

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Diseño de políticas de inventario de productos lácteos y congelados en un
Centro de Distribución de la ciudad de Guayaquil

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Doménica Alexandra Pincay Villamar

Dennys Santiago Quimí Moreta

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Dedicado a Clara Alejandrina Pardo
Suarez

Doménica Pincay

El presente proyecto lo dedico a tres grandes mujeres importantes en mi vida: mi madre Ninfa Miriam Moreta Arguello, mi hermana Bianca Pauleth Quimí Moreta y a mi novia Katherine Denisse García Gonzales.

Dennys Santiago Quimí Moreta

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios, al espíritu Santo, a mis padres y hermanos por su total apoyo durante este proceso.

Agradezco a la empresa anfitriona por abrirnos las puertas para la realización de la presente investigación.

Agradezco a mi tutora de tesis PhD. Cinthia Pérez por guiarnos y ser crítica ante nuestras entregas y al PhD. Jorge Abad por darnos retroalimentación esencial para un trabajo de calidad.

Agradezco a todos mis profesores de la facultad de la carrera de Ingeniería Industrial quienes fueron pilares fundamentales en mi formación como profesional y con las altas exigencias para rendir ante el mundo laboral.

Agradezco a mi amigo Luis Herrera quien fue especial para mí durante estos 4 meses de trabajo. Agradezco a mis amigos del Club de Desarrollo Sostenible por brindarme paz y su amistad durante mis años de Universidad. Agradezco a mis familiares y amigos.

Doménica Pincay

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy gracias a Jehová Dios por ser aquel anfitrión en toda mi etapa universitaria, pues resultó ser esa guía y fuente de ánimo que requería

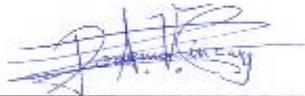
A mi madre y padre, quienes mediante amor, apoyo y cientos de consejos me permitían desenvolverse en mi día a día dentro de la universidad y ahora forman parte de mi ética como profesional.

A mis dos hermanos, a mi hermana, a mi novia quienes con constante palabras de ánimos y acciones demostraban siempre estar al pendiente de mí y así poder concluir esta etapa universitaria.

Dennys Santiago Quimí Moreta

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Doménica Alexandra Pincay Villamar y Dennys Santiago Quimi Moreta y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Doménica Alexandra Pincay Villamar



Dennys Santiago Quimi Moreta

EVALUADORES

.....
Jorge Abad M., Ph.D

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Cinthia Pérez S., Ph.D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El motivo principal del presente estudio es diseñar una política de inventario robusta para productos perecibles (lácteos y congelados) que permita un alto nivel de satisfacción al cliente con pedidos completos medido a través del nivel de servicio β (*Fill Rate*) y que se ajuste a las restricciones de capacidad de la bodega. Se realizó un diseño de experimentos basado en la creación de distintos escenarios variando factores como: políticas de inventario, la llegada anticipada o tardía de la mercadería, la variación del coeficiente de la demanda y la restricción en el tiempo de ordenar un pedido simulados en Microsoft Excel. Donde se obtuvo un alto desempeño en el nivel de servicio β (*Fill rate*) para la política de máximos y mínimos. Además, se obtuvo el nivel de servicio α (Cycle service level) para los productos tipo A, B y C basado en las restricciones de capacidad de almacenamiento de la cámara fría y de los congeladores.

Palabras Clave: Productos perecibles, Simulación, Demanda no estacionaria, Capacidad de almacenamiento, Nivel de servicio β .

ABSTRACT

The main reason for this study is to design a robust inventory policy for perishable products (dairy and frozen) that allows a high level of customer satisfaction with complete orders measured through the service level β (Fill Rate) and that adjusts to warehouse capacity restrictions. A design of experiments was carried out based on the creation of different scenarios, varying factors such as: inventory policies, early or late arrival of the merchandise, the variation of the demand coefficient and the restriction in the time of ordering an order simulated in Microsoft. Excel. Where a high performance was obtained in the service level β (Fill rate) for the maximum and minimum policy. In addition, the service level α (Cycle service level) was obtained for type A, B and C products based on the storage capacity restrictions of the cold room and freezers.

Keywords: *Perishable products, Simulation, Non-stationary demand, Storage capacity, Service level β .*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Restricciones	3
1.3 Especificaciones de diseño.....	3
1.4 Alcance	3
1.5 Justificación del problema.....	4
1.6 Objetivos	5
1.6.1 Objetivo General	5
1.6.2 Objetivos Específicos	5
1.7 Objetivos del <i>triple Bottom line</i>	5
1.8 Marco teórico	5
CAPÍTULO 2	9
2. Metodología.....	9
2.1 Plan de recolección de datos	10
2.2 Clasificación ABC	12
2.3 Selección de producto a analizar	12
2.4 Ajuste de demanda a serie de tiempo.....	13

2.5	Determinación del pronóstico de la demanda	14
2.6	Diseño de políticas de inventario	16
2.7	Simulación de políticas de inventario	19
2.8	Evaluar desempeño de políticas de inventario.....	21
2.9	Optimización de políticas de inventario.....	23
2.10	Propuesta para actualización de las políticas de inventario.....	27
CAPÍTULO 3		28
3.	Resultados y análisis	28
3.1	Resultados del análisis de sensibilidad de la política s,S	28
3.2	Discusión de los resultados	32
CAPÍTULO 4		40
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	40
	Conclusiones	40
	Recomendaciones	41
BIBLIOGRAFÍA		42
APÉNDICES.....		45

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
WMS	Warehouse Management System
CV	Coefficiente de Variación
ADI	Average Demand Interval
CEDI	Centro de distribución
CTQ	Árbol de variables Críticas para la Calidad
s	Nivel mínimo de inventario
S	Nivel máximo de inventario
\hat{D}	Demanda promedio
LT	Lead Time, tiempo de espera
R, Q	R punto de reorden, Q cantidad fija a utilizar en cada orden
SKU	Unidad de mantenimiento de stock

SIMBOLOGÍA

α	Alfa
β	Beta

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Representación del canal de distribución de la empresa XYZ	2
Figura 1.2 Diagrama SIPOC del proceso de despacho del producto	4
Figura 2.1 Pasos para el desarrollo de la metodología	9
Figura 2.2 Entrevista con el encargado del registro de ventas	11
Figura 2.3 Análisis de distribución para el producto 13000150	13
Figura 2.4 Serie de tiempo del producto 13000150	14
Figura 2.5 Pronóstico de las ventas diarias	15
Figura 2.6 Tendencia del pronóstico para las ventas diarias	15
Figura 2.7 Días pico de ventas entre semana	16
Figura 2.8 Diagrama de simulación para las políticas de reabastecimiento	23
Figura 2.9 Variación del nivel de inventario	24
Figura 2.10 Resultado de la simulación en Arena	26
Figura 2.11 Pronóstico de demanda por SKU	27
Figura 2.12 Política obtenida en base a la demanda pronosticada	27
Figura 3.1 Análisis de medias poblacionales	30
Figura 3.2 Efectos principales en las políticas	31
Figura 3.3 Efectos principales en la demanda	31
Figura 3.4 Efectos principales en el tiempo del pedido	32
Figura 3.5 Efectos principales en la variación del LT (días)	32
Figura 3.6 Interacción del Fill Rate con el modelo s,S y el modelo Buffer	33
Figura 3.7 Comparación de políticas s,S y buffer en relación al nivel de servicio β	33
Figura B1 Validación de los productos con la lista de productos lácteos	52
Figura B2 Validación de los productos con la lista de productos congelados	52
Figura B3 Distribución de los productos en cámara fría	52
Figura B4 Distribución de los productos en contenedores	53
Figura B5 Medición Cámara Fría	53
Figura B6 Medición interna del contenedor	53
Figura B7 Planos de las dimensiones de la cámara fría	54
Figura B8 Planos de las dimensiones de los contenedores	55
Figura B9 Medición del pallet	57
Figura C1 Categorización de la demanda – Productos lácteos	59

Figura C2 Categorización de la demanda – Productos congelados.....	59
Figura C3 Patrones de demanda de los productos lácteos	60
Figura C4 Patrones de demanda de los productos congelado	61
Figura D1 Código en Rstudio – Lectura del histórico de ventas	62
Figura D2 Código en Rstudio – Codigo fuente de librería Prophet.....	62
Figura E1 Simulación en Arena para hallar el mínimo y máximo de inventario para el producto con código 13000150	63
Figura G1 Diagrama de funcionamiento de OptQuest.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos.....	10
Tabla 2.2 Recuadro resumen de productos lácteos	12
Tabla 2.3 Recuadro resumen de productos congelados	12
Tabla 2.4 2.5 Zona roja con leadtime corto	18
Tabla 2.6 Zona roja con variabilidad media.....	18
Tabla 2.7 Cantidad “Q” a pedir según el Buffer rojo, amarillo y rojo.....	19
Tabla 2.8 Parámetros de entrada para el análisis de sensibilidad.....	22
Tabla 2.9 Numero de combinaciones experimentales.....	22
Tabla 2.10 Transformación de la demanda real	22
Tabla 2.11 Resultado de la simulación de la política s,S.....	26
Tabla 3.1 Resultado del análisis de sensibilidad de las políticas.....	28
Tabla 3.2 Escenario real vs el escenario con política s,S.....	34
Tabla 3.3 Nivel de servicio α para cada producto de tipo A, B y C.....	35
Tabla 3.4 Nivel de servicio α y Utilización de la cámara fría.....	38
Tabla 3.5 Nivel de servicio α y Utilización en los cuartos de congelación	38
Tabla 3.6 Resultados del triple bottom line.....	39
Tabla B1 Lista de productos lácteos.....	50
Tabla B2 Lista de productos congelados.....	51
Tabla B3 Dimensiones de la cámara fría - medición manual.....	54
Tabla B4 Dimensiones interna del contenedor – medición manual	54
Tabla B5 Dimensiones de la cámara fría – medidas del plano.....	55
Tabla B6 Dimensiones internas del contenedor – medidas del plano	55
Tabla B7 Dimensiones del pallet delgado y normal.....	56
Tabla B8 Validación de posiciones dentro de la cámara fría y del contenedor	56
Tabla C1 Tabla resumen de los patrones de demanda	59
Tabla F1 Simulación de Política s,S mínimos – Máximos	64
Tabla F2 Simulación de Política Buffer en Excel	64
Tabla I1 Políticas de lácteos generadas para el cedi opción A.....	69
Tabla I2 Políticas de lácteos generadas para el cedi opción B.....	70
Tabla I3 Políticas de lácteos generadas para el cedi opción C	71
Tabla I4 Políticas de congelados generadas para el cedi - opción A	72
Tabla I5 Políticas de congelados generadas para el cedi - opción B	73

Tabla I6 Políticas de congelados generadas para el cedi - opción C74

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los empresarios se preocupan del correcto manejo de inventario debido a la alta inversión de tiempo, dinero y personal que requieren. En un entorno real existen 3 variables que no se pueden controlar como el número de unidades demandadas por el cliente en un periodo de tiempo, el preciso momento en que el cliente realice la compra y la recepción de la mercadería a tiempo en la cantidad y calidad solicitada.

Las principales razones de una compañía para mantener inventario es tener una alta capacidad de respuesta a los requerimientos de los clientes y amortiguar la incertidumbre de la demanda. Adicionalmente factores como la capacidad límite de almacenamiento y la vida útil del producto influyen en el diseño idóneo de las políticas de Inventario.

Se observa en la figura 1.1, la representación de la cadena suministro de la empresa. La cadena de suministro empieza por la fábrica proveedora de productos terminados, luego pasa al centro de distribución (CEDI), donde es almacenado momentáneamente para posteriormente ser distribuido a sus clientes como las grandes cadenas de supermercado, las pequeñas tiendas de barrio y las cadenas hoteleras.

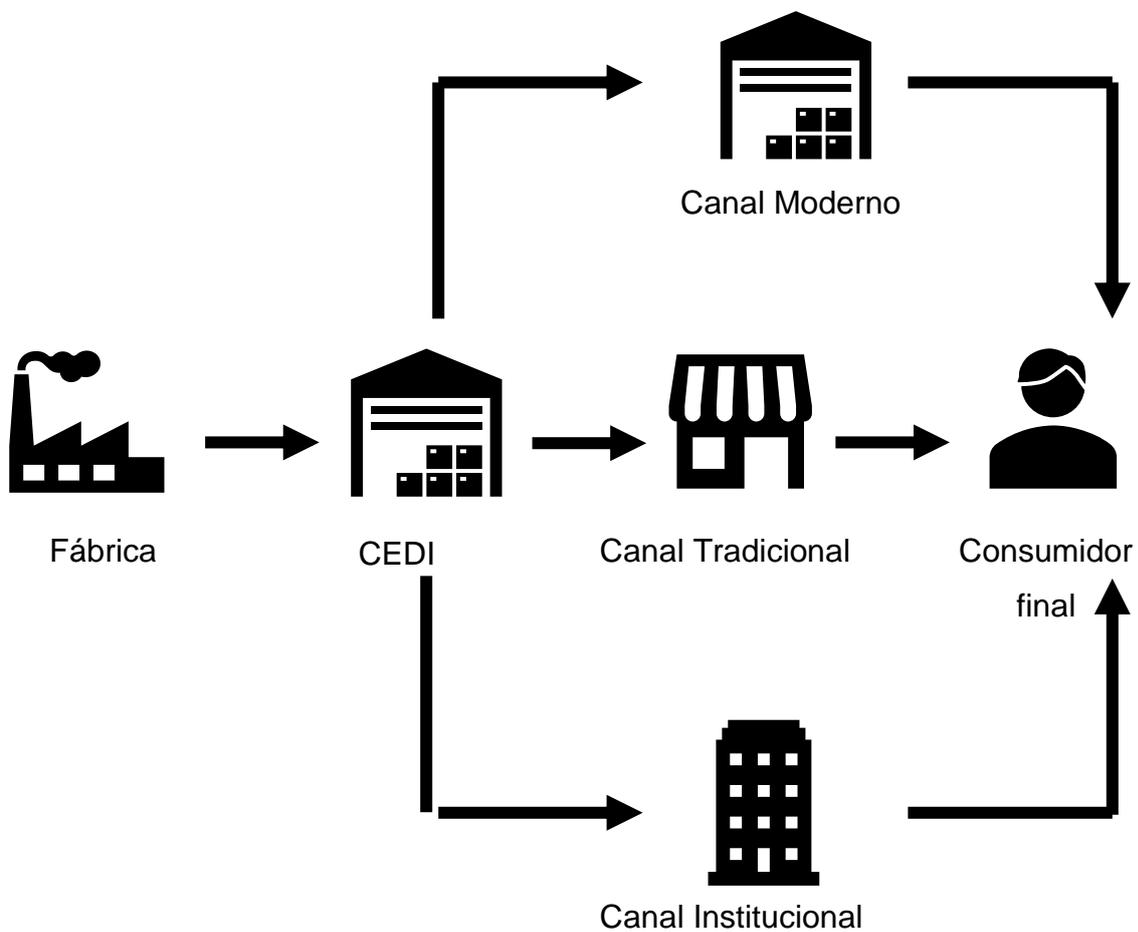


Figura 1.1 Representación del canal de distribución de la empresa XYZ

Este proyecto busca diseñar, actualizar y mantener una política de inventario basada en los registros diarios de las ventas de sus productos mediante una metodología que considere la variación de la demanda a lo largo del tiempo.

1.1 Descripción del problema

La empresa necesita conocer bajo un estudio técnico, el diseño idóneo de una política de inventario que logre altos niveles de servicio β (*Fill Rate*) bajo un contexto realista y que considere el espacio límite de almacenamiento.

1.2 Restricciones

Como restricciones generales del proyecto en el centro de distribución de la empresa, luego de haber conversado con los responsables e involucrados en el proyecto, se obtuvo los siguientes hallazgos:

Vida útil de producto:

- El canal moderno acepta productos con una caída de vida útil de hasta el 70%.
- El canal tradicional acepta productos con una caída de vida útil de hasta el 50%.

Rotación de inventario:

- La política de reposición de inventario para productos lácteos no puede exceder los 7 días.

Capacidad de la Bodega:

- Se considera las posiciones máximas que pueden ocupar los pallets dentro de la cámara fría y de los congeladores.

1.3 Especificaciones de diseño

Basado en las restricciones de diseño, se estableció que las especificaciones a tener presente en las políticas de reabastecimiento de inventario:

- La vida útil de los productos desde que llega al CEDI es de 43 días.
- El producto puede permanecer máximo 11 días dentro del almacén bajo las restricciones del canal moderno y máximo 20 días bajo las restricciones del canal tradicional.
- Se puede almacenar máximo de 150 pallets en la cámara fría.

1.4 Alcance

Teniendo en cuenta las restricciones expuestas y especificaciones de diseño de los puntos anteriores para una mejor visualización de la resolución del problema a que será enfocado, se planteó un SIPOC. La herramienta permite tener información clave acerca del proceso a cuál queremos centrarnos, pues involucra a los responsables de la toma de decisiones, desde la entrada de la solicitud hasta la salida de lo que se espera, sin dejar afuera las limitantes que cada proceso conlleva (Assis de Souza, 2022). En la figura 1.2 se presenta el SIPOC. En este se indica como se inicializa el proceso desde el conteo y actualización del inventario hasta el proceso que conlleva

realizar los pedidos a la planta de productos lácteos y congelados para el posterior envío al centro de distribución.

 PROVEEDOR	 ENTRADAS	 PROCESOS	 SALIDAS	 CLIENTE
	Lista de inventario actual	Revisar inventario	Ficha técnica con el nivel de stock	Analista de suministro de inventario
	Orden de abastecimiento	Almacenar/reposicionar	Reposición de inventario	
Centro de distribución	Cobertura del centro de distribución	Picking en el almacén	Orden de cobertura completa	Centro de distribución
	Productos recolectados en el pallet	Embalar y enviar	Productos específicos de la cobertura	
	Cobertura del CD no completas	Registrar ordenes no completas en el sistema	Ficha técnica con productos no enviados durante el turno de noche	Gerente de adquisiciones
Gerente de adquisiciones	Ficha técnica con productos no enviados durante el turno de noche	Actualizar tableros en el sistema de productos con novedad	Tableros con Fill Rate actual	
Planta de productos lácteos y congelados	Orden de compras y envío	Crear plan de productos para envío diario	Producto	Centro de distribución

Figura 1.2 Diagrama SIPOC del proceso de despacho del producto

En adición se tuvo presente los siguientes puntos para el alcance del proyecto:

- En el proyecto se toma en cuenta, bajo análisis, los productos lácteos y congelados del tipo A.
- Se limita al número de canales que maneja la empresa (Moderno, Tradicional e Institucional).
- Las políticas de inventario que se determine solo aplicarán a los centros de distribución de la empresa en estudio.
- Llegar a un nivel de servicio β (*Fill Rate*) del 98%.

1.5 Justificación del problema

Es importante recordar que la meta de una empresa se concentra en el bienestar de sus accionistas, de sus empleados, y de los clientes. Debido a que el cliente tiene una tolerancia menor de espera por su pedido que el tiempo de entrega, nace la relevancia de mantener inventario.

Con lo anteriormente expuesto se justifica el planteamiento de diseño de políticas de inventario para el centro de distribución, ubicado en la ciudad de Guayaquil. El presente proyecto busca dar respuesta a una política de inventario idónea a las restricciones y naturaleza de los productos, así como mencionar los procedimientos para mantener la actualización de la política.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Diseñar una política de inventario robusta con alto desempeño en el nivel de servicio β (*Fill Rate*) mediante modelos de simulación

1.6.2 Objetivos Específicos

- Definir un nivel de servicio α (Cycle Service Level) para los productos de tipo A, B y C.
- Diagnóstico de la gestión de inventario actual.
- Evaluar diferentes políticas de inventario y realizar comparaciones empleando modelos de simulación.

1.7 Objetivos del *triple Bottom line*

- **Social**

Aumentar la satisfacción al cliente mediante el incremento del nivel de servicio β (*Fill Rate*) de productos tipo A.

- **Económico**

Reducir las ventas perdidas mediante el incremento del nivel de servicio β (*Fill Rate*) de productos tipo A.

- **Ambiental**

Reducir la generación de desperdicios mediante la reducción del stock de seguridad a los productos tipo C.

1.8 Marco teórico

Antes de empezar con el marco teórico, se recomienda consultar los conceptos teóricos expuestos en el apéndice A.

Para la presente investigación se realizó una exhaustiva revisión literaria de distintos autores nacionales e internacionales acerca de las políticas de reabastecimiento de inventario para productos perecibles. Se utilizó el estudio realizado por Chiadamrong (2017), dónde analizó la gestión de inventario para productos perecibles para una tienda minorista donde compara la administración con y sin políticas reabastecimiento bajo diferentes tamaños de lote. Mediante la investigación se obtuvo que una política de inventario que considere la vida útil de los productos tiene mayor desempeño y evita

los desperdicios de alimentos. Adicionalmente, se obtienen mayores ganancias con lotes de compra pequeños. Khouja (1999) en su tesis llamada revisión literaria y recomendaciones para futuras investigaciones del modelo de vendedor de periódicos o de decisión única, nos menciona acerca de ordenar una cantidad mínima de inventario que maximice las ganancias esperadas bajo las demandas probabilísticas. Este modelo clásico está enfocado en el balance de los costos de sobre inventario y el costo de escasez o falta de inventario. Al costo de sobre inventario también se lo conoce como el costo de mantener inventario. En su investigación se recomienda analizar la influencia de las promociones al producto como influencia en la cantidad de la demanda.

Otra investigación denominada modelo de inventario para productos perecibles con precio y dependencia de la demanda en el tiempo considera la vida útil y los costos de mantener no lineales por los autores Macías et al. (2021). En dicha investigación se refiere a la constante búsqueda de los consumidores actuales a productos más frescos debido a una conciencia más saludable por parte de los clientes. Menciona que la demanda varía en función del precio y el modelo de inventario toma en consideración la caducidad del producto, el valor de salvamento y los costos por deterioro. Los costos de mantener son modelados bajo funciones cuadráticas del tiempo y se determina el precio óptimo en el periodo de reposición y la cantidad a ordenar de forma que se pueda maximizar la ganancia por unidad de tiempo. Además, menciona la aplicabilidad a distintos campos alimenticios como la leche, los vegetales, la carne, las flores ornamentales, entre otros. Se obtuvo que al aumentar el costo de compra existe un incremento en el precio de venta y el tiempo de ciclo, sin embargo, la cantidad a ordenar y las ganancias tienden a decrecer.

