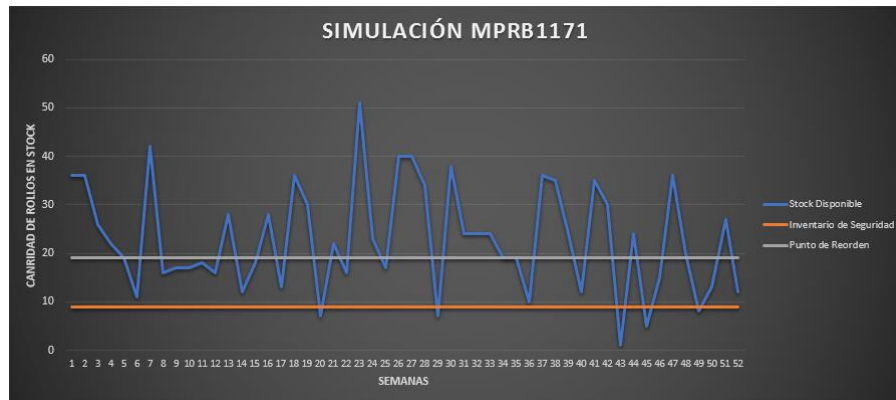
SITUACIÓN PROPUESTA MMIB2051



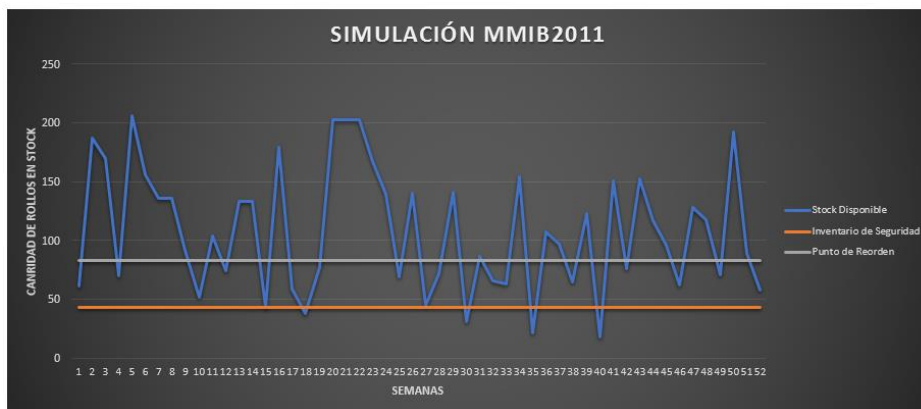
SITUACIÓN PROPUESTA MPRB1031



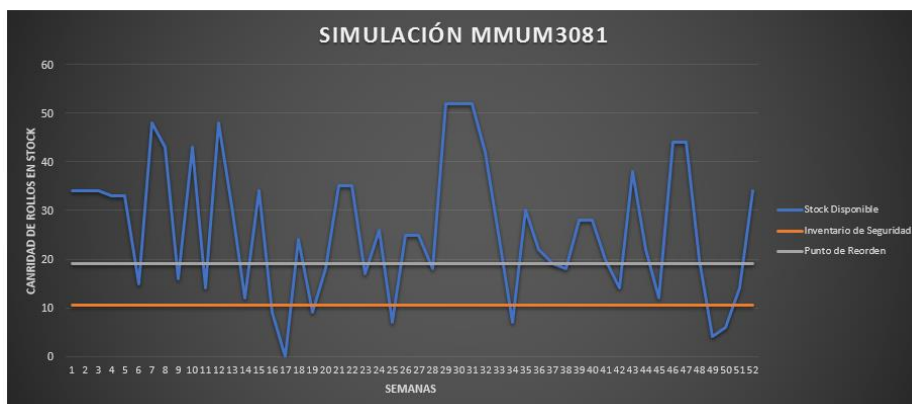
SITUACIÓN PROPUESTA MPRB1171



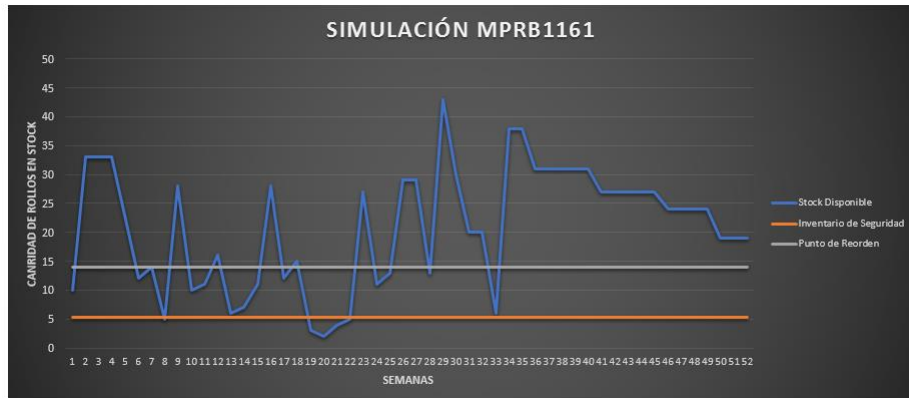