Otra investigación importante de Piva et al. (2020) denominada optimización de un sistema de inventario de productos perecibles caso de estudio de una compañía italiana donde se analiza bajo un contexto real el comportamiento de la gestión de inventario para los productos perecibles. Entre los principales problemas de la administración de inventario se encuentra un alto capital invertido para la compra de productos que incluye el almacenamiento en la bodega el cual comprende costos de luz, refrigeración, manipulación, equipos y remuneración al personal. Adicionalmente los posibles riesgos de obsolescencia, daño o deterioro del producto. Recordando que el inventario es vital para el funcionamiento de una organización debido a que evitará

situaciones de escasez de mercadería y problemas para satisfacer la demanda del mercado y así evitar ventas pérdidas. Tanto administradores, académicos e investigadores han realizado esfuerzos para entender y simular la administración o gestión de inventario de productos perecibles tomando en cuenta factores como las características o la naturaleza del producto, el nivel de competencia, las restricciones internas o externas, la influencia del precio, la disponibilidad del producto, el tipo de demanda y las características generales. El autor nos indica que la filosofía justo a tiempo (JIT) suele utilizarse en productos perecibles para evitar su deterioro. Sin embargo, factores como una ineficiente entrega tanto en la fecha de llegada como la cantidad receptada afecta al sistema de gestión de inventario.

Worm (2016) menciona las 3 estrategias de políticas de inventario. A estas estrategias se las conoce como estrategia de incertidumbre dinámica, estrategia de incertidumbre estática dinámica y estrategia de incertidumbre estática. Por estrategia de incertidumbre dinámica se refiere a la capacidad de ordenar una cantidad distinta al empezar el periodo de tiempo, a la estrategia de incertidumbre estática dinámica se refiere a un tiempo determinado para realizar la orden de reabastecimiento adaptándose a distintas cantidades a ordenar dependiendo de un nivel máximo de inventario y la estrategia estática nos menciona un tiempo definido y una cantidad fija a solicitar para el reabastecimiento de inventario a partir de la estrategia dinámica nace la política de mínimos y máximos donde en el momento que el nivel de inventario cae por debajo del punto de re orden o el mínimo nivel de inventario entonces se realiza una orden de pedido que no sobrepase el máximo de inventario a almacenar. La estrategia de incertidumbre dinámica tiene mayor flexibilidad al ordenar sin embargo su planificación se vuelve más difícil. En la práctica la planificación de la producción se realiza con anticipación estimando la cantidad a producir. Esta cantidad de producción depende del inventario a la mano y del máximo nivel de inventario a almacenar dentro de la bodega.

Cuando se realiza un pronóstico de la demanda con un horizonte de tiempo largo, este será menos preciso a comparación de un pronóstico con un horizonte de tiempo corto.

La investigación de Worm (2016) nos menciona que es necesario considerar la capacidad límite de almacenamiento sin embargo en su investigación no se lo considera. Una de sus recomendaciones de investigación apunta a encontrar aquella política óptima que considere la incertidumbre dinámica estratégica con un nivel de servicio requerido y que el método sea conveniente al caso de estudio. Adicionalmente

dentro de futuras investigaciones que propone se encuentra realizar un modelo de inventario para productos perecibles extendido a múltiples productos que incluya la capacidad de almacenamiento.

Una de las medidas de desempeño esenciales para el análisis de la presente investigación es el nivel de desempeño denominado nivel de servicio β (Fill Rate). Este nivel de servicio está basado en series de tiempo donde se analice los faltantes de inventario, las ventas perdidas, las prioridades y la secuencia de trabajo investigado por Vidalis et al. (2013). La métrica es clave para determinar una buena política de inventario.

Teniendo en cuenta la revisión de literatura, este estudio es una extensión a los modelos mencionados, en la cual se comparara dos políticas de reabastecimiento de inventario bajo la política de mínimos y máximo s,S y la política basada en un nivel de inventario objetivo (Buffer). Adicionalmente se considera las recomendaciones brindadas por los autores como la consideración de la capacidad límite de almacenamiento de la bodega para la creación de la Política.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para una mayor claridad de cómo se llevó a cabo el proyecto se pone a manifiesto un diagrama de flujo con los pasos a seguidos.

En la figura 2.1 se redactan las actividades para el desarrollo del proyecto

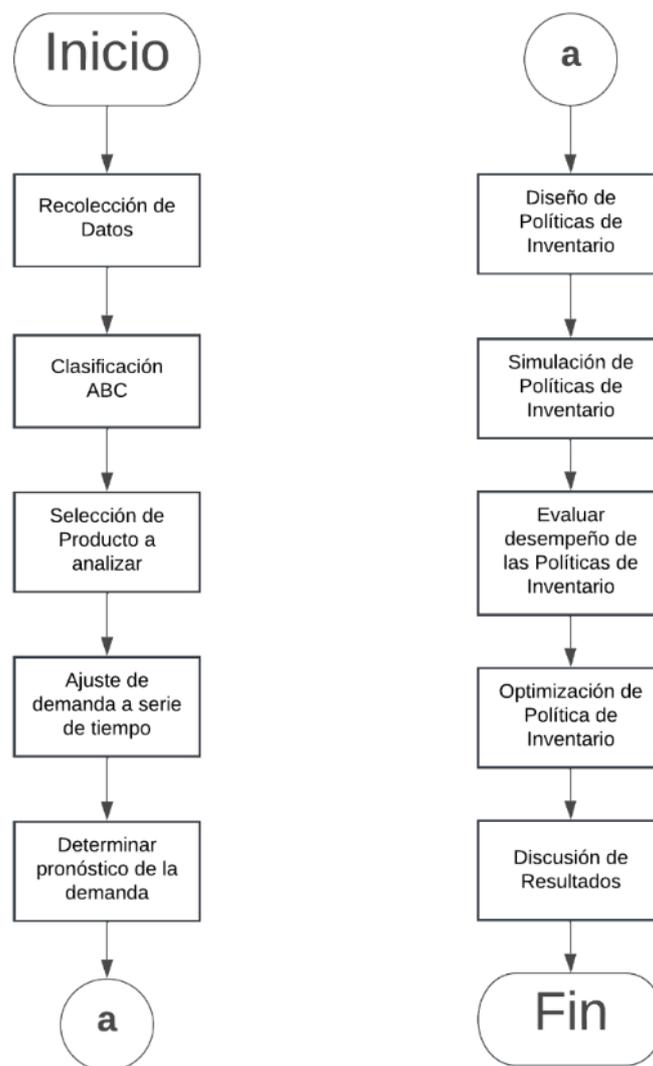


Figura 2.1 Pasos para el desarrollo de la metodología

2.1 Plan de recolección de datos

Para analizar la situación inicial de la empresa, se realizó la recolección de datos: mediante entrevistas presenciales y virtuales, y por medio de documentación almacenada en las bases de datos de la empresa, como se visualiza en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos

Datos	Unidades	Definición operacional	Fuente	Tipo de datos	¿Dónde guardar?	¿Quién recolecta?	¿Cómo usar ?	¿Cómo comprobar?
Tiempo de espera LT	días	Fecha de pedido - Fecha de llegada	Base de datos- Compañía	Cuantitativos - Discretos	Excel	Personal de la compañía	Para analizar el tiempo para reabastecerse	Revisar fecha de recepción de pedidos versus fecha de solicitud del pedido
Demanda histórica de ventas	unidades	Ventas históricas diarias en unidades	Base de datos- Compañía	Cuantitativos - Discretos	Excel	Personal de la compañía	Para realizar pronósticos de demanda con menor error	Verificar cómo se registra las ventas en el sistema informático
Lista de referencias de productos lácteos	unidades	Lista detallada de todos los productos lácteos que la empresa tiene en stock.	Base de datos- Compañía	Cuantitativos - Discretos	Excel	Personal de la compañía	Línea base de SKU de productos lácteos	Pedir lista de inventario e ir al piso de trabajo para comprobar junto al operario
Lista de referencias de productos congelados	unidades	Lista detallada de todos los productos congelados que la empresa tiene en stock.	Base de datos- Compañía	Cuantitativos - Discretos	Excel	Personal de la compañía	Línea base de SKU de productos congelados	Pedir lista de inventario e ir al piso de trabajo para comprobar junto al operario
Dimensiones de Pallets	metros	Largo, alto y ancho	Base de datos- Compañía	Cuantitativos - Continuos	Excel	Personal de la compañía	Para analizar el cubicaje	Tomar medida de las dimensiones de un pallet usando un flexómetro

Para la validación de la data se la realizó mediante GEMBA y de manera estadística. Se validó lo siguiente:

Verificación del Histórico de la demanda

Para la validación, se realizó la entrevista a quien receipta las ventas, figura 2.2. El entrevistado afirmó lo siguiente:

- Realizan el registro diario de ventas y devoluciones
- El sistema SAP detecta cuando el producto no es parte de la cartera de productos
- Demanda histórica de ventas proviene de un registro constante de ventas



Figura 2.2 Entrevista con el encargado del registro de ventas

Validación con el Pronosticador de la demanda

Mediante vía telefónica se mantuvo la entrevista con el pronosticador de la demanda, nos comentó lo siguiente:

- Usa dos tipos de técnicas de pronóstico: promedio móvil y suavización exponencial
- Para el suavizado exponencial usa $\alpha = 0,3$ y $0,4$
- Semanalmente hace un pronóstico para las próximas dos semanas
- Ajusta la previsión según el departamento de estrategia empresarial
- Hoy en día se aplica el mismo modelo a todo tipo de productos
- Entiende que tal vez un modelo complejo o diferente al modelo actual utilizado será útil para los productos lácteos

Además, se realizaron otras validaciones, las cuales fueron:

- Verificación de lista de producto lácteos y congelados (Véase apéndice B, tabla B1 y tabla B2)
- Verificación de producto a producto en los almacenes (Véase apéndice B, figura B1 y figura B2)
- Verificación de la distribución de los productos en los almacenes (Véase apéndice B, figura B3 y figura B4)
- Verificación de dimensiones de los almacenes – Cámara fría y Contenedores:
 - Verificación de dimensiones de forma manual (Véase apéndice B, figura B5, figura B6, tabla B3 y tabla B4).
 - Verificación de dimensiones con los planos (Véase apéndice B, figura B7, figura B8, tabla B5 y tabla B6)

- Verificación de cantidad de pallet dentro de cada almacén y dimensión de pallets (Véase apéndice B, tabla B7, tabla B8 y figura B9)

2.2 Clasificación ABC

Para la clasificación ABC de los productos lácteos y congelados se utilizó las ventas diarias del año 2022 en curso, y su consumo monetario. La tabla 2.2 muestra que existen 95 productos lácteos, de los cuales 35 son clasificados tipo A, 22 tipo B y 38 tipo C.

Tabla 2.2 Recuadro resumen de productos lácteos

Código	% Ingresos	N° Items	% Items
A	80%	35	37%
B	95%	22	23%
C	> 95%	38	40%
Total		95	100%

La tabla 2.3 muestra que existen 49 productos congelados, de los cuales 13 son clasificados tipo A, 14 tipo B y 22 tipo C.

Tabla 2.3 Recuadro resumen de productos congelados

Código	% Ingresos	N° Items	% Items
A	80%	13	27%
B	95%	14	29%
C	> 95%	22	45%
Total		49	100%

Para determinar la clasificación de la demanda, se empleó los 3 siguientes criterios: por su incertidumbre, por su variabilidad en la cantidad de la demanda y por la variabilidad en el momento de la demanda. Véase apéndice C.

2.3 Selección de producto a analizar

Para el desarrollo de la investigación se escogió un solo producto, en donde se realicen los pasos mencionados en la metodología para hallar una política robusta, que sea aplicable a todos los productos lácteos y congelados.

Para la evaluación del pronóstico de la demanda y las políticas a implementarse, se escogió el producto 13000150, de entre todos los productos, porque tiene la mayor cantidad de reportes por faltante de stock en los primeros meses del año 2022 y es un producto tipo A, es decir, se requiere un alto nivel de servicio β (*Fill Rate*).

Para el análisis del producto seleccionado se utilizó los datos históricos de venta diaria del primer trimestre del año 2022 (enero, febrero y marzo). Se filtró aquellas ventas históricas al canal moderno, tradicional e institucional, producto lácteo con código 13000150, con ingresos positivos y sin considerar devoluciones de productos. Estos datos provienen del sistema SAP que utiliza la empresa.

Para una correcta manipulación de los datos se utilizó el software libre Rstudio, El código fuente está detallado en el apartado de Apéndices (Véase apéndice D, figura D1).

Revisión estadística del producto seleccionado

De la figura 2.3 se concluye que la data histórica de ventas del producto 13000150 sigue una **distribución normal**.

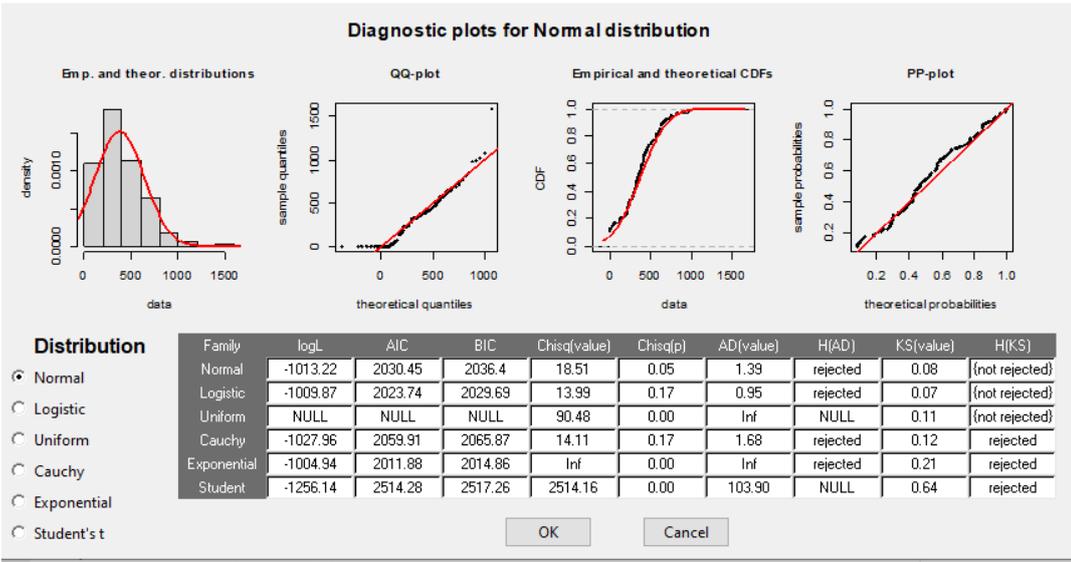


Figura 2.3 Análisis de distribución para el producto 13000150

2.4 Ajuste de demanda a serie de tiempo

Para un análisis de datos apegados a un escenario real, se llevó la información a un formato de serie de tiempo donde los días que no se registra ventas, tienen una venta de cero. Esto considera las restricciones de los días productivos que son de lunes a sábado, figura 2.4.

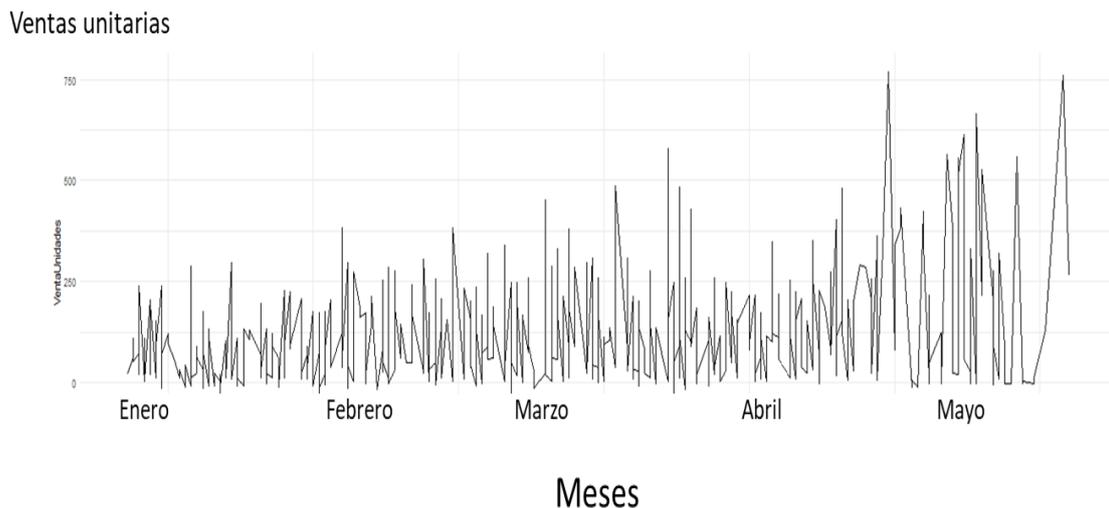


Figura 2.4 Serie de tiempo del producto 13000150

2.5 Determinación del pronóstico de la demanda

La data examinada fue la demanda promedio del año 2021 y del año 2022, donde se observa una diferencia significativa, por tanto, la demanda histórica del año 2021 no es la más adecuada para generar una política de reabastecimiento de inventario. Por ello, se utilizó la demanda promedio agregada del primer trimestre del año 2022, de forma que se propone una técnica adaptativa para la generación de la política de inventario. Un pronóstico suele ser siempre incorrecto debido a que toda estimación tiene un margen de error, sin embargo, los pronósticos con un horizonte de tiempo más corto suelen ser más precisos.

Este proyecto no tiene un alcance hacia la comparación de la mejor técnica de pronóstico, sin embargo, se propone una técnica facilitada por los científicos de datos de Facebook denominada Prophet, la cual es una biblioteca de pronósticos para Python y R, lanzada al público en el 2017. La ventaja de la librería es su capacidad de crear pronósticos confiables y robustos a partir de una serie de tiempo (Facebook Open Source, 2022) (Para visualizar el código fuente: Véase apéndice D, figura D2)

A partir del pronóstico se logra visualizar lo siguiente: los puntos negros de la figura 2.5 indican cada una de las ventas diarias desde enero hasta marzo del año 2022.

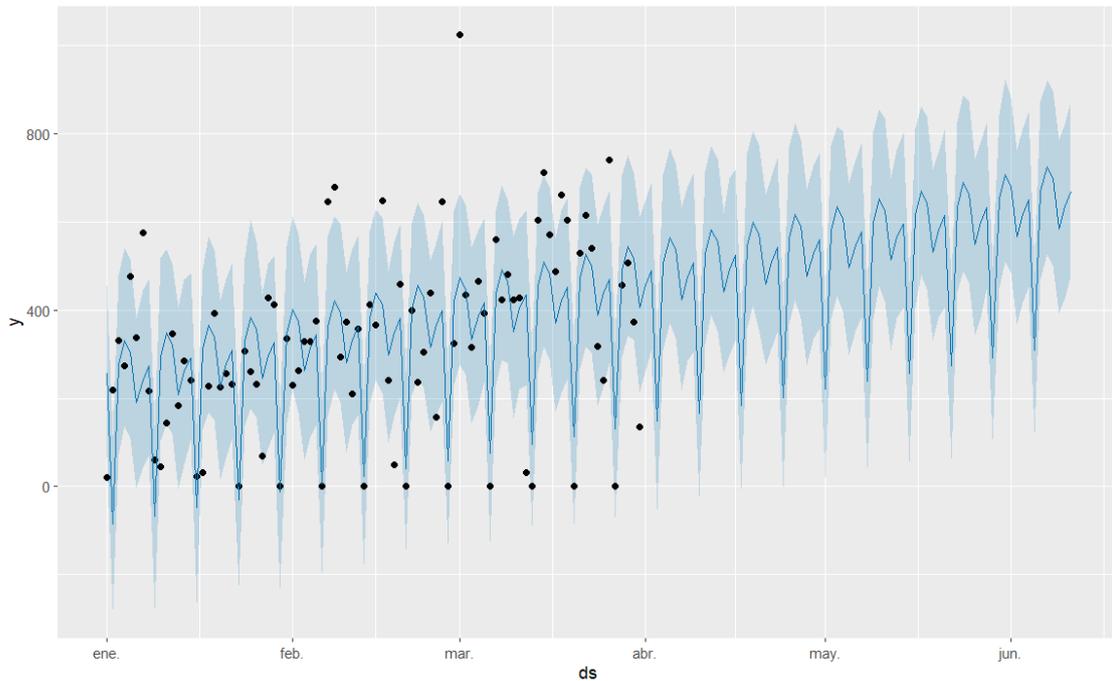


Figura 2.5 Pronóstico de las ventas diarias

La zona continua muestra la proyección de venta para los meses de abril, mayo y junio. Como se puede ver en la figura 2.6, existe una tendencia positiva de venta para el producto con código 13000150. Este pronóstico permite anticiparse a la demanda de los meses venideros.

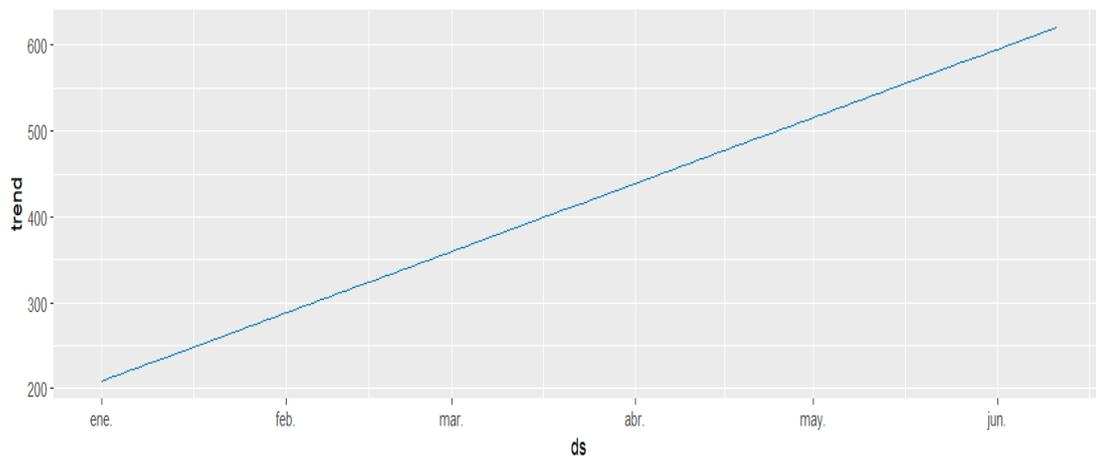


Figura 2.6 Tendencia del pronóstico para las ventas diarias

La figura 2.7 mostrada por la librería de pronósticos Prophet nos indica que los martes de cada semana existe una tendencia a mayores ventas del producto analizado.

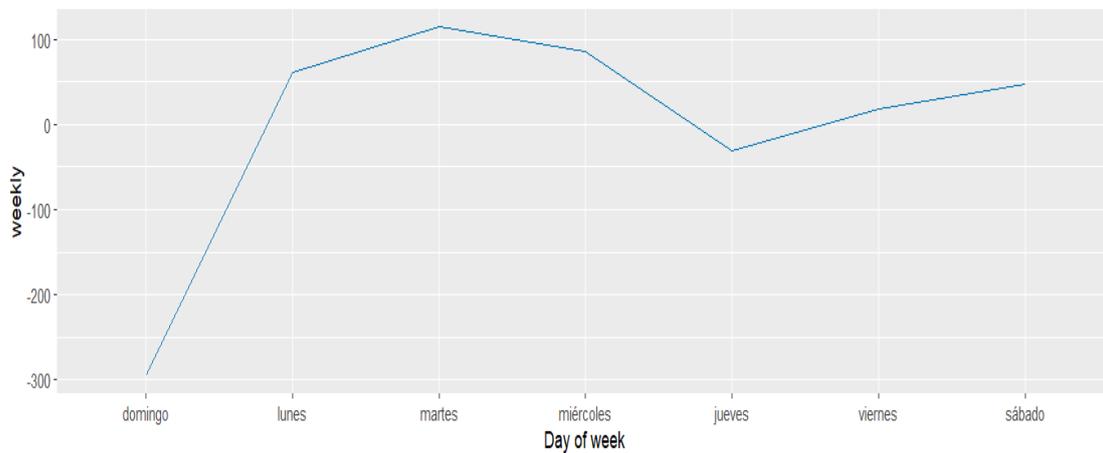


Figura 2.7 Días pico de ventas entre semana

2.6 Diseño de políticas de inventario

Para la definición de la Política de Inventario se responde a dos preguntas principales:

1. ¿Cuándo pedir?
2. ¿Cuánto pedir?

Para la definición de la política más adecuada se realizó una extensa revisión literaria aplicable a productos perecibles. Es por ello que se utilizó la política de máximos y mínimos, denominada s,S. Donde la “s” minúscula indica el punto de reorden o mínimo de inventario a tener dentro del almacén, mientras la S mayúscula indica el máximo de inventario del producto analizado. Para una mejor veracidad de los valores encontrados de forma manual se realizó simulaciones en *Arena Software* para la rectificación de estos valores (Véase apéndice E, figura E1).

Las fórmulas utilizadas son:

$$s = \hat{D} + SS$$

$$s = \hat{D} + k \times \hat{\sigma}$$

$$s = \widehat{531} + 2.05 \times 140$$

$$s = 818 \text{ unidades mínimo}$$

$$S = s + \hat{D}$$

$$S = 818 + 531$$

$$S = 1348 \text{ unidades máximo}$$

Donde:

\hat{D} = Demanda diaria promedio pronosticada

$\hat{\sigma}$ = desviación estandar de la demanda diaria pronosticada

$k = \text{factor de seguridad con una protección del } 98\%$

Considerando que el centro de distribución se encuentra cerca de la fábrica proveedora, que es confiable y donde el LT tiende a cero debido al factor de mover inventario de un almacén al CEDI, podemos considerar un $LT \approx 0$.

Considerando que el CEDI tiene un cámara de frío con una capacidad de almacenamiento limitada, la cantidad a mantener de inventario diario es reducida.

En referencia a la base de datos de capacidad de almacenamiento con las unidades de producto por pallet, para el producto analizado, se tiene que un pallet puede contener máximo 1056 unidades. Los pallets máximos por día del producto con código 13000150:

$$\text{Pallets máximos} = \frac{\text{Inventario máximo (S)}}{\text{Unidades por pallet estandarizado}}$$

$$\text{Pallets máximos} = \frac{1348}{1056 \text{ und/pallet}}$$

$$\text{Pallets máximos} = 1.27 \approx 1 \text{ pallet}$$

Para entender la política de Buffer se hace una analogía a la política conocida como R, Q donde R es el punto de reorden y la Q es la cantidad fija para utilizar en cada orden de pedido al proveedor.

Pasos que seguir para calcular el Buffer

Paso 1: Calcular la zona amarilla

Buffer Amarillo:

$$\text{Buffer Amarillo} = \hat{D} \times \text{LT desacoplado}$$

$$\text{Buffer Amarillo} = 531 \text{ unidades por día} \times 1 \text{ día}$$

$$\text{Buffer Amarillo} = 531 \text{ unidades}$$

Paso 2: Calcular la zona verde

Buffer Verde:

$$\text{Buffer Verde} = \hat{D} \times \text{LT} \times \text{Factor del Lead time}$$

$$\text{Buffer Verde} = 531 \text{ unidades por día} \times 1 \text{ día} \times 0.5$$

$$\text{Buffer Verde} = 266 \text{ unidades}$$

Cantidad Mínima Por Pedir (MOQ)

$$\text{MOQ} = \frac{1}{2} \text{ Pallet}$$

$$MOQ = \frac{1056}{2} = 528 \text{ unidades}$$

Buffer Verde real

La cantidad mayor entre el Buffer verde establecido y la cantidad mínima a solicitar, por tanto,

$$\text{Buffer Verde real} = 528 \text{ unidades}$$

Paso 3: Calcular la zona Roja

La zona roja es la seguridad insertada en el Buffer, cuanto mayor sea la variabilidad asociada al producto (demanda y Lead time) mayor será la zona roja, tabla 2.4 y tabla 2.5.

Tabla 2.4 2.5 Zona roja con leadtime corto

Rojo Base	Rango del Factor del Lead Time
Lead time largo	20-40% de Consumo Promedio Diario dentro del LT
Lead time medio	41 – 60 % de Consumo Promedio Diario dentro del LT
Lead time corto	61 - 100 % de Consumo Promedio Diario dentro del LT

Tabla 2.6 Zona roja con variabilidad media

Rojo de Seguridad	Rango del Factor de Variabilidad
Variabilidad Alta	61 - 100 % del Rojo base
Variabilidad Media	41 - 60 % del Rojo base
Variabilidad Baja	0 - 40 % del Rojo base

Buffer Rojo base:

$$\text{Buffer Rojo Base} = \hat{D} \times \text{Factor del Lead Time}$$

$$\text{Buffer Rojo Base} = 531 \times 1$$

$$\text{Buffer Rojo Base} = 531$$

Buffer Rojo de Seguridad:

$$\text{Buffer Rojo de Seguridad} = \hat{D} \times \text{Factor de Variabilidad}$$

$$\text{Buffer Rojo de Seguridad} = 531 \times 0.6$$

$$\text{Buffer Rojo de Seguridad} = 319 \text{ unidades}$$

Buffer Rojo total:

$$\text{Buffer Rojo} = \text{Buffer Rojo Base} + \text{Buffer Rojo de Seguridad}$$

$$\text{Buffer Rojo} = 531 + 319$$

$$\text{Buffer Rojo} = 850 \text{ unidades}$$

Cantidad fija para pedir:

$$\text{Buffer Verde} = 528 \text{ unidades}$$

Punto de Reorden:

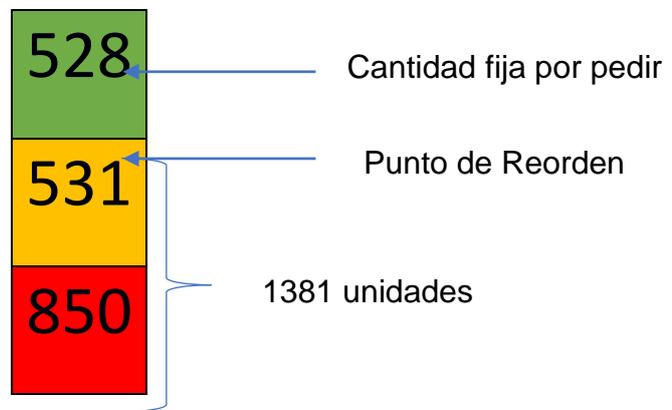
$$\text{Punto de Reorden} = \text{Buffer Amarillo} + \text{Buffer Rojo}$$

$$\text{Punto de Reorden} = 531 + 850$$

$$\text{Punto de Reorden} = 1381 \text{ unidades}$$

En la pequeña tabla 2.6 se establecen las cantidades a pedir por cada color del Buffer.

Tabla 2.7 Cantidad "Q" a pedir según el Buffer rojo, amarillo y rojo



2.7 Simulación de políticas de inventario

Entradas de la simulación en la hoja de cálculo de Excel:

Costos

- a. Costos del material

$$\text{Costo unitario del material} = \$2.20$$

- b. Costo de Mantener Inventario

Costo de mantener inventario

$$= \text{Costo de Oportunidad (\%)} \times \text{Costo unitario del material}$$

$$\text{Costo de mantener inventario} = 14 \% \times \$2.20 = \$0.31$$

- c. Costo de ordenar o pedir

$$\text{Costo de ordenar} = \$13.33$$

- d. Costo de agotados o faltante de inventario

$$\text{Costo de agotados} = \text{Precio} - \text{Costo unitario del material}$$

$$\text{Costo de agotados} = \$2.28 - \$2.20$$

$$\text{Costo de agotados} = \$0.08$$

Para la Simulación de la Política s,S se obtuvo los siguientes resultados:

1. Nivel de Servicio α

$$\text{Nivel de servicio } \alpha = 1 - \frac{\text{Número de veces que existe faltante de inventario}}{\text{Frecuencia de pedidos}}$$

$$\text{Nivel de servicio } \alpha = 1 - \frac{2}{72}$$

$$\text{Nivel de servicio } \alpha = 97\%$$

2. Nivel de Servicio β (Fill Rate)

$$\text{Nivel de servicio } \beta = 1 - \frac{\text{Cantidad total de faltantes de inventario}}{\text{Cantidad total de pedidos}}$$

$$\text{Nivel de servicio } \beta = 1 - \frac{298}{29398}$$

$$\text{Nivel de servicio } \beta = 99\%$$

3. Inventario diario promedio

$$\text{Inventario diario promedio} = \frac{\text{Suma de Stock Neto}}{\text{total de dias}}$$

$$\text{Inventario diario promedio} = \frac{57284}{72}$$

$$\text{Inventario diario promedio} = 796 \text{ unidades}$$

4. Consumo total

$$\text{Consumo total} = \text{Total pedido} - \text{Stock neto final}$$

$$\text{Consumo total} = 27886 - 433$$

$$\text{Consumo total} = 27453 \text{ unidades}$$

5. Días de Inventario

$$\text{Días de Inventario} = \frac{\text{Inventario diario promedio}}{\text{Consumo total}} \times N^{\circ} \text{ dias analizados}$$

$$\text{Días de Inventario} = \frac{796 \text{ unidades}}{27453 \text{ unidades}} \times 72 \text{ dias}$$

$$\text{Días de Inventario} = 2 \text{ dias}$$

6. Inventario diario promedio en términos monetarios

$$\text{Inventario diario promedio} = 796 \text{ unidades} \times \$2.20$$

$$\text{Inventario diario promedio en términos monetarios} = \$1750.34$$

Para la Simulación de la Política Buffer se obtuvo los siguientes resultados:

1. Nivel de Servicio α

$$\text{Nivel de servicio } \alpha = 1 - \frac{\text{Número de veces que existe faltante de inventario}}{\text{Frecuencia de pedidos}}$$

$$\text{Nivel de servicio } \alpha = 1 - \frac{6}{72}$$

$$\text{Nivel de servicio } \alpha = 92\%$$

2. Nivel de Servicio β o *Fill Rate*

$$\text{Nivel de servicio } \beta = 1 - \frac{\text{Cantidad total de faltantes de inventario}}{\text{Cantidad total de pedidos}}$$

$$\text{Nivel de servicio } \beta = 1 - \frac{1882}{29398}$$

$$\text{Nivel de servicio } \beta = 94\%$$

3. Inventario diario promedio

$$\text{Inventario diario promedio} = \frac{\text{Suma de Stock Neto}}{\text{total de días}}$$

$$\text{Inventario diario promedio} = \frac{67095}{72}$$

$$\text{Inventario diario promedio} = 932 \text{ unidades}$$

4. Consumo total

$$\text{Consumo total} = \text{Total pedido} - \text{Stock neto final}$$

$$\text{Consumo total} = 26550 - 681$$

$$\text{Consumo total} = 25869 \text{ unidades}$$

5. Días de Inventario

$$\text{Días de Inventario} = \frac{\text{Inventario diario promedio}}{\text{Consumo total}} \times \text{N}^\circ \text{ días analizados}$$

$$\text{Días de Inventario} = \frac{932 \text{ unidades}}{25869 \text{ unidades}} \times 72 \text{ días}$$

$$\text{Días de Inventario} = 3 \text{ días}$$

6. Inventario diario promedio en términos monetarios

$$\text{Inventario diario promedio} = 932 \text{ unidades} \times \$2.20$$

$$\text{Inventario diario promedio en términos monetarios} = \$2050.13$$

2.8 Evaluar desempeño de políticas de inventario

Para la evaluación de desempeño de la política propuesta, se realizó un análisis de sensibilidad para observar bajo que escenarios la política se comporta con mejor desempeño y lograr evaluar que tan robusta es la política propuesta. Se establece los

siguientes parámetros mostrados en la tabla 2.7, además, se establece el número de combinaciones experimentales en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Parámetros de entrada para el análisis de sensibilidad

Parámetros de Entrada	Valores	Unidades
Tiempo de vida útil del producto	20	días
Ciclo de reorden	1	día
Demanda promedio del periodo analizado	531	unidades / día
Desviación del periodo analizado	140	
Coefficiente de Variación	0.26	
Lead time	0	días
Periodo de Revisión	1	día

Tabla 2.9 Numero de combinaciones experimentales

Nivel	Políticas	Demanda	Días fijos de pedido	Atraso en entrega	Número total de combinaciones experimentales
Experimento 1	2	2	2	3	24

Para la demanda transformada se convirtió los datos de la demanda real del segundo trimestre del 2022 a una demanda con un mayor coeficiente de variación mediante una transformación de los datos usando la distribución uniforme. Se generó números aleatorios desde -0.5 hasta 0.5, tabla 2.9.

$$D_{ij} \times (1 + U(-0.5,0.5))$$

Tabla 2.10 Transformación de la demanda real

	Demanda real 2022	Demanda transformada
Promedio (unidades/día)	408	388
Desviación estándar	329	347
Coefficiente de variación	0.81	0.89

La simulación de políticas que se realizó podrá encontrarse en el apéndice F, tabla F1 y tabla F2.

2.9 Optimización de políticas de inventario

Como se puede observar en la figura 2.8, el diagrama de la simulación existe dos entidades de entrada para dos procesos distintos.

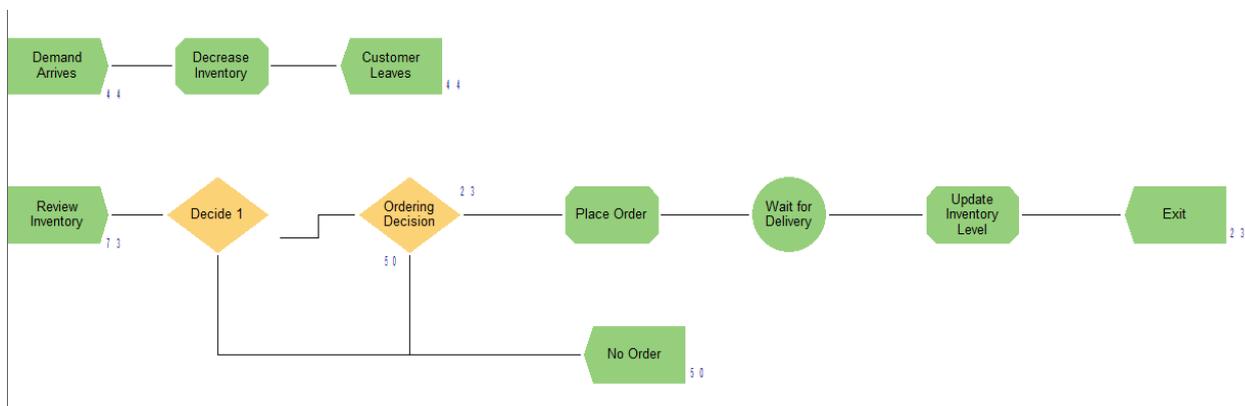


Figura 2.8 Diagrama de simulación para las políticas de reabastecimiento

El primero representa la llegada de la demanda por el producto que luego provoca la reducción del inventario debido al despacho de la mercadería y por último la salida del cliente o consumidor.

El segundo proceso representa el proceso de revisión de inventario y reabastecimiento de este, empieza con la revisión del inventario que en el caso de la empresa estudiada es continua, es decir, diariamente se encuentran realizando levantamiento del inventario que tienen en físico dentro de su almacén. Luego existe un proceso de decisión donde en caso de un nivel de inventario mayor al mínimo no se hace pedidos, caso contrario se pone un orden al proveedor, existe un corto tiempo de espera para la llegada del producto y luego se actualiza el nivel del inventario en el sistema para posteriormente dar por finalizado el proceso.

En la figura 2.9 a observar, el nivel de inventario tiene subidas y bajadas que depende del consumo diario por parte de la demanda de los clientes.

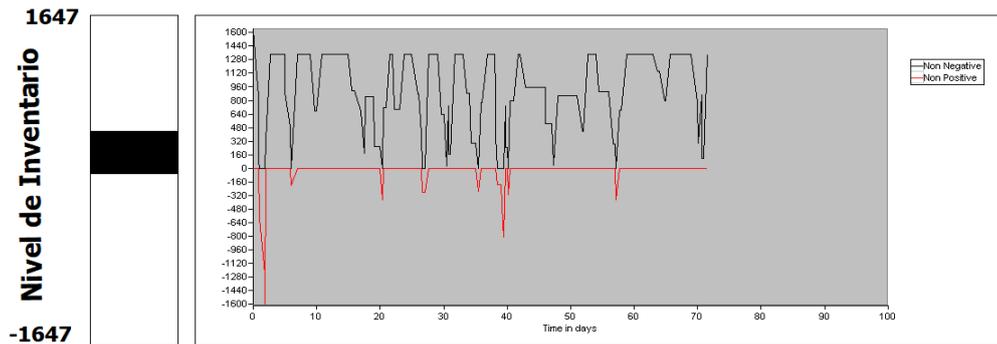


Figura 2.9 Variación del nivel de inventario

Se visualiza unas secciones donde el nivel de inventario baja al punto de quedar con faltantes de inventario en físico, sin embargo, debido al alto nivel de servicio ofrecido estos escenarios son poco frecuente con los niveles establecidos de la cantidad mínima y máxima a manejar como política de inventario.

Búsqueda Tabú-Metaheurística utilizando OptQuest

En un escenario real de control y administración del inventario existen 3 variables aleatorias como el número de unidades demandadas por orden o por tiempo, el tiempo entre demandas y el tiempo de entrega por parte del proveedor. El análisis mediante simulaciones a comparación de un análisis analítico puede acomodar cualquier suposición que parezca más razonable. Debido a la complejidad que representa un escenario real, se optó por el uso de OptQuest (Véase apéndice G).

Entidades de Entrada

- Tasa de llegada de la demanda
- Tasa de revisión del Inventario

Variables

Variables de entrada

- Cantidad máxima hasta la cual ordenar o máximo de inventario S: 1348 unidades
- Mínimo de Inventario s: 818 unidades
- Nivel de Inventario inicial: 1647 unidades
- Costo de ordenar: \$13.33
- Costo de incremento o unitario del producto: \$2.20
- Costo de mantener unitario del producto: \$0.31

- Costo de agotados unitario del producto: \$0.08
- Días para simular: 72 días

Variables de salida

- Costo total

Atributo

- Cantidad a ordenar $Q = S - \text{Nivel de Inventario}$

Restricción

- Cantidad mínima que ordenar: 500 unidades (1/2 pallet)

Función Objetivo

- Costo total = Costo de ordenar unitario x Cantidad a Ordenar

Variables de Control

- Cantidad máxima hasta la cual ordenar o máximo de inventario S: [1213,1482] unidades
- Mínimo de Inventario s: [713,898] unidades
- Nivel de Inventario: [818,1348]

Resultados de la Simulación en Arena – Rockwell Software

En base a la simulación realizada se puede observar, en la figura 2.10 el máximo de inventario óptimo es 1374 unidades y un nivel mínimo de inventario o punto de reorden de 898 unidades.

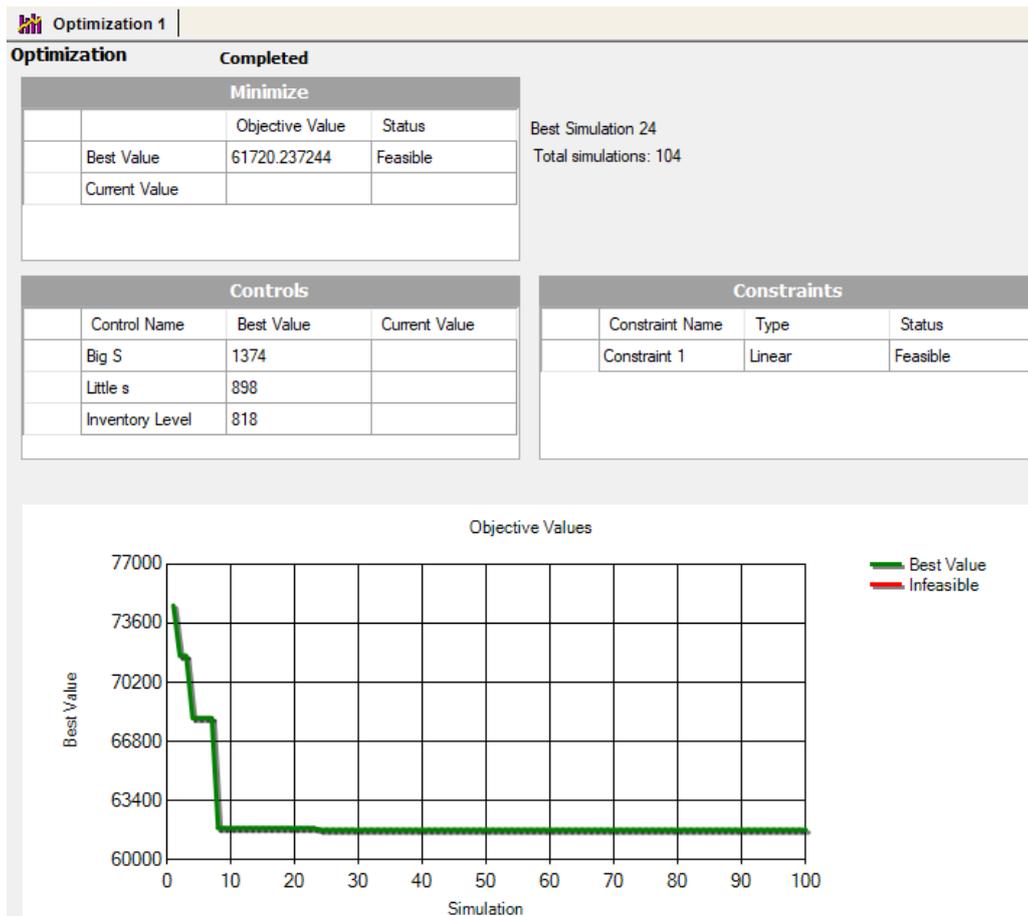


Figura 2.10 Resultado de la simulación en Arena

Mejora de la política propuesta al utilizar optimización mediante la simulación con Arena Software y Optquest

La tabla 2.11 presenta los resultados de la simulación de la política s,S realizado con Arena Software y Optquest.