SITUACIÓN PROPUESTA MMIB2011



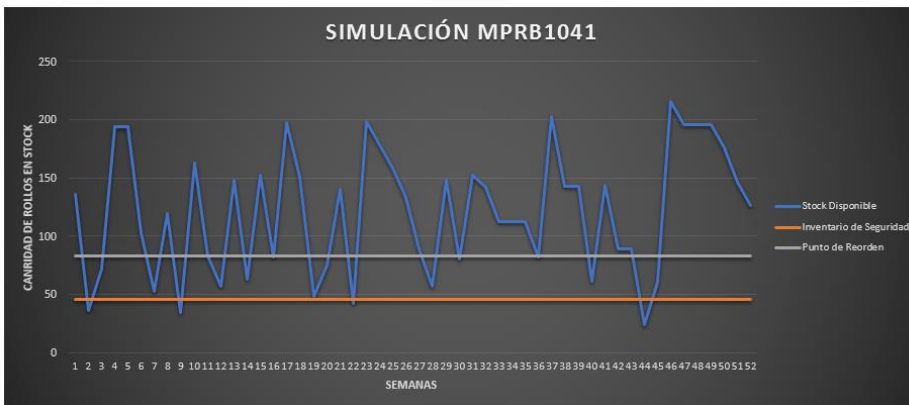
SITUACIÓN PROPUESTA MMUM3081



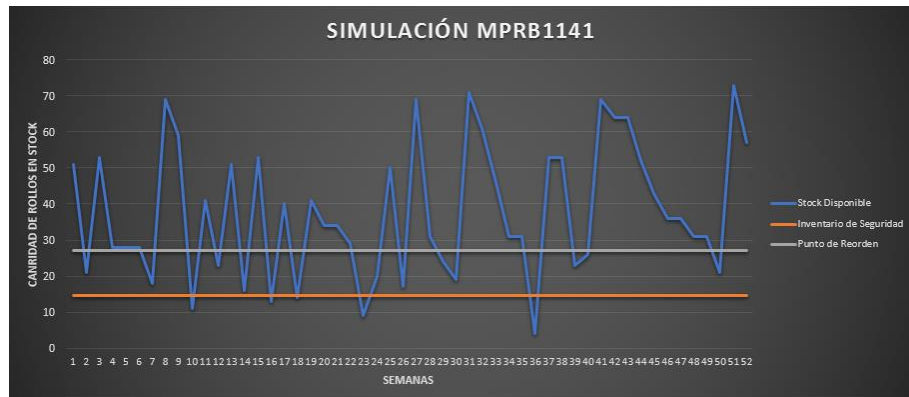
SITUACIÓN PROPUESTA MPRB1161



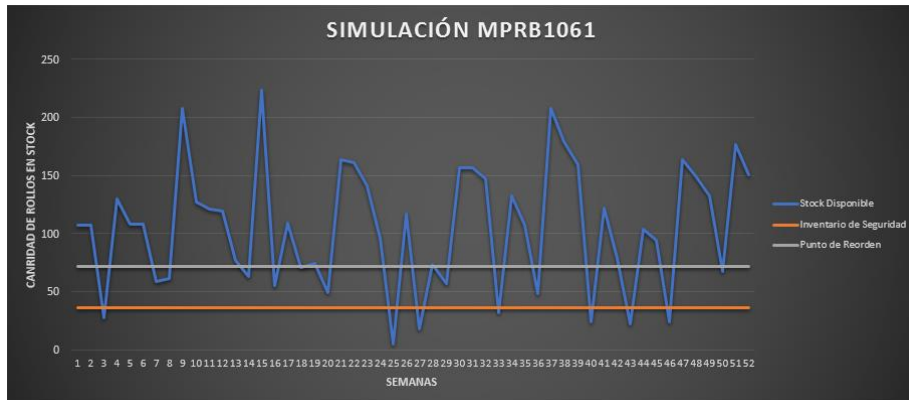
SITUACIÓN PROPUESTA MPRB1041



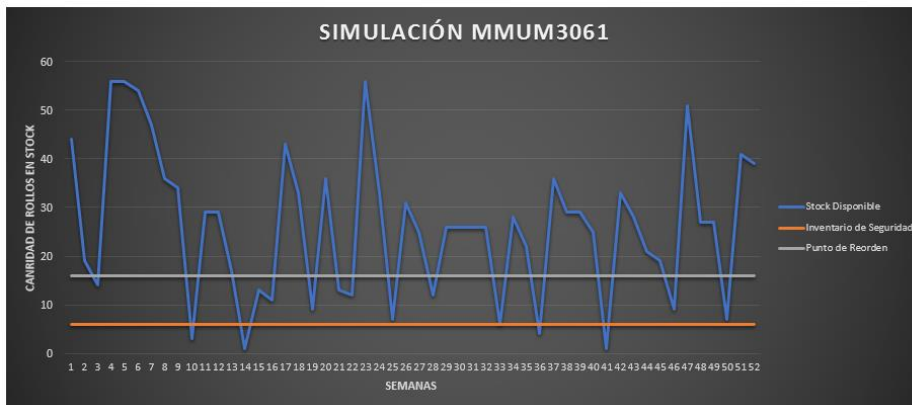