Tabla 2.11 Resultado de la simulación de la política s,S

Política s,S	Nivel de servicio α (%)	Nivel de servicio β (Fill Rate) (%)	Inventario Promedio	Consumo total	Días de cobertura	Costos totales	Inventario promedio en dólares
Sin optimizar s = 818; S = 1348	97.14%	99.18%	799	29156	2	\$65,974.41	\$1,757.80
Optimizado s = 898; S = 1374	97.22%	99.27%	833	29182	3	\$66,045.00	\$1,832.60

$$\% \text{ Mejora} = \frac{\text{Fill Rate}(\text{optimizado}) - \text{Fill Rate}(\text{no optimizado})}{\text{Fill Rate}(\text{no optimizado})}$$

$$\% \text{ Mejora} = \frac{0.9927 - 0.9918}{0.9918} \times 100$$

$$\% \text{ Mejora} = 0.09\%$$

Con un porcentaje del 0.09% se concluye que la mejora con la búsqueda metaheurística no es significativa y por tanto el modelo sin realizar procedimientos de optimización se desempeña bastante bien.

2.10 Propuesta para actualización de las políticas de inventario

Para mantener las políticas de inventario actualizadas, la propuesta consta de 3 pasos:

1. Pronosticar la demanda con R studio, figura 2.12

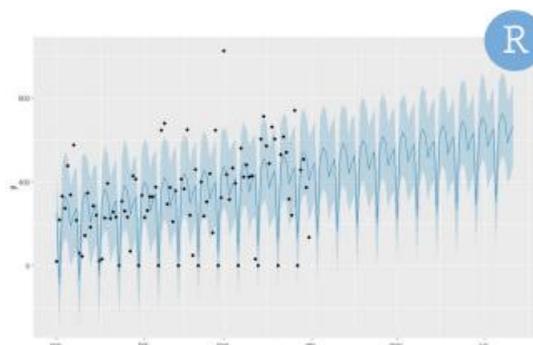


Figura 2.11 Pronóstico de demanda por SKU

2. Ingresar la demanda pronosticada del nuevo horizonte de tiempo.
3. Se obtiene el mínimo y máximo de inventario por SKU (figura 2.13)

Código	Media pronosticada	Desviación estándar	Tipo de producto	Total	ABC	Factor de seguridad	Desviación Lead time demanda	Stock de seguridad SS	Promedio Lead time demanda	Punto de reorden Política s,S	Inventario Máximo S	Pallets mínimos con Política s,S	Días de Inventario sS	Nivel de servicio
13005923	711	371.76	Lácteos	88475	A	1.28155157	801	1027	710	1737	2447	16.08	3	90%
13005924	440	252.08	Lácteos	50275	A	1.28155157	507	650	439	1089	1528	10.08	3	90%
13005925	698	326.24	Lácteos	80983	A	1.28155157	770	987	697	1684	2381	9.35	3	90%
13000283	7087	3074.82	Lácteos	828981	A	0.84162123	7725	6502	7087	13589	20676	5.90	3	80%
13000311	249	149.92	Lácteos	28000	A	0.84162123	290	244	248	492	740	3.42	3	80%
13005206	1720	724.34	Lácteos	195024	A	0.84162123	1866	1570	1719	3289	5008	5.27	3	80%
13005606	1626	628.71	Lácteos	185801	A	0.84162123	1743	1467	1625	3092	4717	4.96	3	80%
13005607	1770	689.58	Lácteos	205411	A	1.28155157	1899	2434	1769	4203	5972	6.74	3	90%
13005243	85	46.44	Lácteos	10256	C	0.52440051	96	50	85	135	220	0.30	3	70%

Figura 2.12 Política obtenida en base a la demanda pronosticada

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados del análisis de sensibilidad de la política s,S

Dentro del alcance de este proyecto se planteó conseguir nivel de servicio β (*Fill Rate*) del 98%, mediante el análisis de sensibilidad se conoce en qué tipo de escenarios es posible obtener el nivel de servicio β (*Fill Rate*) establecida. Como se puede observar en la tabla 3.1, el nivel de servicio β (*Fill Rate*) llega al objetivo cuando el LT tiende a cero, y cuando hay libertad para pedir el día en que el nivel de inventario cae por debajo del punto de reorden.

Tabla 3.1 Resultado del análisis de sensibilidad de las políticas

Políticas	Variación de la Demanda	Tiempo del Pedido	Variación de la Llegada	Nivel de servicio α (%)	Nivel de servicio β (<i>Fill Rate</i>)	Inventario Promedio	Consumo total	Días de inventario	Costos totales	Inventario promedio en dólares
Política de mínimos y máximos s,S distribución Normal $s=818$; $S=1348$	Demanda Original	Sin restriccion	0	97%	99%	799	29156	2	\$65.974,41	\$1.757,80
			1	60%	71%	457	27304	2	\$66.605,23	\$1.005,40
			2	43%	45%	255	25119	1	\$67.208,42	\$561,00
		3	11%	19%	131	26964	1	\$67.823,07	\$288,20	
		3 Veces por semana	0	100%	92%	651	27139	2	\$66.037,55	\$1.432,20
			1	37%	62%	352	26592	1	\$66.738,96	\$774,40
	2		37%	35%	190	26790	1	\$67.350,48	\$418,00	
	Demanda Transformada (Mayor variabilidad)	Sin restriccion	3	15%	8%	100	27198	1	\$67.976,54	\$220,00
			0	97%	98%	817	27457	3	\$62.907,43	\$1.797,40
			1	52%	66%	504	25495	2	\$63.615,48	\$1.108,80
		2	48%	44%	308	24744	1	\$64.084,00	\$677,60	
		3	26%	29%	176	25403	1	\$64.424,98	\$387,20	
		0	100%	90%	701	25161	3	\$63.034,88	\$1.542,20	
	3 Veces por semana	1	50%	60%	415	25507	2	\$63.682,62	\$913,00	
2		50%	42%	241	25152	1	\$64.086,19	\$530,20		
3		19%	17%	132	24897	1	\$64.628,85	\$290,40		
Buffer $r=1381$; $Q=528$	Demanda Original	Sin restriccion	0	84%	86%	859	29191	3	\$67.358,08	\$1.889,80
			1	58%	63%	559	28089	2	\$67.867,95	\$1.229,80
			2	46%	55%	318	27599	1	\$68.058,38	\$699,60
		3	23%	33%	152	25699	1	\$68.556,97	\$334,40	
		3 Veces por semana	0	3%	2%	2	29287	1	\$38.725,64	\$4,40
			1	0%	0%	0	28980	0	\$38.767,79	\$0,00
	2		0%	0%	0	28980	0	\$38.767,79	\$0,00	
	Demanda Transformada (Mayor variabilidad)	Sin restriccion	3	0%	0%	0	28980	0	\$38.767,79	\$0,00
			0	76%	80%	879	26956	3	\$63.955,97	\$1.933,80
			1	65%	68%	602	26903	2	\$64.208,86	\$1.324,40
		2	48%	59%	358	25408	2	\$64.381,68	\$787,60	
		3	26%	41%	165	25417	1	\$64.777,37	\$363,00	
		0	6%	4%	11	27759	1	\$38.564,87	\$24,20	
	3 Veces por semana	1	0%	1%	5	27304	1	\$38.623,44	\$11,00	
2		0%	1%	3	27304	1	\$38.635,37	\$6,60		
3		0%	0%	0	27700	0	\$38.648,67	\$0,00		

También se puede observar que a medida que el tiempo de entrega aumenta, hay una mayor probabilidad de quedarse faltantes de stock y que el inventario promedio aumente debido al producto llega atrasado y se acumula.

Significado del color de la bandera según su:

Nivel de servicio:

- La bandera roja nos indica que existe mayor riesgo de dejar al cliente insatisfecho a causa de los escasos de inventario.
- Mientras que la bandera amarilla indica un nivel de satisfacción aceptable, mayoritariamente existe la cantidad suficiente de inventario para suplir las ordenes durante el periodo de espera por reposición.
- La bandera verde nos indica que el nivel de servicio es el óptimo, el cliente tendrá toda su orden completa.

Fill Rate:

- La bandera roja indica que existe mayor riesgo de no satisfacer la orden completa del cliente.
- Mientras que la bandera amarilla indica un nivel de satisfacción aceptable, mayoritariamente existe la cantidad suficiente de inventario para completar las ordenes durante el periodo de espera por reposición.
- La bandera verde nos indica que todas las ordenes son satisfechas.

Días de cobertura del inventario:

- La bandera roja nos indica que existe mayor riesgo a quedarse sin inventario y no poder afrontar la demanda.
- Mientras que la bandera amarilla nos indica que tenemos inventario suficiente para abastecer a la demanda durante el periodo de espera por reposición.
- La bandera verde nos indica que el nivel de inventario para los días que se necesita cubrir es ideal, pero puede llegar a existir exceso de inventario si sobrepasa los 7 días de cobertura.

A continuación, en la figura 3.1, se presenta el análisis de medias que es una alternativa gráfica del ANOVA que prueba la igualdad de medias poblacionales.

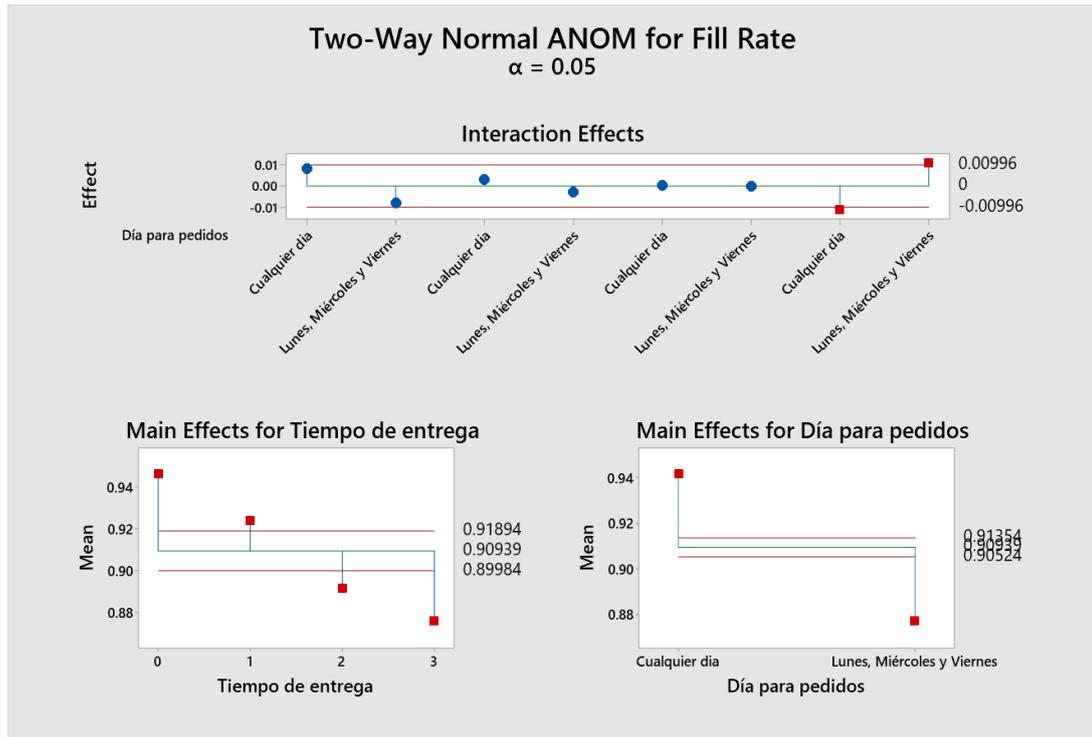


Figura 3.1 Análisis de medias poblacionales

Cuando un punto se encuentra fuera de los límites de decisión existe una evidencia significativa de que la media de los niveles del factor representada en un punto es significativamente diferente a la media general. En el caso de un tiempo de entrega mayor, el nivel de servicio β (*Fill Rate*) se ve afectado significativamente, como se observa en la gráfica donde los puntos cuadrados rojos indican que salen de los límites de decisión. Así mismo, existe evidencia significativa de un cambio de nivel de servicio β (*Fill Rate*) cuando se toma la decisión de pedir días específicos en la semana como restricción.

Como se puede visualizar en la figura 3.2 el nivel de servicio β (*Fill Rate*) tiene una diferencia significativa de desempeño dependiendo de la política de Inventario aplicada. La política de máximos y mínimos muestra un desempeño positivo hacia el objetivo estratégico de la empresa estudiada.

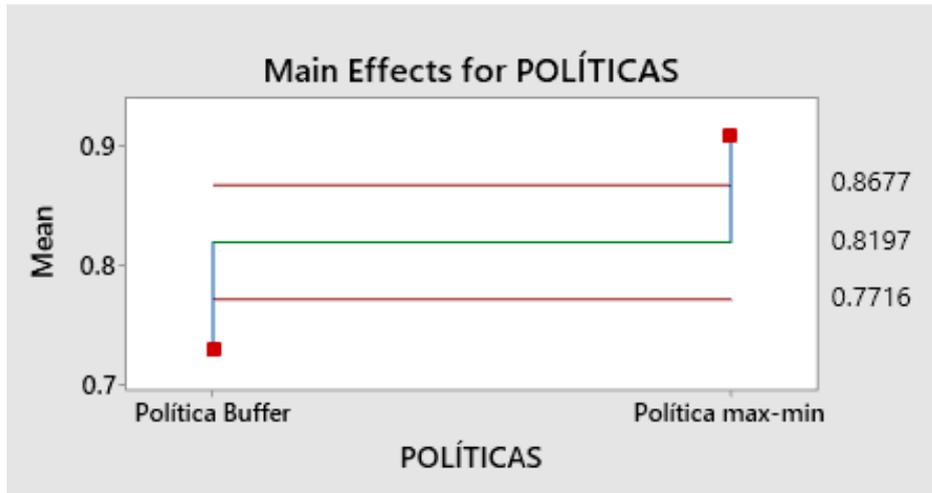


Figura 3.2 Efectos principales en las políticas

Como se presenta en la figura 3.3, un aumento del coeficiente de variación en la demanda no afecta significativamente a la política de inventario s,S. Es decir, la política es bastante robusta y adaptable a un escenario donde aumenta la variación de la demanda.

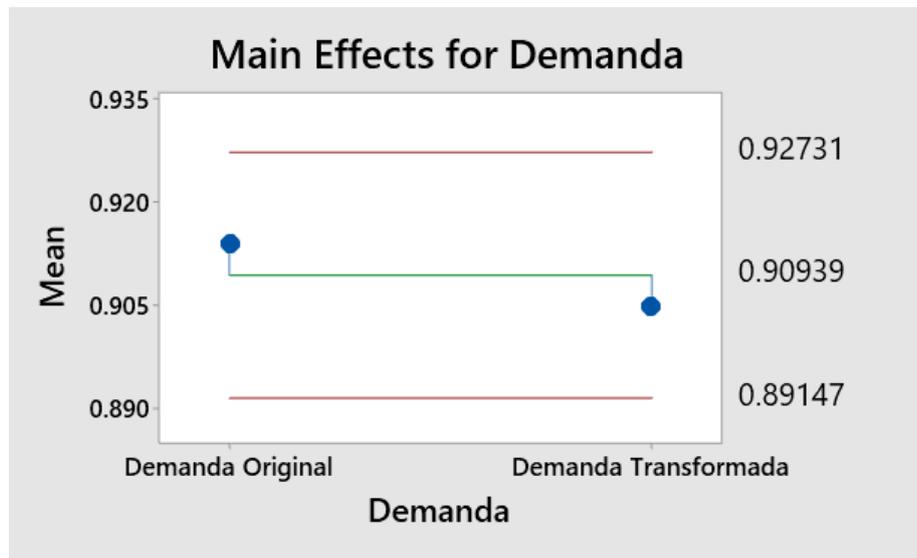


Figura 3.3 Efectos principales en la demanda

Como se puede visualizar en la figura 3.4, en el caso del escenario donde sólo se pide 3 veces a la semana (por ejemplo: lunes, miércoles y viernes) provoca en la política una reducción de su desempeño para satisfacer con pedidos completos a los clientes.

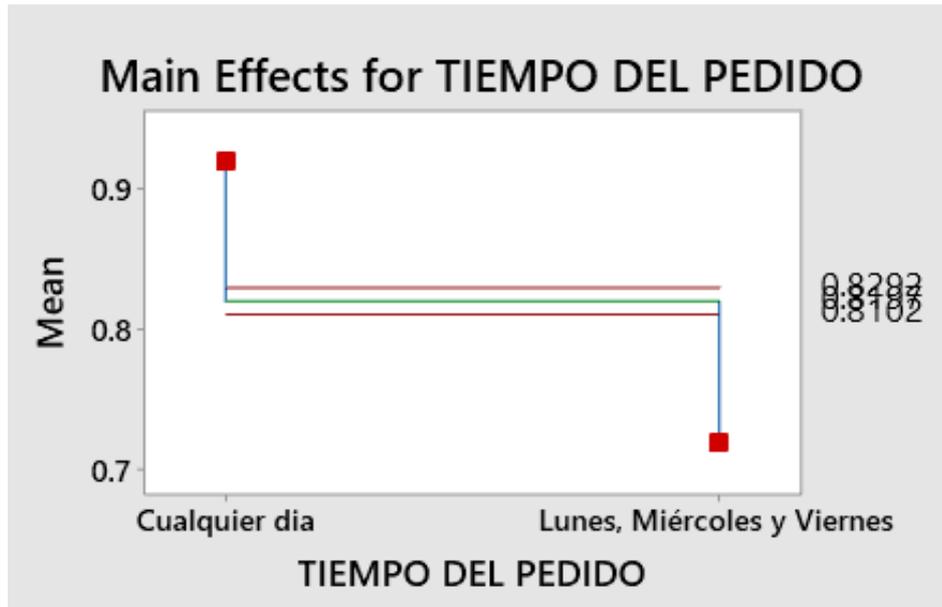


Figura 3.4 Efectos principales en el tiempo del pedido

Como se visualiza en la figura 3.5 una variación en la entrega del pedido en caso del tiempo de entrega por parte del proveedor provoca que, a mayor número de días de retraso, menor es el nivel de servicio β que puede ofrecerles a sus clientes.

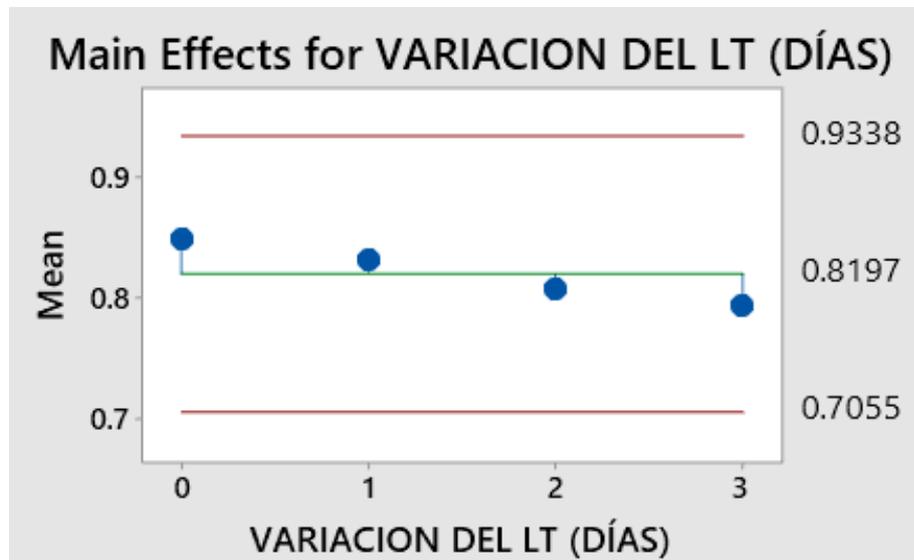


Figura 3.5 Efectos principales en la variación del LT (días)

3.2 Discusión de los resultados

Como se pudo apreciar en la figura 3.6, el mejor desempeño lo ocupa la política de Máximos y Mínimos. La política de Buffer es sensible a la variación del Lead time, provocando una reducción en su desempeño.

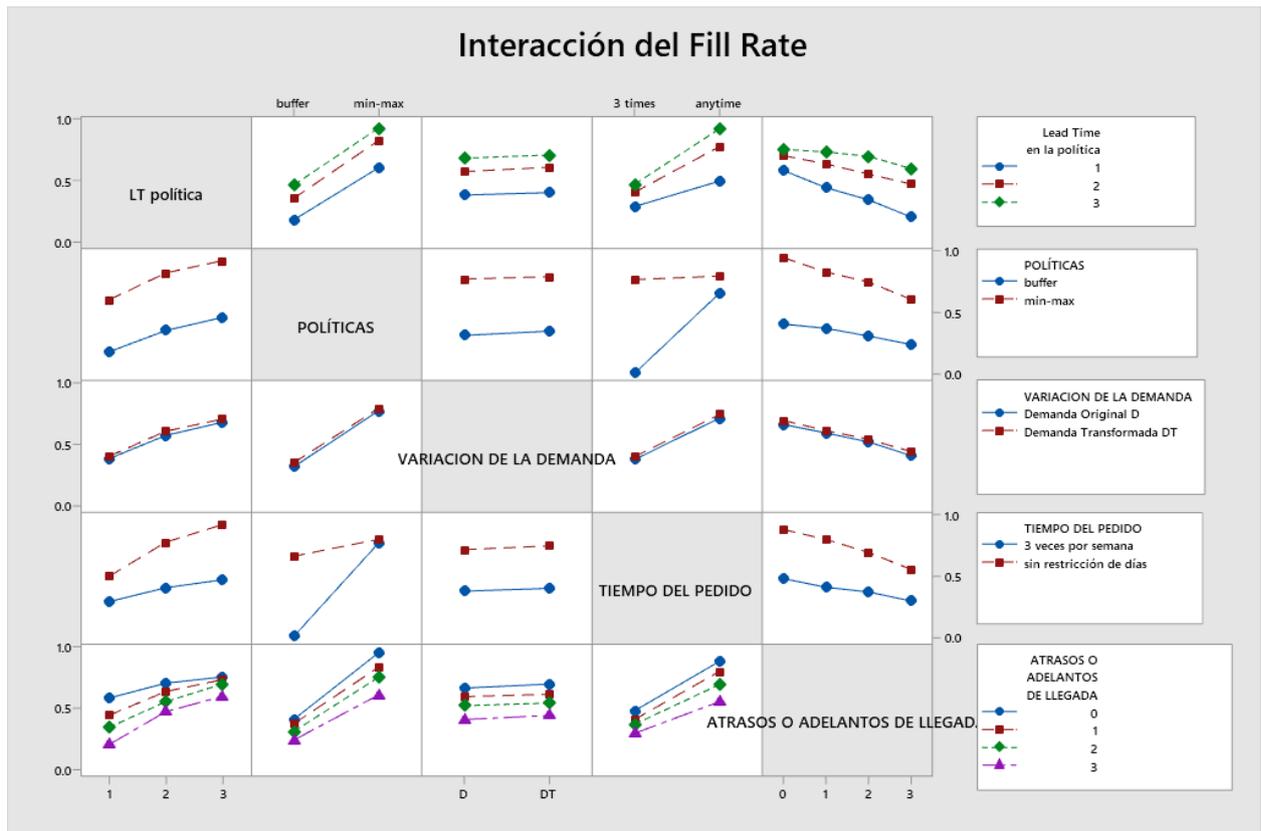


Figura 3.6 Interacción del Fill Rate con el modelo s,S y el modelo Buffer

Como se puede observar en la figura 3.7, una política de máximos y mínimos ayuda a tener un mayor nivel de servicio β .

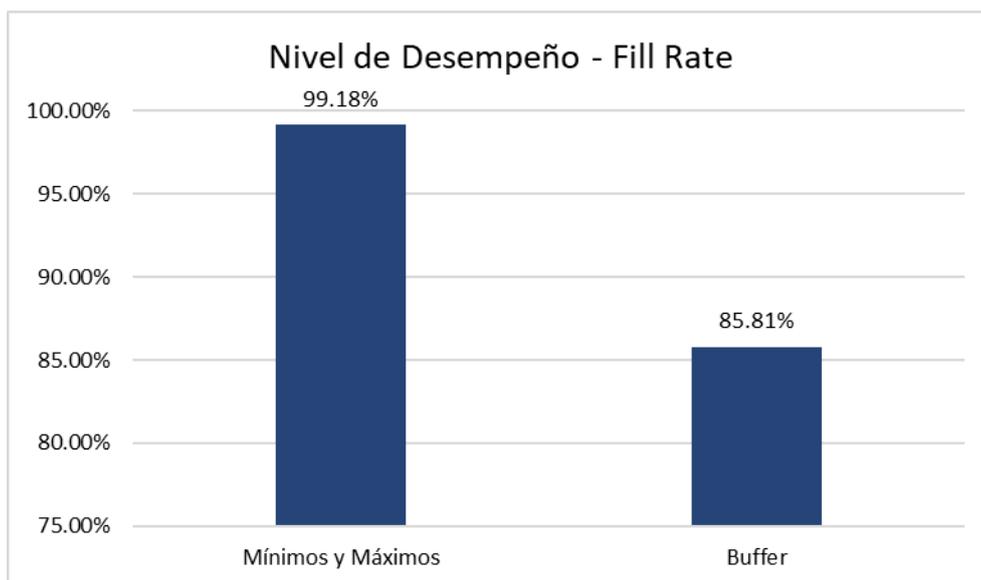


Figura 3.7 Comparación de políticas s,S y buffer en relación al nivel de servicio β

Esto demuestra como la política s,S tiene un nivel de servicio β (*Fill Rate*) mayor a la política con Buffer con una diferencia del 13.37%.

El escenario real (actual) vs el escenario con una política s,S

Como se puede observar en la tabla 3.2, a pesar de que en la realidad el nivel de servicio α es del 100%, es decir que atienden al requerimiento del cliente, no se cumple con el despacho del pedido completo y por tanto su nivel de servicio β (*Fill Rate*) es bastante bajo.

Tabla 3.2 Escenario real vs el escenario con política s,S

Políticas	Nivel de servicio α (%)	Nivel de servicio β (<i>Fill Rate</i>)
Escenario Actual	100%	69%
Política s,S distribución Normal	97%	99%

Mientras que, sucede lo contrario con el escenario de política s,S, el cual se muestra que sobrepasa al nivel de servicio β (*Fill Rate*) del 98% establecido por la empresa.

Mejora de la política propuesta con respecto al escenario actual de la empresa

$$\% \text{ Mejora} = \frac{\text{Fill Rate}(\text{escenario propuesto } s,S) - \text{Fill Rate}(\text{escenario real 2022})}{\text{Fill Rate}(\text{escenario real 2022})}$$

$$\% \text{ Mejora} = \frac{0.99 - 0.69}{0.69} \times 100$$

$$\% \text{ Mejora} = 43.48\%$$

El porcentaje de mejora determina el porcentaje de aumento o mejora por la política s,S a comparación del escenario actual. Con un porcentaje positivo, significa que la política s,S (mínimos y máximos) genera un mayor desempeño en la satisfacción al cliente con pedidos completos

Resultados de las políticas de reabastecimiento generadas para el centro de distribución

Para hallar el nivel de servicio α (Cycle service level), se utiliza primero el radio crítico, donde el costo de faltantes de inventario representa el precio del producto menos el costo de compra, mientras el costo de exceso de inventario es el costo del producto menos el valor de salvamento o rescate. Las ecuaciones matemáticas véase en el apéndice H.

$$\Phi_Z = \frac{c_s}{c_s + c_o} = \frac{p - c}{(p - c) + (c - s)}$$

Despejando,

$$\Phi_Z = \frac{c_s}{c_s + c_o} = \frac{p - c}{p}$$

Por tanto, el nivel de servicio α es

$$\Phi_Z = \text{NORMSDIST}(z)$$

Se consideró que el valor de salvamento de la empresa es cero, debido a que pasado su tiempo de vida útil el producto no se lo puede vender.

Como se puede observar en la siguiente tabla 3.3:

Tabla 3.3 Nivel de servicio α para cada producto de tipo A, B y C

Código	precio de venta	costo de compra	z	Nivel de servicio óptimo	ABC
13005220	\$0.65	\$0.55	0.15	56%	B
13000285	\$0.59	\$0.56	0.05	52%	A
13000303	\$1.78	\$1.20	0.32	63%	A
13005206	\$0.89	\$0.77	0.14	56%	B
13005766	\$0.67	\$0.54	0.19	58%	C
13000305	\$2.33	\$1.08	0.54	70%	B
13005243	\$3.08	\$2.34	0.24	59%	C
13005269	\$0.72	\$0.29	0.60	73%	C
13005923	\$3.76	\$3.52	0.06	53%	A
13005925	\$3.99	\$3.64	0.09	53%	A
13005924	\$3.76	\$3.68	0.02	51%	B
13000265	\$1.78	\$1.02	0.43	67%	B
13005202	\$1.00	\$0.76	0.24	60%	C
13000315	\$2.19	\$1.46	0.33	63%	C
13005762	\$2.37	\$1.70	0.28	61%	C
13000298	\$1.89	\$1.22	0.36	64%	C
13000332	\$2.36	\$1.35	0.43	67%	C
13000319	\$2.19	\$1.39	0.36	64%	C
13000277	\$0.65	\$0.55	0.14	56%	C
13000296	\$1.89	\$1.30	0.31	62%	A

Para establecer el nivel de servicio α (Cycle service level) de los productos tipos A, B Y C se realizó un promedio los niveles de servicio óptimos calculados.

$$\Phi_Z = \frac{p - c}{p}$$

$$\Phi_Z = \frac{2.28 - 2.20}{2.28}$$

$$\Phi_Z = 0.04$$

Por tanto, el nivel de servicio α es

$$\Phi_Z = \text{DISTR.NORM.ESTAND.N}(\Phi_Z; \text{VERDADERO})$$

Nivel de servicio $\alpha = \text{DISTR. NORM. ESTAND. } N(0.04; \text{VERDADERO})$

Nivel de servicio $\alpha = 51\%$

Para calcular el nivel de servicio α óptimo promedio para productos lácteos

nivel de servicio óptimo promedio para productos tipo A

$$= \sum \text{nivel de servicio óptimo de cada producto tipo A}$$

nivel de servicio óptimo promedio para productos tipo A

$$= \frac{52\% + 63\% + \dots + 62\% + 47\%}{35} = 61\%$$

nivel de servicio óptimo promedio para productos tipo B

$$= \sum \text{nivel de servicio óptimo de cada producto tipo B}$$

nivel de servicio óptimo promedio para productos tipo B

$$= \frac{56\% + 56\% + 70\% \dots + 62\% + 56\% + 51\%}{22} = 60\%$$

nivel de servicio óptimo promedio para productos tipo C

$$= \sum \text{nivel de servicio óptimo de cada producto tipo C}$$

nivel de servicio óptimo promedio para productos tipo C

$$= \frac{58\% + 59\% + 60\% \dots + 45\% + 34\% + 33\%}{38} = 56\%$$

Para calcular el nivel de servicio α óptimo promedio para productos congelados

nivel de servicio óptimo promedio para productos tipo A

$$= \sum \text{nivel de servicio óptimo de cada producto tipo A}$$

nivel de servicio óptimo promedio para productos tipo A

$$= \frac{64\% + 67\% + \dots + 66\% + 62\%}{13} = 62\%$$

nivel de servicio óptimo promedio para productos tipo B

$$= \sum \text{nivel de servicio óptimo de cada producto tipo B}$$

$$\begin{aligned} & \text{nivel de servicio \acute{o}ptimo promedio para productos tipo B} \\ & = \frac{61\% + 72\% + \dots + 54\% + 52\%}{22} = 62\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{nivel de servicio \acute{o}ptimo promedio para productos tipo C} \\ & = \sum \text{nivel de servicio \acute{o}ptimo de cada producto tipo C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{nivel de servicio \acute{o}ptimo promedio para productos tipo C} \\ & = \frac{73\% + 59\% + 63\% + \dots + 71\% + 43\% + 29\%}{22} = 61\% \end{aligned}$$

Basado en las especificaciones de dise\u00f1o, se necesita 3 d\u00edas m\u00ednimos de cobertura de inventario para los productos l\u00e1cteos y se necesita que las posiciones ocupadas por la suma de todos los productos no sobrepasen el l\u00edmite de 150 posiciones. Por ello, para generar la pol\u00edtica de inventario sustentada en dichas especificaciones, se propuso 3 opciones (propuestas) con distintos niveles de servicio α (Cycle service level) a ofrecer por el tipo de producto, como se visualiza en la tabla 3.4.

La opci\u00f3n A y la opci\u00f3n B fueron acordados con el cliente y la opci\u00f3n C se basa en la formulaci\u00f3n matem\u00e1tica adjunta en el ap\u00e9ndice H (Ecuaciones Matem\u00e1ticas). La opci\u00f3n C encuentra los niveles de servicio α (Cycle service level) basado en el balance entre los costos de sobre inventario y costos de faltantes de inventario por cada producto. Donde posteriormente se realiz\u00f3 un promedio de nivel de servicio α (Cycle service level) para los tipos de productos clasificados como A, B y C.

Para los productos l\u00e1cteos, la mejor opci\u00f3n (Opci\u00f3n B) son niveles de servicio α del 90%, 80% y 70% para los productos tipo A, B y C respectivamente, dado que se necesita una cobertura m\u00ednima de 3 d\u00edas y que no sobrepase el 100% de utilizaci\u00f3n de la c\u00e1mara fr\u00eda. Para la visualizaci\u00f3n de las pol\u00edticas generadas en los productos l\u00e1cteos v\u00e9ase ap\u00e9ndice I, tabla I1, tabla I2 y tabla I3.

Tabla 3.4 Nivel de servicio α y Utilización de la cámara fría

Políticas propuestas	Opción A	Mejor Opción (Opción B)	Opción C
Nivel de Servicio para productos tipo A	98%	90%	61%
Nivel de Servicio para productos tipo B	90%	80%	60%
Nivel de Servicio para productos tipo C	80%	70%	56%
Posiciones ocupadas	180	139	84
Utilización de la cámara de frío	120%	93%	56%
Máximo días de cobertura con el inventario	3	3	2

Así mismo, se aplicó los mismos pasos mencionados para los productos congelados, donde la opción A y la opción B fueron acordados con el cliente y la opción C se basa en la formulación matemática adjunta en el apéndice F (Formulación Matemática). La tabla 3.5 muestra que la mejor opción (Opción C) con niveles de servicio del 62%, 62% y 61 % para los productos tipo A, B y C respectivamente, cumple con la capacidad de almacenamiento y el menor número de días de cobertura de inventario (mayor rotación del inventario). La opción C nos indica una utilización del 43% lo cual beneficia para responder ante un incremento de la demanda de los productos congelados. Para la visualización de las políticas generadas en los productos congelados véase apéndice I, tabla I4, tabla I5 y tabla I6.

Tabla 3.5 Nivel de servicio α y Utilización en los cuartos de congelación

Políticas propuestas	Opción A	Opción B	Mejor Opción (Opción C)
Nivel de Servicio para productos tipo A	98%	90%	62%
Nivel de Servicio para productos tipo B	90%	80%	62%
Nivel de Servicio para productos tipo C	80%	70%	61%
Posiciones ocupadas	28	27	25
Utilización de la cámara de frío	48%	47%	43%
Máximo días de cobertura con el inventario	46	44	43

Una utilización de capacidad mayor al 100% del almacenamiento indicaría sobrepasar la cantidad de máxima de posiciones de la cámara fría y de los congeladores, lo cual no permite a futuro responder al crecimiento de la demanda.

En este análisis se considera que, a mayor nivel de servicio α (Cycle service level), mayor será el stock de seguridad y por tanto mayor será el inventario para almacenar dentro de los espacios asignados. Una técnica de pronóstico adaptativa y una política actualizable cada trimestre permite adaptarse a la demanda cambiante a lo largo del año.

Resultado del *triple Bottom line*

Como se puede apreciar en la tabla 3.6, a nivel de objetivos de sostenibilidad un incremento del nivel de servicio nos permite incrementar tanto la satisfacción al cliente como incrementar las ganancias de la compañía. Mientras que una reducción del nivel de servicio asignado a productos tipo C nos permite reducir los desperdicios generados por productos que llegan a caducar por no tener una salida rápida de la bodega.

Tabla 3.6 Resultados del triple bottom line

Objetivo	Descripción	Situación Inicial (Nivel de Servicio)	Situación Inicial (Nivel de Servicio)	% de Mejora	
Social	Aumentar la satisfacción al cliente mediante el incremento del Fill Rate de productos tipo A	69%	90%	↑ 30%	Incrementa la satisfacción al cliente
Económico	Reducir las ventas perdidas mediante el incremento del Fill Rate de productos tipo A	69%	90%	↑ 30%	Incrementa las ganancias de la empresa
Ambiental	Reducir la generación de desperdicios mediante la reducción del stock de seguridad a los productos tipo C	69%	56%	↓ 19%	Decrementa los desperdicios generados por sobrestock y fecha corta de productos tipo C (baja rotabilidad)

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La política s,S permite obtener una política robusta, es decir, adaptable a la complejidad de un escenario real donde puede existir retrasos en la entrega por parte del proveedor, aumento en la variación del tamaño de la demanda y retrasos en pedir a tiempo la mercadería.
- Una política de inventario basada en una técnica adaptativa del pronóstico de la demanda permite tener valores más cercanos a la realidad. Mientras más corto sea el horizonte de tiempo, mayor precisión tendrá el pronóstico de la demanda.
- Se logró definir el nivel de servicio adecuado a ofrecer según el tipo de producto y basado en la capacidad límite de almacenamiento.
- Se logró realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa respecto a su nivel de desempeño mediante los reportes de no despachos por motivos de faltantes de inventario y productos con fecha corta o vencida.
- Se logró utilizar la formulación matemática del modelo de vendedor de periódicos para determinar el nivel de servicio óptimo basado en el balance entre los costos de sobre inventario y costos de faltantes de inventario.
- Se logró realizar la evaluación de desempeño de un entorno real cómo el retraso de la mercadería al Centro de distribución, la fluctuación de la demanda y la restricción para solicitar un máximo de días dentro de la semana.
- Se logró conocer que una política con un punto de reorden fijo (Buffer) tiene la desventaja de no adaptarse a los escenarios reales.
- Se logró entender la relevancia de tener inventario para responder ante las exigencias del consumidor.
- Se logró conocer que mientras mayor sea el nivel de servicio que la empresa quiere ofrecer a sus clientes, mayor será el stock de seguridad a almacenar y por tanto mayor será el espacio de almacenamiento requerido.

- Se logró comprender la utilidad del manejo de softwares libres como R y su gran potencial para entregar resultados rápidos y precisos de grandes bases de datos.
- Se logró realizar la comprobación de la optimización de la política de inventarios mediante la búsqueda metaheurística que obtiene el mejor valor a medida que se realiza las simulaciones.

Recomendaciones

- Para futuras investigaciones se recomienda analizar los parámetros de promociones, descuentos y devoluciones coordinando con el departamento de estrategia de mercado.
- Se recomienda implementar los valores obtenidos mediante los cálculos matemáticos en el sistema de manejo de inventario SAP.
- Se recomienda realizar un control de inventario automático mediante las tecnologías de la Información, de manera que se evite datos aberrantes dentro del registro.
- Se recomienda utilizar la herramienta de pronósticos Prophet con datos de registros diarios para proveer de más información a la librería y se logre obtener tendencias por días de la semana, por meses del año, por años y por feriados, de manera que se pueda realizar una evaluación más profunda y completa de las tendencias del mercado.
- Se recomienda el uso de técnicas como Poka Yoke dentro de los documentos de registro para evitar cualquier tipo de error.

BIBLIOGRAFÍA

- Assis de Souza, T., Alcântara Pinto, G., Rodrigues Antunes, L. G., & Grützmán, A. (2022). SIPOC-OI: a proposal for open innovation in supply chains. *Innovation & Management Review*. <https://doi.org/10.1108/INMR-12-2020-0182>
- Andrade Cedeño, R., Cabanilla Sánchez, B., & Abad Morán, J. (2022). Diseño de Políticas de inventario para una institución pública utilizando modelos de simulación. *Revista Tecnológica ESPOL*, 180-194.
- Banks, J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D. (s.f.). Inventory and Supply Chains Systems. En *Discrete Event System Simulation*. Prentice Hall.
- Bowersox, D. J., & Closs, D. J. B. C. M. (Eds.). (2009). *Administración y logística en la cadena de suministros* (Segunda edición). McGraw Hill / Interamericana Editores S.A. De C.V.
- Cedeño Andrade, S. C. M. A. (2022). Diseño de política de inventario para una institución pública utilizando modelos de simulación. *Revista Tecnológica ESPOL*.
- Chiadamrong, N. (2017). Inventory management of perishable products in a retail business: a comparison with and without in store replenishment policies under different purchasing batch sizes. *International Journal of Logistics Systems and Management*.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. Pearson.
- Duong, L. N. K., Wood, L. C., & Wang, W. Y. C. (2015). A Multi-criteria Inventory Management System for Perishable & Substitutable Products. *Procedia Manufacturing*, 2, 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.012>
- EL UNIVERSO. (29 de Septiembre de 2020). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/09/29/nota/7995577/desperdicio-alimentos-ecuador-fao-sostenibilidad-economia-wwf/>
- Errasti, A., Chackelson, C., & Santos, J. (2010). Sistema experto de mejora de la gestión de inventarios soportado en métodos de previsión de demanda: Estudio de

caso. 4 *Th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*.

Facebook Open Source. (2022). *facebook.github*. Obtenido de <https://facebook.github.io/prophet/>

Heizer, J. H., & Render, Barry. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones: decisiones estratégicas*. Pearson Prentice Hall.

Ing. Luis Mora García. (2005). *Diccionario de Logística y SCM*. Consultoría y formación en logística integral.

Koschat, M. A., Berk, G. L., Blatt, J. A., Kunz, N. M., LePore, M. H., & Blyakher, S. (2003). Newsvendors tackle the newsvendor problem. *Interfaces*, 33(3), 72–84. <https://doi.org/10.1287/INTE.33.3.72.16010>.

Khouja, M. (1999). The Single period (newsvendor) problem: literature review and suggestions for future research. *The International Journal of Management Science*.

Macías Lopez, A., Cárdenas Barrón, L. E., Peimbert García, R. E., & Mandal, B. (2021). An Inventory Model for Perishable Items with Price, Stock and Time dependent demand rate considering Shelf Life and Nonlinear Holding Costs. *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*.