SITUACIÓN PROPUESTA MPRB1141



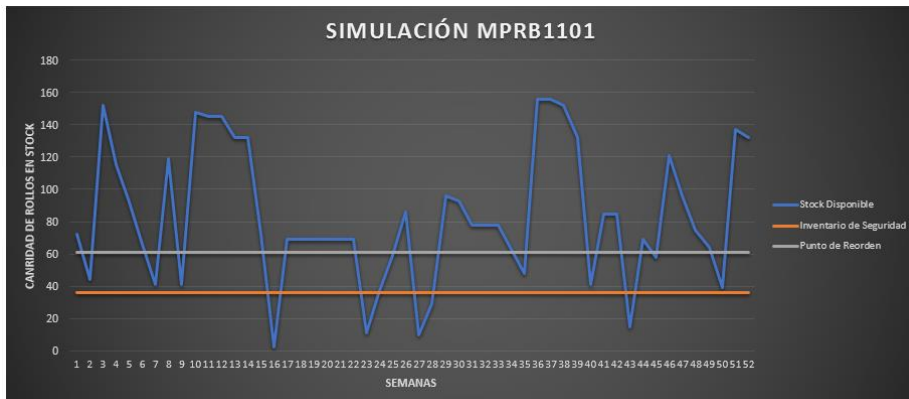
SITUACIÓN PROPUESTA MPRB1061



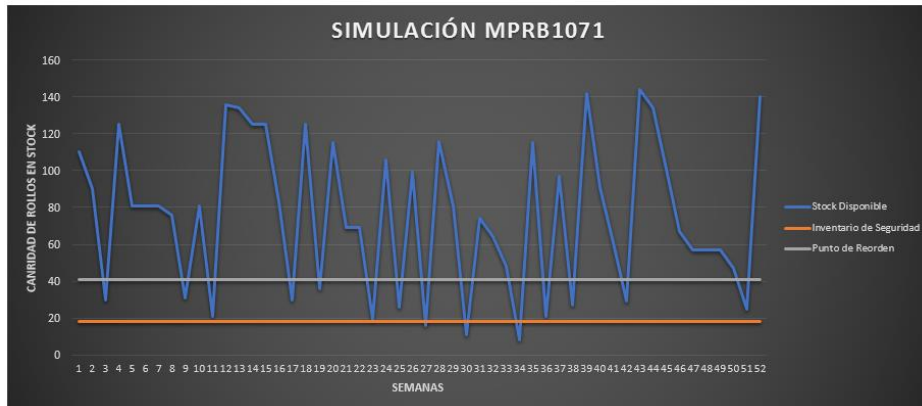
SITUACIÓN PROPUESTA MMUM3061



SITUACIÓN PROPUESTA MPRB1101



SITUACIÓN PROPUESTA MPRB1071



SITUACIÓN PROPUESTA MPRB1151