Nahmias, S. (1975). COMPARISON OF ALTERNATIVE APPROXIMATIONS FOR ORDERING PERISHABLE INVENTORY. *INFOR Journal*, 13(2), 175–184. <https://doi.org/10.1080/03155986.1975.11731604>

Nahmias, S., & Wang, S. S. (1979). HEURISTIC LOT SIZE REORDER POINT MODEL FOR DECAYING INVENTORIES. *Manage Sci*, 25(1), 90–97. <https://doi.org/10.1287/MNSC.25.1.90>

Pauls-Worm, K. G. J., & Hendrix, E. M. T. (2015). SDP in inventory control: Non-stationary demand and service level constraints. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9156, 397–412. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21407-8_29

- Piva, E., Tebaldi, L., Vignali, G., & Bottani, E. (2020). Optimization of a perishable inventory system: A simulation study in a Ho. Re.Ca.company. *International Doof Operations & Processing Simulation Workshop*.
- Roberto Carro Paz, & Daniel Gonzáles Gómez. (2022). Gestión de Stock. *Administración de Las Operaciones*.
- Schmidt, C. P., & Nahmias, S. (1985). (S - 1, S) Policies for Perishable Inventory. *Http://Dx.Doi.Org/10.1287/Mnsc.31.6.719*, 31(6), 719–728. <https://doi.org/10.1287/MNSC.31.6.719>
- Taha, H. A. (202). *Investigación de Operaciones* (Novena ed.). México: Pearson Educación.
- Taylor, S. J., & Letham, B. (s.f.). Forecasting at scale. *PeerJ Preprints*. doi:<https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.3190v2>
- USAID | PROYECTO DELIVER. (2011). Manual de logística: Guía práctica para la gerencia de cadenas de suministros de productos de salud. *Orden de Trabajo 1, Segunda edición*.
- Vidalis, M., Vrisagotis, V., & Varlas, G. (2013). Performance evaluation of a two-echelon supply chain with stochastic demand, lost sales, and Coxian-2 phase replenishment times. *International Transactions in Operational Research*. doi: <https://doi.org/10.1111/itor.12057>
- Zylstra, K. D. (2006). *Lean Distribution Applying Lean Manufacturing to Distribution, Logistics, and Supply Chain*.

APÉNDICES

Apéndice A. Glosario

Buffer Verde: Todo está correcto, el inventario es ideal. Pero deberían revisar, pues puede haber exceso de inventario.

Buffer Amarillo: El inventario aún sigue siendo ideal, aún se encuentra a un buen nivel. Pero se recomienda reaprovisionar.

Buffer Rojo: ¡Peligro! ¡está por debajo de la línea amarilla!, podría existir faltantes o ya se encuentran con productos incompletos. En esta zona, el producto ya debería estar por llegar para reabastecerse.

Centro de distribución: bodegas intermedias donde los productos provienen de diferentes ubicaciones y son almacenados. De aquí los productos son preparados y entregados a los diversos clientes distribuyéndose de forma específica.

Coefficiente de Variación de la Demanda: Es un coeficiente capaz de indicar si la demanda es aproximadamente constante o una demanda cambiante con el tiempo. Mientras mayor sea el CV, mayor es la volatilidad de la demanda del producto.

Coefficiente de Variación del tamaño de la Demanda: Es un caso especial de CV, donde se mide la variabilidad relativa en las cantidades demandas de un producto, es decir, donde los valores de la demanda histórica sean diferentes de cero.

Costos de faltantes: Es el costo por tener una unidad menos de inventario comparado a lo demandado por los clientes.

Costos de sobre inventario: Es el costo por mantener una unidad adicional de inventario comparado a lo demandado por los clientes.

Demanda: Es la venta o consumo potencial de un producto por periodo. El periodo puede estar en día, mes, año, etc. Incluye los productos vendidos y aquellos productos no vendidos por tener falta de stock. Frecuentemente se trabaja con los datos históricos de ventas o consumos reales.

Estrategia de Amortiguamiento: Algunas estrategias de amortiguamiento o Buffer son vínculos importantes para mantener flujos de clientes de manera fluida. Siempre habrá brechas en las necesidades del mercado, la experiencia del cliente, los procesos internos y las ofertas que requieren inversión. Estos buffers pueden estar formados por

stock, capacidad o tiempo. Las organizaciones utilizan principalmente el inventario como respaldo, ya que es mucho más fácil de escalar, rastrear y administrar. El tiempo no se lo considera como una estrategia de Buffer de largo plazo, si el plan falla se degrada el valor del servicio de los clientes que esperan.(Zylstra, 2006).

Horizonte de planeación: Es la relación entre el horizonte de planeación de abastecimiento, el comportamiento de la demanda y la naturaleza del producto.

- **Un solo periodo:** Aquellos productos con un corto tiempo de vida útil como los productos perecibles o de estilo y con demanda estacionaria o no estacionaria.
- **Periodo finito:** Aquellos productos con un costo de material muy cambiante, con naturaleza del producto no perecible y demanda no estacionaria.

Periodo infinito: Aquellos productos con un costo de material poco o nada cambiante para productos no perecibles y con demanda estacionaria.

Inventario: Mercadería que dispone la empresa dentro de sus almacenes cuyo costo está valorado con respecto a su adquisición, por la venta o por las actividades de producción. Los inventarios adicionalmente de las materias primas también consisten en productos sin terminar del almacén y productos terminados para la venta o bienes, partes y accesorios utilizados en la fabricación de bienes para la venta o la prestación de servicios.

Inventario en un Centro de Distribución: Mercancía almacenada durante un corto periodo de tiempo para satisfacer la demanda de los clientes.

Tiempo de reabastecimiento: Es el tiempo de espera desde que se solicita los lotes de productos al proveedor hasta que se recibe el pedido completo y con la calidad solicitada. Puede ser expresado en días o semanas. Existen 3 tipos de lead time: instantáneo, constante y variable.

Nivel de servicio β : también llamado *Fill Rate* o tasa de abastecimiento Indica que un porcentaje de la demanda tiene que ser abastecida desde el almacén de inventario, considera la entrega de pedidos completos al cliente. Sólo puede ser evaluada si la demanda es conocida (Ing. Luis Mora García, 2005).

Políticas de inventario: Las políticas de reaprovisionamiento consisten en tomar decisiones sobre cuándo realizar el pedido y cuánto pedido debe realizarse. Estas

decisiones, junto con la tasa de llenado FR y el nivel de servicio del ciclo CSL, determinan el ciclo y el nivel de seguridad (Chopra & Meindl, 2013). Las políticas de inventario pueden establecerse de muchas formas. Por el momento se enfocará en estos dos tipos:

- **Revisión continua del inventario:** Se revisa el nivel de inventario constantemente y cuando el inventario baja se realiza una solicitud de reabastecimiento.
- **Revisión periódica de inventario:** Se revisa el inventario cada cierto tiempo definido por la empresa.

Política de inventario s,S: La estrategia s,S también se la identifica como sistemas de máximos y mínimos, donde “s” sería el mínimo, mientras que “S” representaría el máximo. En esta política se mantiene una regla, se debe comprobar periódicamente el nivel de inventario y realizar pedidos si se encuentra en un margen inferior al nivel mínimo. Además, es recomendado utilizar puntos de stock de seguridad, porque, en casos excepcionales el inventario podría encontrarse a niveles bajos antes del próximo reabastecimiento. Este método de muestreo se utiliza para evitar faltantes y tener un bajo nivel de seguridad.(USAID | PROYECTO DELIVER, 2011)

Pronósticos de la demanda: Los pronósticos de la demanda permiten anticiparse a los futuros escenarios de demanda por parte de los clientes, sin embargo, es importante resaltar que ningún pronóstico es totalmente certero de lo que realmente ocurrirá. Toda estimación tiene un margen de error y sucesos inesperados o variables fuera del control de la empresa pueden salirse de las manos como los paros nacionales, catástrofes naturales, epidemias, etc. Para combatir la incertidumbre se puede hacer un seguimiento continuo de error de pronóstico, mantener un stock de seguridad y no enfocarse en obtener un valor exacto. Además, mientras menor sea el horizonte de un pronóstico más preciso puede llegar a ser.

Variabilidad en el momento de la Demanda Se mide a través del ADI (*Average Demand Interval*) que es la suma de diferencias de intervalos de tiempo con demanda no cero entre ellos para el número de intervalos con demanda entre ellos. Cuando las series de tiempo con intervalos promedio entre demanda es mayor o igual a 1.32 se considera variabilidad alta en el momento de la demanda. En términos simples, significa que por ejemplo hoy solicitan a la empresa producto, luego vuelven a solicitar

producto dentro de un mes y consecutivamente luego de un día y posteriormente solicitan luego de 3 meses. Por tanto, varios meses la demanda es cero, pero en ciertas ocasiones los pedidos son consecutivos en días.

Ventajas y Desventajas de la política de inventario s,S (máximo y mínimo)

Para elegir qué tipo de política de inventario será la más óptima, deberían reconocer las características de cada operación logística a la cual será aplicada (USAID | PROYECTO DELIVER, 2011). En la figura 1.6 se redacta ciertos aspectos importantes a tomar en cuenta en el modelo s,S, mostrando sus ventajas y desventajas.

Apéndice B. Recolección de datos

Tabla B1 Lista de productos lácteos

Nro.	Código	Tipo de producto
1	13000148	Lácteos
2	13000149	Lácteos
3	13000150	Lácteos
4	13000151	Lácteos
5	13000187	Lácteos
6	13000188	Lácteos
7	13000189	Lácteos
8	13000191	Lácteos
9	13000192	Lácteos
10	13000193	Lácteos
11	13000195	Lácteos
12	13000196	Lácteos
13	13000197	Lácteos
14	13000209	Lácteos
15	13000211	Lácteos
16	13000212	Lácteos
17	13000213	Lácteos
18	13000215	Lácteos
19	13000216	Lácteos
20	13000221	Lácteos

Se constató la cantidad de SKU's que alberga la cámara fría. Hay una existencia total de 95 SKU's en la lista, de los cuales 45 SKU's se encuentran en el cámara. Además, hubo 11 SKU's adicionales que fueron identificados a partir de la última verificación. La tabla solo es una fracción de la lista completa de los productos lácteos.

Tabla B2 Lista de productos congelados

Nro.	Código	Tipo de producto
1	13000364	Congelados
2	13000371	Congelados
3	13000372	Congelados
4	13000375	Congelados
5	13000378	Congelados
6	13000379	Congelados
7	13000383	Congelados
8	13000384	Congelados
9	13000385	Congelados
10	13000386	Congelados
11	13000388	Congelados
12	13000390	Congelados
13	13000391	Congelados
14	13000392	Congelados
15	13000394	Congelados
16	13000395	Congelados
17	13000450	Congelados
18	13000451	Congelados
19	13000452	Congelados
20	13000452	Congelados

Se constató la cantidad de SKU's que alberga los congeladores. Hay una existencia total de 39 SKU's en la lista, de los cuales 35 SKU's se encuentran en los congeladores. La tabla solo es una fracción de la lista completa de los productos congelados.

Figura B1 Validación de los productos con la lista de productos lácteos



Figura B2 Validación de los productos con la lista de productos congelados



Figura B3 Distribución de los productos en cámara fría

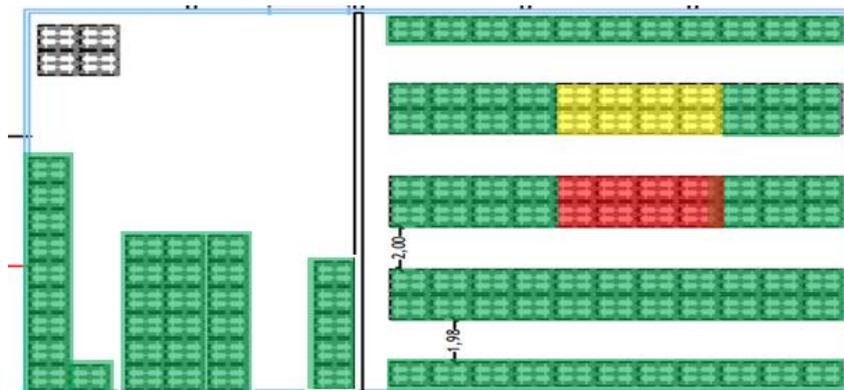


Figura B4 Distribución de los productos en contenedores

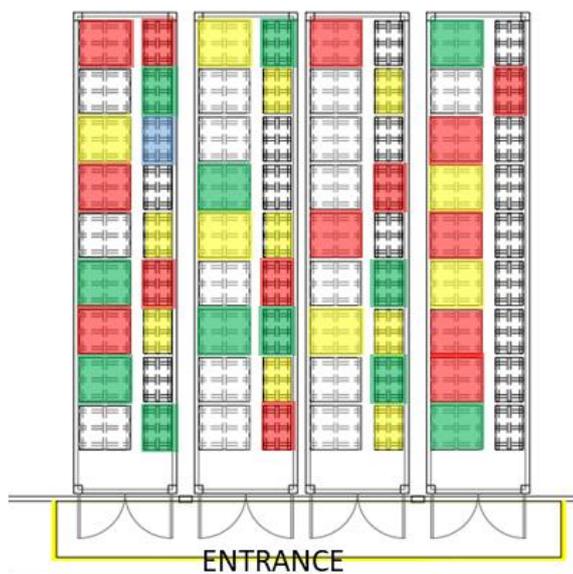


Figura B5 Medición Cámara Fría

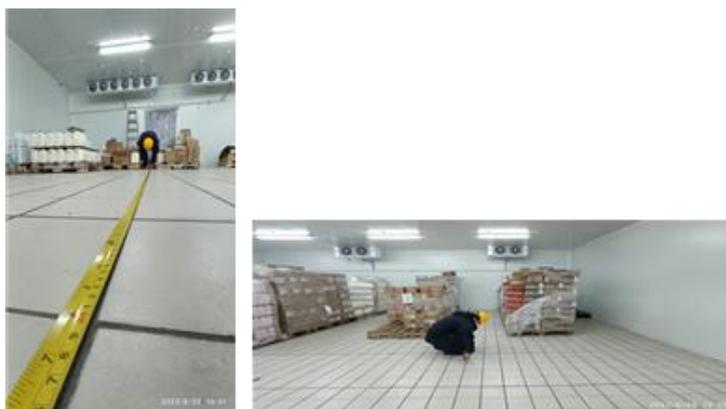


Figura B6 Medición interna del contenedor



Tabla B3 Dimensiones de la cámara fría - medición manual

DIMENSIÓN DE LA CÁMARA FRÍA	
ALMACENAMIENTO Y AREA DE PICKING	
ANCHO :	25,75 ±0,001 m
LARGO :	17,46 ±0,001 m
ALTO :	290 ±0,001 m

Valores obtenidos luego de la medición de forma manual de la cámara fría.

Tabla B4 Dimensiones interna del contenedor – medición manual

Dimensiones del Congelador	
Almacenamiento y Picking	
ANCHO :	2,29 ± 0,001 m
LARGO :	11,8 ± 0,001 m
ALTO :	2,37 ± 0,001 m

Valores obtenidos luego de la medición de forma manual del contenedor.

Figura B7 Planos de las dimensiones de la cámara fría

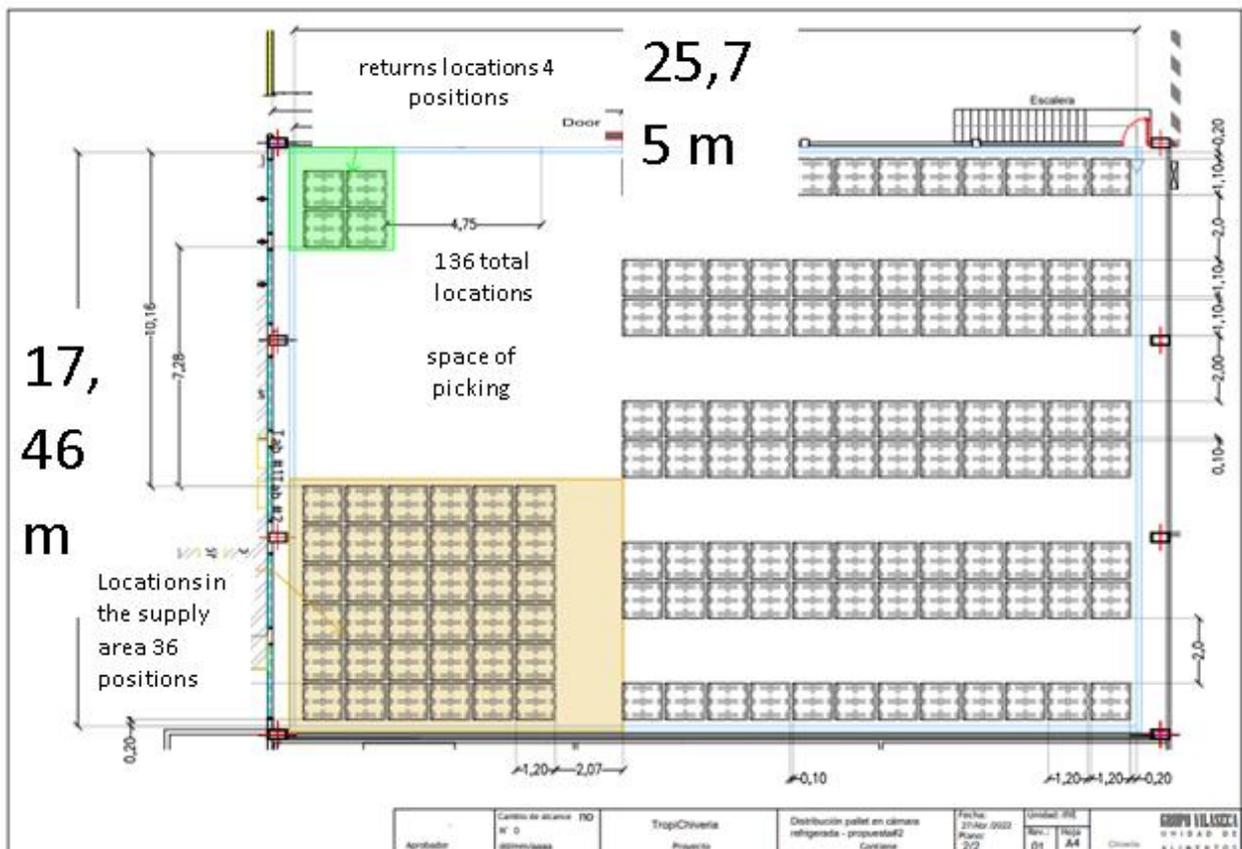


Figura B8 Planos de las dimensiones de los contenedores

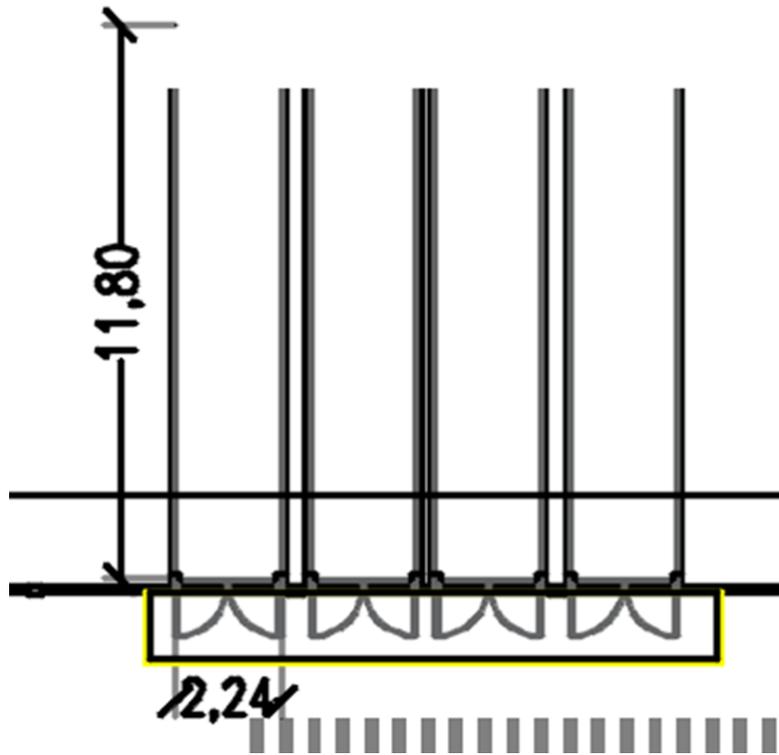


Tabla B5 Dimensiones de la cámara fría – medidas del plano

DIMENSIÓN DE LA CÁMARA FRÍA		
AREA DE ALMACENAMIENTO	AREA DE PICKING	
ANCHO : 10,44 ±0,001 m	ANCHO : 15,18 ±0,001 m	ANCHO TOTAL : 25,61 ±0,001 m
LARGO : 17,43 ±0,001 m	LARGO : 12,48 ±0,001 m	
ALTO : 2,86 ±0,001 m	ALTO : 2,86 ±0,001 m	

Valores obtenidos del plano de la empresa.

Tabla B6 Dimensiones internas del contenedor – medidas del plano

Dimensiones del Congelador	
Almacenamiento y Picking	
ANCHO	: 2,35 ±0,001 m
LARGO	: 11,8 ±0,001 m
ALTO	: 2,39 ±0,001 m

Valores obtenidos del plano de la empresa.

Tabla B7 Dimensiones del pallet delgado y normal

DIMENSIONES DEL DELGADO DELGADO	DIMENSIONES DEL PALLET NORMAL
ANCHO : 0,41 ± 0,001 m	ANCHO : 1 ± 0,001 m
LARGO : 1,01 ± 0,001 m	LARGO : 1,2 ± 0,001 m
ALTO : 0,15 ± 0,001 m	ALTO : 0,15 ± 0,001 m

El pallet que usan en los almacenes, tanto para la cámara fría y los congeladores, son pallets de madera en su mayoría. Dentro de la base de datos también se encuentra sus dimensiones y esto se debe a que, en los contenedores, el ancho que tiene solo es basta para un pallet y medio, aproximadamente.

Tabla B8 Validación de posiciones dentro de la cámara fría y del contenedor

		Pallet Normal (1 x 1,2) cm	Pallet Delgado (0,41 x 1,2) cm
Área	Cámara fría (10,44 x 17,43) cm	151	-
	Contenedor (2,29 x 11,8) cm	88	-
	Contenedor (0,6 x 11,8) cm	-	56

El número de posiciones dentro de la cámara fría es de aproximadamente 151 posiciones, bajo las medidas levantadas, el valor obtenido está por muy cerca al valor indicado, 150 posiciones (valor dado por la empresa). Mientras que, para los contenedores, 4 en total, la cantidad de posiciones para solo pallets normales es de 88. Por último, se encuentran los pallets más delgados, la cantidad de posiciones para los 4 contenedores es de 56. Este valor también está por muy cerca con el valor dado por la empresa.

Figura B9 Medición del pallet



Apéndice C. Categorización de la demanda

Criterio A: Por su incertidumbre. La demanda es probabilística pues no se conoce con certeza la cantidad a vender de durante el mes. Además, la empresa maneja 95 SKUs en lo que respecta a lácteos y 49 SKUs en productos congelados, haciendo aún más complicado una predicción con certeza.

Criterio B: La variabilidad en la cantidad demandada. La empresa se enfrenta a una demanda que varía con el tiempo. Es decir, su promedio cambia de forma significativa de periodo a periodo.

Se puede determinar una valoración para la variabilidad mediante:

- Varianza σ^2
- Desviación de estándar σ

El coeficiente de variación, en cambio es utilizado para conocer si la demanda es constante o cambiante con respecto al tiempo.

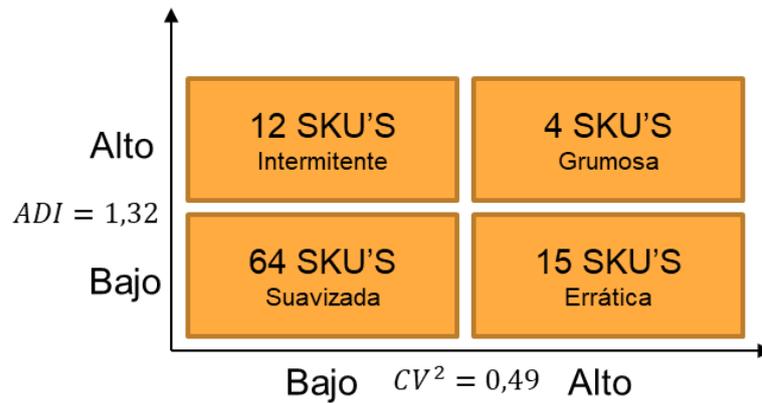
$$CV = \frac{\text{Desviación estandar de los valores de demanda no cero}}{\text{Promedio de las demandas no cero}}$$

Criterio C: En este criterio, la valoración del intervalo promedio de la demanda (*ADI*) determinará si la variabilidad es alta o baja en el momento de la demanda.

$$ADI = \frac{\text{Suma de diferencias de intervalos de demanda no cero entre ellos}}{\text{Número de intervalo con demanda entre ellos}}$$

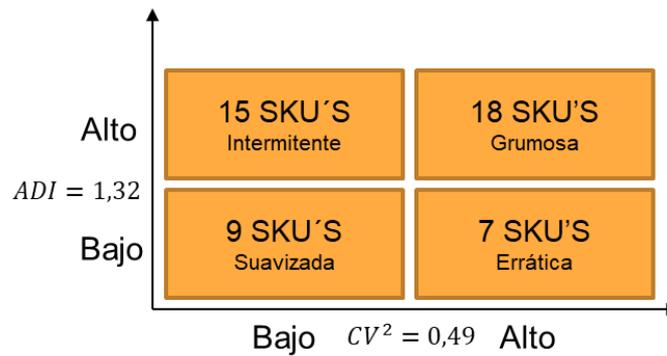
Aplicando los 3 criterios para la categorización de la demanda, con la data histórica, se obtendrá el patrón de demandas. Pudiendo esta ser: demanda intermitente, demanda grumosa, demanda suavizada y demanda errática. La figura C1 presenta un resumen de la cantidad de productos lácteos que se encuentran en cada patrón.

Figura C1 Categorización de la demanda – Productos lácteos



De igual forma se procede con los productos congelados, figura C2:

Figura C2 Categorización de la demanda – Productos congelados



La siguiente tabla C1 es un resumen de cuantos patrones de demanda se está analizando

Tabla C1 Tabla resumen de los patrones de demanda

Patrones de demanda	Suavizada	Intermitente	Grumosa	Errática	TOTAL
TOTAL	73	27	22	22	144

De la tabla resumen se extrae lo siguiente, del patrón de demanda suavizada no hay una gran variabilidad significativa, ni en el tamaño, ni respecto al tiempo. Por otro lado, existe patrones que no son suavizados, y presentan una gran variación en el tamaño de la demanda además de una alta variabilidad en la demanda. Para la visualización de los patrones de demanda véase apéndice figura C3 y figura C4.

Figura C3 Patrones de demanda de los productos lácteos

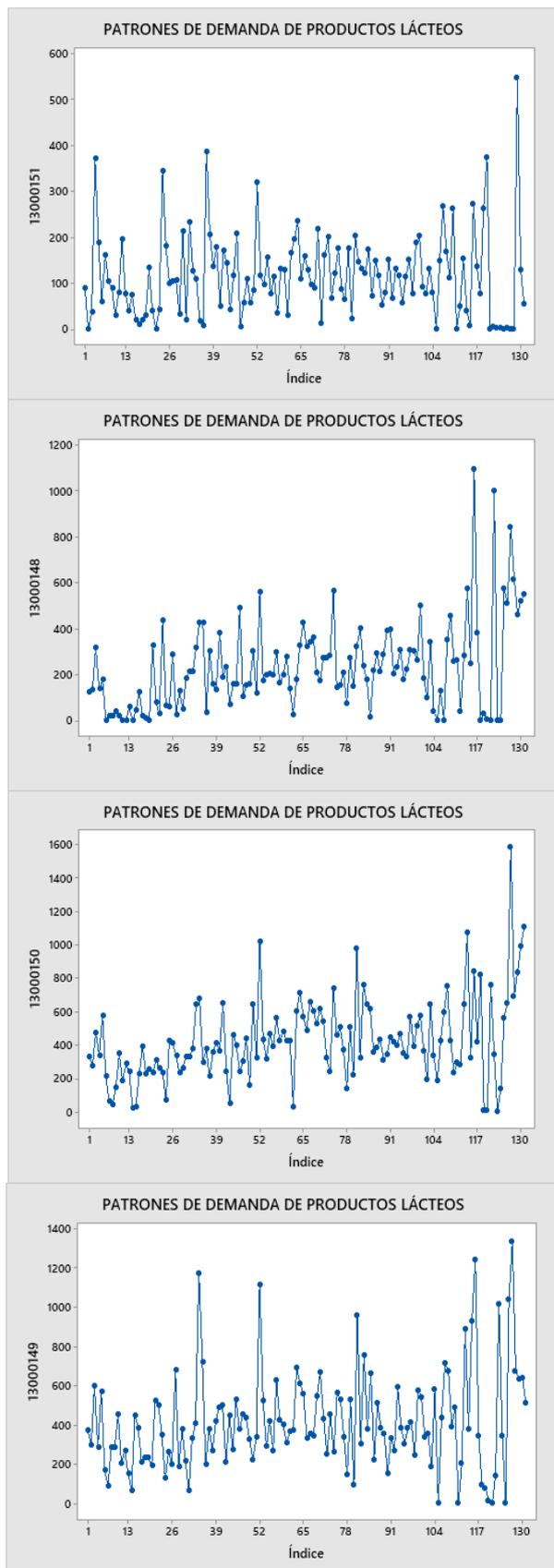
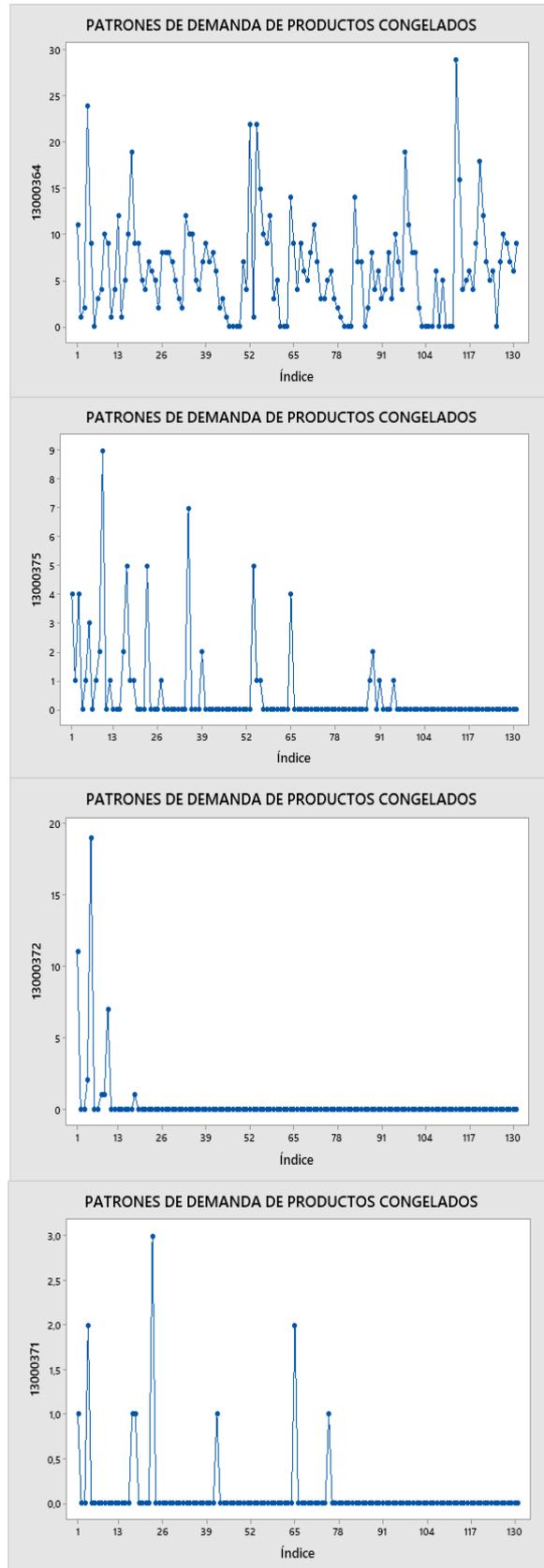


Figura C4 Patrones de demanda de los productos congelado



Apéndice D. Selección de producto

Figura D1 Código en Rstudio – Lectura del histórico de ventas

```
library(openxlsx)
library(dplyr)
#LECTURA DE DATOS BRUTOS
datasetbase <- read.xlsx("C:/Users, .xlsx",
                        detectDates = T)

dataset <- datasetbase %>%
  select(c(FechaVenta, CodProducto, Nombreproducto, CategoriaN1,
           `VentaUnidades`, Canal, TipoCliente, NombreCliente, `VentaNetaUS$`)) %>%
  filter(TipoCliente == "TERCEROS",
         Canal %in% c("MODERNO", "TRADICIONAL", "INSTITUCIONAL"),
         CategoriaN1 == "LACTEOS",
         CodProducto == "13000150",
         `VentaUnidades` > 0,
         `VentaNetaUS$` > 0,
         FechaVenta >= as.Date('2022-01-01'),
         FechaVenta <= as.Date('2022-03-31'))
```

Figura D2 Código en Rstudio – Código fuente de librería Prophet

```
library(prophet)
colnames(dd) = c('ds', 'y')
m = prophet(dd)
future <- make_future_dataframe(m, periods = 72)
forecast <- predict(m, future)
plot(m, forecast)
prophet_plot_components(m, forecast)

forecast$ds = as.Date(forecast$ds, format = "%Y-%m-%d")
|
pronostico <- forecast %>%
  select(c(ds, yhat)) %>%
  filter(ds >= as.Date('2022-04-01'),
         ds <= as.Date('2022-06-11'))

setwd("~/")
install.packages("rio")
library(rio)
install_formats()
export(pronostico, "Pronostico_2022_2dotrimestre.xlsx")
```

Apéndice E. Diseño de política de inventario

Figura E1 Simulación en Arena para hallar el mínimo y máximo de inventario para el producto con código 13000150

Best Solutions							
Best Solutions							
	Included	Simulation	Objective Value	Status	Big S	Inventory Level	Little s
	<input type="checkbox"/>	24	61720.237244	Feasible	1374	818	898
	<input type="checkbox"/>	35	61720.237244	Feasible	1377	821	898
	<input type="checkbox"/>	36	61720.237244	Feasible	1384	828	893
	<input type="checkbox"/>	38	61720.237244	Feasible	1378	822	898
	<input type="checkbox"/>	42	61720.237244	Feasible	1388	832	898
	<input type="checkbox"/>	46	61720.237244	Feasible	1386	830	896
	<input type="checkbox"/>	47	61720.237244	Feasible	1386	830	898
	<input type="checkbox"/>	49	61720.237244	Feasible	1387	831	897
	<input type="checkbox"/>	51	61720.237244	Feasible	1387	831	898
	<input type="checkbox"/>	52	61720.237244	Feasible	1380	824	897
	<input type="checkbox"/>	54	61720.237244	Feasible	1382	826	895
	<input type="checkbox"/>	68	61720.237244	Feasible	1390	834	898
	<input type="checkbox"/>	89	61720.237244	Feasible	1391	835	898
	<input type="checkbox"/>	50	61722.437244	Feasible	1387	830	898
	<input type="checkbox"/>	56	61722.437244	Feasible	1377	820	898
	<input type="checkbox"/>	88	61722.437244	Feasible	1391	834	898
	<input type="checkbox"/>	90	61722.437244	Feasible	1389	832	898
	<input type="checkbox"/>	95	61722.437244	Feasible	1390	833	898
	<input type="checkbox"/>	48	61724.637244	Feasible	1391	833	898
	<input type="checkbox"/>	53	61724.637244	Feasible	1378	820	898
	<input type="checkbox"/>	55	61724.637244	Feasible	1383	825	893
	<input type="checkbox"/>	40	61726.837244	Feasible	1378	819	895
	<input type="checkbox"/>	39	61731.237244	Feasible	1381	820	898
	<input type="checkbox"/>	37	61748.837244	Feasible	1387	818	898
	<input type="checkbox"/>	8	61810.498151	Feasible	1386	830	892

Apéndice F. Simulación de políticas de inventario

Tabla F1 Simulación de Políticas s,S mínimos – Máximos

		S	1348	unidades	Costo del	Costo de	Costo de	Costo de			
		s	818	unidades	2.2	0.31	13.33	0.08			
Actividad Simulada							Costos simulados				
FechaVenta (mes, día, año)	Día de la semana	Día	Demanda real 2022	Tamaño de la orden	Unidades recibidas	Stock neto	Posición de inventario	Costo del material	Costo de Mantener	Costo de ordenar	Costo de agotados
04/01/2022	Viernes	0				1647	1647				
04/02/2022	Sábado	1	504	0	0	1143	1143	0	354.33	0	0
04/03/2022	Domingo	2	221	0	0	922	922	0	285.82	0	0
04/04/2022	Lunes	3	0	0	0	922	922	0	285.82	0	0
04/05/2022	Martes	4	978	0	0	0	0	0	0	0	4.48
04/06/2022	Miércoles	5	323	1348	1348	1025	1025	2965.6	317.75	13.33	0
04/07/2022	Jueves	6	760	0	0	265	265	0	82.15	0	0
04/08/2022	Viernes	7	644	1083	1083	704	704	2382.6	218.24	13.33	0
04/09/2022	Sábado	8	616	644	644	732	732	1416.8	226.92	13.33	0
04/10/2022	Domingo	9	356	616	616	992	992	1355.2	307.52	13.33	0
04/11/2022	Lunes	10	0	0	0	992	992	0	307.52	0	0
04/12/2022	Martes	11	385	0	0	607	607	0	188.17	0	0
04/13/2022	Miércoles	12	432	741	741	916	916	1630.2	283.96	13.33	0
04/14/2022	Jueves	13	308	0	0	608	608	0	188.48	0	0
04/15/2022	Viernes	14	345	740	740	1003	1003	1628	310.93	13.33	0
04/16/2022	Sábado	15	449	0	0	554	554	0	171.74	0	0
04/17/2022	Domingo	16	417	794	794	931	931	1746.8	288.61	13.33	0
04/18/2022	Lunes	17	0	0	0	931	931	0	288.61	0	0
04/19/2022	Martes	18	396	0	0	535	535	0	165.85	0	0
04/20/2022	Miércoles	19	469	813	813	879	879	1788.6	272.49	13.33	0
04/21/2022	Jueves	20	353	0	0	526	526	0	163.06	0	0
04/22/2022	Viernes	21	326	822	822	1022	1022	1808.4	316.82	13.33	0
04/23/2022	Sábado	22	568	0	0	454	454	0	140.74	0	0

Tabla F2 Simulación de Política Buffer en Excel

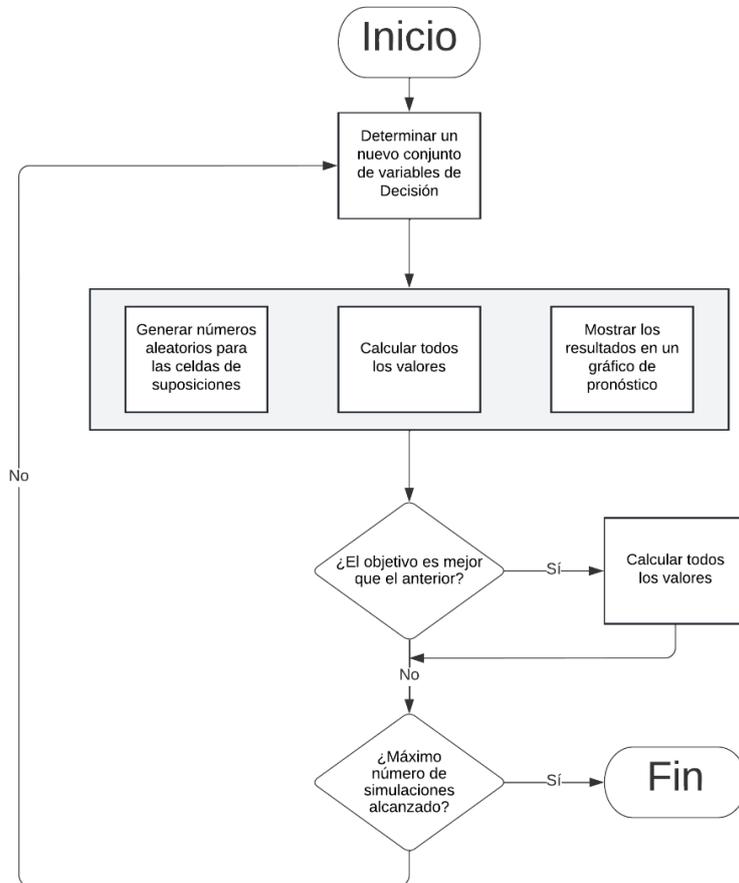
R	1328
Q*	531

Costo del material	Costo de Mantener	Costo de ordenar	Costo de agotados
2.2	0.31	13.33	0.08

Actividad Simulada							Costos simulados				
FechaVenta (mes, día, año)	Día de la semana	Día	Demanda real 2022	Tamaño de la orden	Unidades recibidas	Stock neto	Posición de inventario	Costo del material	Costo de Mantener	Costo de ordenar	Costo de agotados
04/01/2022	Viernes	1	504	0	0	1647	1647	0	354.33	0	0
04/02/2022	Sábado	2	221	531	531	1453	1453	1168.2	450.43	13.33	0
04/03/2022	Domingo	3	0	0	0	1453	1453	0	450.43	0	0
04/04/2022	Lunes	4	978	0	0	475	475	0	147.25	0	0
04/05/2022	Martes	5	323	531	531	683	683	1168.2	211.73	13.33	0
04/06/2022	Miércoles	6	760	531	531	454	454	1168.2	140.74	13.33	0
04/07/2022	Jueves	7	644	531	531	341	341	1168.2	105.71	13.33	0
04/08/2022	Viernes	8	616	531	531	256	256	1168.2	79.36	13.33	0
04/09/2022	Sábado	9	356	531	531	431	431	1168.2	133.61	13.33	0
04/10/2022	Domingo	10	0	531	531	962	962	1168.2	298.22	13.33	0
04/11/2022	Lunes	11	385	531	531	1108	1108	1168.2	343.48	13.33	0
04/12/2022	Martes	12	432	531	531	1207	1207	1168.2	374.17	13.33	0
04/13/2022	Miércoles	13	308	531	531	1430	1430	1168.2	443.3	13.33	0
04/14/2022	Jueves	14	345	0	0	1085	1085	0	336.35	0	0
04/15/2022	Viernes	15	449	531	531	1167	1167	1168.2	361.77	13.33	0
04/16/2022	Sábado	16	417	531	531	1281	1281	1168.2	397.11	13.33	0
04/17/2022	Domingo	17	0	531	531	1812	1812	1168.2	561.72	13.33	0
04/18/2022	Lunes	18	396	0	0	1416	1416	0	438.96	0	0

Apéndice G. Búsqueda Tabú-Metaheurística

Figura G1 Diagrama de funcionamiento de OptQuest



Apéndice H – Ecuaciones Matemáticas

FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO DE POLÍTICA DE INVENTARIO s,S:

- Demanda independiente: La demanda está influenciada por las fuerzas del mercado. No existe interacción con otros productos o correlación entre demandas.
- La planificación se realiza para un periodo único.
- Demanda aleatoria: Se puede caracterizar la demanda con una probabilidad de distribución conocida.
- Los costos de sobreinventario y los costos de bajo inventario son lineales.

Componentes:

- x : Demanda en unidades (variable aleatoria)
- $g(x)$: Probabilidad de la demanda D .
- $G(x) = P(X < x)$: Probabilidad acumulada de la demanda D .
- μ_D : Demanda media o promedio en unidades.
- σ_D : Desviación estándar de la demanda D .
- c_o : Costo (en dólares) por unidad de sobreinventario.
- c_s : Costo (en dólares) por unidad faltante para satisfacer la demanda.
- Q : Cantidad a ordenar (en unidades), es la variable de decisión.

Formulación matemática

$$\text{Unidades sobrantes} = \max(Q - X, 0)$$

$$\text{Overage stock} = \max(Q - X, 0)$$

Si $Q \geq X$, entonces el sobrante es $Q - X$, pero si $Q \leq X$, entonces hay un faltante y el sobrante sería cero.

El valor esperado de las unidades sobrantes es:

$$\text{Valor esperado sobrantes } E = \int_0^{\infty} \max(Q - x, 0) g(x) dx$$

$$\text{Valor esperado sobrantes } E = \int_0^Q (Q - x) g(x) dx$$

$$\text{Unidades faltantes} = \max(X - Q, 0)$$

$$\text{Underage stock} = \max(X - Q, 0)$$

Si $X \geq Q$, entonces el faltante es $X - Q$, pero si $X \leq Q$, entonces hay un sobrante y el faltante sería cero.

El valor esperado de las unidades faltantes es:

$$\text{Valor esperado faltantes } E = \int_0^{\infty} \max(x - Q, 0) g(x) dx$$

$$\text{Valor esperado faltantes } E = \int_Q^{\infty} (x - Q) g(x) dx$$

Usando ambas ecuaciones, se expresa el costo esperado como la función:

$$Y(Q) = c_o \int_0^Q (Q - x) g(x) dx + c_s \int_Q^{\infty} (x - Q) g(x) dx$$

A partir de la ecuación se encuentra un valor de Q que minimice los costos esperados utilizando las propiedades de las integrales. Aplicando límites, el segundo teorema fundamental del cálculo y el teorema de valor medio se aplica la regla de Leibnitz.

$$\frac{dY(Q)}{dQ} = c_o \int_0^Q (1) g(x) dx + c_s \int_Q^{\infty} (-1) g(x) dx$$

Igualando a cero

$$\frac{dY(Q)}{dQ} = c_o G(Q) - c_s [1 - G(Q)] = 0$$

Despejando $G(Q^*)$

$$G(Q^*) = \frac{c_s}{c_s + c_o}$$

A esta ecuación se la conoce como el radio crítico que es el radio del costo de faltantes para la suma del costo de faltantes y el costo de sobre inventario.

La ecuación señala que, al aumentar el costo de faltantes, la cantidad a pedir será mayor, mientras que al aumentar el costo de sobre inventario entonces la cantidad a pedir Q será menor.

Asumiendo una distribución normal, se reescribe la ecuación de la siguiente manera:

$$G(Q^*) = \Phi \frac{Q^* - \mu}{\sigma} = \frac{c_s}{c_s + c_o}$$

Donde Φ es la distribución acumulada de la función con distribución estándar normal.

$$\frac{Q^* - \mu}{\sigma} = z$$

Donde z es el valor perteneciente a la tabla de normal estándar.

$$\Phi z = \frac{c_s}{c_s + c_o}$$

Utilizando las funciones de distribución inversa normal de Excel

$$\Phi z = \text{NORMSDIST}(z)$$

Donde $z\sigma$ representa el stock de Seguridad

$$SS = z\sigma$$

Por tanto, el punto de reorden o mínimo de inventario s

$$s = Q^* = \mu + z\sigma$$

$$s = \mu + SS$$

El nivel máximo de inventario es:

$$S = \mu + s$$

Apéndice I – Políticas de inventario para el CEDI

Tabla I1 Políticas de lácteos generadas para el cedi opción A

Código	Media pronosticada (2022)	Media 2022	Desviación estándar (2022)	Tipo de producto	Total	ABC	Factor de seguridad	Desviación de la demanda Lead Time	Stock de seguridad SS	Promedio Lead time demanda	Punto de reorden Política s,S	Inventario Máximo S	Pallets mínimos con Política s,S	Días de Inventario sS	Nivel de servicio
13005923	711	691	371,76	Lácteos	88475	A	2,053748911	801	1645	710	2355	3065	21,81	4	98%
13005924	440	393	252,08	Lácteos	50275	A	2,053748911	507	1041	439	1480	1919	13,71	4	98%
13005925	698	623	326,24	Lácteos	80983	A	2,053748911	770	1581	697	2278	2975	12,66	4	98%
13000283	7087	6328	3074,82	Lácteos	828981	A	1,281551566	7725	9900	7087	16987	24074	7,37	3	90%
13000311	249	222	149,92	Lácteos	28000	A	1,281551566	290	372	248	620	868	4,30	3	90%
13005206	1720	1536	724,34	Lácteos	195024	A	1,281551566	1866	2391	1719	4110	5829	6,59	3	90%
13005606	1626	1452	628,71	Lácteos	185801	A	1,281551566	1743	2234	1625	3859	5484	6,18	3	90%
13005607	1770	1580	689,58	Lácteos	205411	A	2,053748911	1899	3900	1769	5669	7438	9,09	4	98%
13000238	763	1052	368,71	Lácteos	136704	A	2,053748911	847	1740	763	2503	3266	5,56	4	98%
13000263	1299	1159	580,83	Lácteos	144922	A	0,841621234	1422	1197	1298	2495	3793	4,00	3	80%
13000285	3724	3325	1442,65	Lácteos	435536	A	0,841621234	3993	3361	3723	7084	10807	3,83	3	80%
13005203	1179	1053	518,64	Lácteos	132625	A	1,281551566	1287	1649	1178	2827	4005	4,53	3	90%
13005608	1247	1113	537,04	Lácteos	143617	A	2,053748911	1357	2787	1246	4033	5279	6,46	4	98%
13000196	903	825	319,45	Lácteos	108026	A	2,053748911	958	1967	903	2870	3773	3,11	4	98%
13000197	461	622	229,21	Lácteos	80821	A	2,053748911	514	1056	461	1517	1978	3,37	4	98%
13000222	815	796	315,66	Lácteos	104291	A	0,841621234	873	735	814	1549	2363	1,68	3	80%
13000223	409	595	229,16	Lácteos	75590	A	1,281551566	468	600	408	1008	1416	2,24	3	90%
13000227	410	488	171,98	Lácteos	63981	A	2,053748911	444	912	409	1321	1730	2,94	4	98%
13000247	626	825	303,68	Lácteos	108096	A	2,053748911	695	1427	625	2052	2677	4,56	4	98%
13000265	683	610	221,80	Lácteos	78090	A	0,841621234	718	604	683	1287	1970	1,39	3	80%
13000284	1912	1707	808,22	Lácteos	223669	A	0,841621234	2076	1747	1912	3659	5571	1,98	3	80%
13000296	1255	1120	514,69	Lácteos	146752	A	0,841621234	1356	1141	1254	2395	3649	2,59	3	80%
13000303	1038	926	412,31	Lácteos	121369	A	0,841621234	1116	939	1037	1976	3013	2,14	3	80%
13000305	847	756	299,43	Lácteos	99012	A	1,281551566	897	1150	846	1996	2842	2,16	3	90%
13005202	641	624	352,93	Lácteos	76099	B	1,281551566	731	937	641	1578	2219	2,53	3	90%

Tabla I2 Políticas de lácteos generadas para el cedi opción B

Código	Media pronosticada (2022)	Media 2022	Desviación estándar (2022)	Tipo de producto	Total	ABC	Factor de seguridad	Desviación de la demanda Lead Time	stock de seguridad SS	Promedio Lead time demanda	Punto de reorden Política s, S	Inventario Máximo S	Pallets mínimos con Política s, S	Días de Inventario sS	Nivel de servicio
13005923	711	691	371,76	Lácteos	88475	A	1,28155157	801	1027	710	1737	2447	16,08	3	90%
13005924	440	393	252,08	Lácteos	50275	A	1,28155157	507	650	439	1089	1528	10,08	3	90%
13005925	698	623	326,24	Lácteos	80983	A	1,28155157	770	987	697	1684	2381	9,35	3	90%
13000283	7087	6328	3074,82	Lácteos	828981	A	0,84162123	7725	6502	7087	13589	20676	5,90	3	80%
13000311	249	222	149,92	Lácteos	28000	A	0,84162123	290	244	248	492	740	3,42	3	80%
13005206	1720	1536	724,34	Lácteos	195024	A	0,84162123	1866	1570	1719	3289	5008	5,27	3	80%
13005606	1626	1452	628,71	Lácteos	185801	A	0,84162123	1743	1467	1625	3092	4717	4,96	3	80%
13005607	1770	1580	689,58	Lácteos	205411	A	1,28155157	1899	2434	1769	4203	5972	6,74	3	90%
13000238	763	1052	368,71	Lácteos	136704	A	1,28155157	847	1085	763	1848	2611	4,11	3	90%
13000263	1299	1159	580,83	Lácteos	144922	A	0,52440051	1422	746	1298	2044	3342	3,28	3	70%
13000285	3724	3325	1442,65	Lácteos	435536	A	0,52440051	3993	2094	3723	5817	9540	3,15	3	70%
13005208	1179	1053	518,64	Lácteos	132625	A	0,84162123	1287	1083	1178	2261	3439	3,62	3	80%
13005608	1247	1113	537,04	Lácteos	143617	A	1,28155157	1357	1739	1246	2985	4231	4,78	3	90%
13000196	903	825	319,45	Lácteos	108026	A	1,28155157	958	1228	903	2131	3034	2,31	3	90%
13000197	461	622	229,21	Lácteos	80821	A	1,28155157	514	659	461	1120	1581	2,49	3	90%
13000222	815	796	315,66	Lácteos	104291	A	0,52440051	873	458	814	1272	2086	1,38	3	70%
13000223	409	595	229,16	Lácteos	75590	A	0,84162123	468	394	408	802	1210	1,78	3	80%
13000227	410	488	171,98	Lácteos	63981	A	1,28155157	444	569	409	978	1387	2,17	3	90%
13000247	626	825	303,68	Lácteos	108096	A	1,28155157	695	891	625	1516	2141	3,37	3	90%
13000265	683	610	221,80	Lácteos	78090	A	0,52440051	718	377	683	1060	1743	1,15	3	70%
13000284	1912	1707	808,22	Lácteos	223669	A	0,52440051	2076	1089	1912	3001	4913	1,62	3	70%
13000296	1255	1120	514,69	Lácteos	146752	A	0,52440051	1356	711	1254	1965	3219	2,13	3	70%
13000303	1038	926	412,31	Lácteos	121369	A	0,52440051	1116	585	1037	1622	2659	1,76	3	70%
13000305	847	756	299,43	Lácteos	99012	A	0,84162123	897	755	846	1601	2447	1,73	3	80%
13005202	641	624	352,93	Lácteos	76099	B	0,84162123	731	615	641	1256	1897	2,01	3	80%

Tabla I3 Políticas de lácteos generadas para el cedi opción C

Código	Media pronosticada (2022)	Media 2022	Desviación estándar (2022)	Tipo de producto	Total	ABC	Factor de seguridad	Desviación de la demanda Lead Time	Stock de seguridad \$S	Promedio Lead time demanda	Punto de reorden Política s,S	Inventario Máximo \$	Pallets mínimos con Política s,S	Días de Inventario \$S	Nivel de servicio
13005923	711	691	371,76	Lácteos	88475	A	0,0646086	801	52	710	762	1472	7,05	2	53%
13005924	440	393	252,08	Lácteos	50275	A	0,02296576	507	12	439	451	890	4,17	2	51%
13005925	698	623	326,24	Lácteos	80983	A	0,08781597	770	68	697	765	1462	4,25	2	53%
13000283	7087	6328	3074,82	Lácteos	828981	A	0	7725	0	7087	7087	14174	3,08	2	50%
13000311	249	222	149,92	Lácteos	28000	A	0,65003863	290	189	248	437	685	3,03	3	74%
13005206	1720	1536	724,34	Lácteos	195024	A	0,14083785	1866	263	1719	1982	3701	3,18	2	56%
13005606	1626	1452	628,71	Lácteos	185801	A	0,29079836	1743	507	1625	2132	3757	3,42	2	61%
13005607	1770	1580	689,58	Lácteos	205411	A	0,28292705	1899	537	1769	2306	4075	3,70	2	61%
13000238	763	1052	368,71	Lácteos	136704	A	0,23985236	847	203	763	966	1729	2,15	2	59%
13000263	1299	1159	580,83	Lácteos	144922	A	0,25979592	1422	369	1298	1667	2965	2,67	2	60%
13000285	3724	3325	1442,65	Lácteos	435536	A	0,05179935	3993	207	3723	3930	7653	2,13	2	52%
13005203	1179	1053	518,64	Lácteos	132625	A	0,38659622	1287	498	1178	1676	2854	2,69	2	65%
13005608	1247	1113	537,04	Lácteos	143617	A	0,14707685	1357	200	1246	1446	2692	2,32	2	56%
13000196	903	825	319,45	Lácteos	108026	A	0,28036731	958	269	903	1172	2075	1,27	2	61%
13000197	461	622	229,21	Lácteos	80821	A	0,20943169	514	108	461	569	1030	1,26	2	58%
13000222	815	796	315,66	Lácteos	104291	A	0,50073728	873	437	814	1251	2065	1,35	3	69%
13000223	409	595	229,16	Lácteos	75590	A	0,39053485	468	183	408	591	999	1,31	2	65%
13000227	410	488	171,98	Lácteos	63981	A	0,44250038	444	196	409	605	1014	1,35	2	67%
13000247	626	825	303,68	Lácteos	108096	A	0,33564319	695	233	625	858	1483	1,91	2	63%
13000265	683	610	221,80	Lácteos	78090	A	0,42780593	718	307	683	990	1673	1,07	2	67%
13000284	1912	1707	808,22	Lácteos	223669	A	0,07048887	2076	146	1912	2058	3970	1,11	2	53%
13000296	1255	1120	514,69	Lácteos	146752	A	0,31153812	1356	422	1254	1676	2930	1,81	2	62%
13000303	1038	926	412,31	Lácteos	121369	A	0,32393134	1116	362	1037	1399	2436	1,51	2	63%
13000305	847	756	299,43	Lácteos	99012	A	0,53800613	897	483	846	1329	2175	1,44	3	70%
13005202	641	624	352,93	Lácteos	76099	B	0,24238055	731	177	641	818	1459	1,31	2	60%

Tabla I4 Políticas de congelados generadas para el cedi - opción A

Código	Media pronosticada (2022)	Media 2022	Desviación estándar (2022)	Tipo de producto	Total	ABC	lead time	factor de seguridad	Desviación de la demanda Lead Time	Stock de seguridad SS	Promedio Lead time demanda	Punto de reorden Política s,S	Inventario Máximo S	Pallets mínimos con Política s,S	Días de Inventario sS	Nivel de servicio
13000364	8	7	5,05	Congelados	818	B	21	2,05374891	24	49	160	209	369	0,12	48	98%
13000371	2	2	0,71	Congelados	12	C	21	2,05374891	3	6	32	38	70	0,05	46	98%
13000372	6	6	6,39	Congelados	42	C	21	2,05374891	29	60	129	189	318	0,09	51	98%
13000375	3	3	2,15	Congelados	66	C	21	1,28155157	10	13	56	69	125	0,03	46	90%
13000378	5	5	3,80	Congelados	339	C	21	0,84162123	18	15	98	113	211	0,07	45	80%
13000379	2	2	0,96	Congelados	66	C	21	1,28155157	4	5	34	39	73	0,02	44	90%
13000383	13	12	8,95	Congelados	1389	A	21	0,84162123	42	35	263	298	561	0,53	45	80%
13000384	34	33	17,66	Congelados	3960	A	21	1,28155157	87	111	712	823	1535	0,45	45	90%
13000385	10	10	6,77	Congelados	1294	B	21	0,84162123	32	27	219	246	465	0,07	44	80%
13000386	32	32	15,25	Congelados	3723	A	21	0,84162123	77	65	681	746	1427	0,59	44	80%
13000388	5	5	3,64	Congelados	463	B	21	0,84162123	17	14	101	115	216	0,09	45	80%
13000390	2	2	1,17	Congelados	18	C	21	0,84162123	5	4	38	42	80	0,02	43	80%
13000391	10	10	5,96	Congelados	1152	B	21	0,84162123	29	24	218	242	460	0,18	44	80%
13000392	10	10	6,23	Congelados	1312	B	21	2,05374891	30	62	219	281	500	0,13	48	98%
13000394	25	25	46,63	Congelados	347	B	21	2,05374891	215	442	535	977	1512	2,79	59	98%
13000395	5	4	5,60	Congelados	492	C	21	0,84162123	26	22	95	117	212	0,06	47	80%
13000450	25	24	11,40	Congelados	3120	A	21	1,28155157	57	73	518	591	1109	0,28	45	90%
13000451	7	7	6,15	Congelados	595	B	21	1,28155157	29	37	147	184	331	0,09	47	90%
13000452	6	6	11,69	Congelados	451	B	21	1,28155157	53	68	135	203	338	0,58	52	90%
13000453	9	9	8,24	Congelados	867	C	21	1,28155157	38	49	197	246	443	0,12	47	90%
13000508	37	36	24,22	Congelados	2955	A	21	1,28155157	117	150	777	927	1704	1,32	46	90%
13000509	7	7	8,44	Congelados	567	A	21	0,84162123	39	33	156	189	345	0,59	46	80%
13000510	51	49	39,68	Congelados	2213	A	21	0,84162123	188	158	1061	1219	2280	1,74	45	80%
13000554	19	19	10,74	Congelados	2383	A	21	1,28155157	52	67	401	468	869	0,22	45	90%
13000557	9	8	8,11	Congelados	895	B	21	1,28155157	38	49	180	229	409	0,11	48	90%

Tabla I5 Políticas de congelados generadas para el cedi - opción B

Código	Media pronosticada (2022)	Media 2022	Desviación estándar (2022)	Tipo de producto	Total	ABC	lead time	Factor de seguridad	Desviación de la demanda Lead Time	Stock de seguridad SS	Promedio Lead time demanda	Punto de reorden Política s,S	Inventario Máximo S	Pallets mínimos con Política s,S	Días de Inventario sS	Nivel de servicio
13000364	8	7	5,05	Congelados	818	B	21	1,28155157	24	31	160	191	351	0,11	46	90%
13000371	2	2	0,71	Congelados	12	C	21	1,28155157	3	4	32	36	68	0,05	44	90%
13000372	6	6	6,39	Congelados	42	C	21	1,28155157	29	37	129	166	295	0,08	48	90%
13000375	3	3	2,15	Congelados	66	C	21	0,84162123	10	8	56	64	120	0,03	44	80%
13000378	5	5	3,80	Congelados	339	C	21	0,52440051	18	9	98	107	205	0,06	44	70%
13000379	2	2	0,96	Congelados	66	C	21	0,84162123	4	3	34	37	71	0,02	43	80%
13000383	13	12	8,95	Congelados	1389	A	21	0,52440051	42	22	263	285	548	0,51	44	70%
13000384	34	33	17,66	Congelados	3960	A	21	0,84162123	87	73	712	785	1497	0,43	44	80%
13000385	10	10	6,77	Congelados	1294	B	21	0,52440051	32	17	219	236	455	0,07	43	70%
13000386	32	32	15,25	Congelados	3723	A	21	0,52440051	77	40	681	721	1402	0,57	43	70%
13000388	5	5	3,64	Congelados	463	B	21	0,52440051	17	9	101	110	211	0,08	43	70%
13000390	2	2	1,17	Congelados	18	C	21	0,52440051	5	3	38	41	79	0,02	42	70%
13000391	10	10	5,96	Congelados	1152	B	21	0,52440051	29	15	218	233	451	0,18	43	70%
13000392	10	10	6,23	Congelados	1312	B	21	1,28155157	30	38	219	257	476	0,12	46	90%
13000394	25	25	46,63	Congelados	347	B	21	1,28155157	215	276	535	811	1346	2,32	53	90%
13000395	5	4	5,60	Congelados	492	C	21	0,52440051	26	14	95	109	204	0,05	45	70%
13000450	25	24	11,40	Congelados	3120	A	21	0,84162123	57	48	518	566	1084	0,27	44	80%
13000451	7	7	6,15	Congelados	595	B	21	0,84162123	29	24	147	171	318	0,08	45	80%
13000452	6	6	11,69	Congelados	451	B	21	0,84162123	53	45	135	180	315	0,51	49	80%
13000453	9	9	8,24	Congelados	867	C	21	0,84162123	38	32	197	229	426	0,11	45	80%
13000508	37	36	24,22	Congelados	2955	A	21	0,84162123	117	98	777	875	1652	1,25	45	80%
13000509	7	7	8,44	Congelados	567	A	21	0,52440051	39	20	156	176	332	0,55	44	70%
13000510	51	49	39,68	Congelados	2213	A	21	0,52440051	188	99	1061	1160	2221	1,66	44	70%
13000554	19	19	10,74	Congelados	2383	A	21	0,84162123	52	44	401	445	846	0,21	44	80%
13000557	9	8	8,11	Congelados	895	B	21	0,84162123	38	32	180	212	392	0,10	46	80%

Tabla I6 Políticas de congelados generadas para el cedi - opción C

Código	Media pronosticada (2022)	Media 2022	Desviación estándar (2022)	Tipo de producto	Total	ABC	lead time	Factor de seguridad	Desviación de la demanda Lead Time	Stock de seguridad SS	Promedio Lead time demanda	Punto de reorden Política s,S	Inventario Máximo S	Pallets mínimos con Política s,S	Días de Inventario sS	Nivel de servicio
13000364	8	7	5,05	Congelados	818	B	21	0,34946089	24	8	160	168	328	0,10	43	64%
13000371	2	2	0,71	Congelados	12	C	21	0,51435907	3	2	32	34	66	0,05	43	70%
13000372	6	6	6,39	Congelados	42	C	21	0,48692937	29	14	129	143	272	0,07	44	69%
13000375	3	3	2,15	Congelados	66	C	21	0,27350968	10	3	56	59	115	0,03	42	61%
13000378	5	5	3,80	Congelados	339	C	21	0,33938743	18	6	98	104	202	0,06	43	63%
13000379	2	2	0,96	Congelados	66	C	21	0,238539	4	1	34	35	69	0,02	42	59%
13000383	13	12	8,95	Congelados	1389	A	21	0,18699531	42	8	263	271	534	0,48	43	57%
13000384	34	33	17,66	Congelados	3960	A	21	0,36398931	87	32	712	744	1456	0,41	43	64%
13000385	10	10	6,77	Congelados	1294	B	21	0,27059334	32	9	219	228	447	0,07	43	61%
13000386	32	32	15,25	Congelados	3723	A	21	0,4243846	77	33	681	714	1395	0,57	43	66%
13000388	5	5	3,64	Congelados	463	B	21	0,463329	17	8	101	109	210	0,08	43	68%
13000390	2	2	1,17	Congelados	18	C	21	0,36983997	5	2	38	40	78	0,02	42	64%
13000391	10	10	5,96	Congelados	1152	B	21	0,45927987	29	13	218	231	449	0,18	43	68%
13000392	10	10	6,23	Congelados	1312	B	21	0,17199519	30	5	219	224	443	0,11	42	57%
13000394	25	25	46,63	Congelados	347	B	21	0,39960688	215	86	535	621	1156	1,77	45	66%
13000395	5	4	5,60	Congelados	492	C	21	0,22475131	26	6	95	101	196	0,05	43	59%
13000450	25	24	11,40	Congelados	3120	A	21	0,19485293	57	11	518	529	1047	0,25	42	58%
13000451	7	7	6,15	Congelados	595	B	21	0,32950242	29	10	147	157	304	0,08	43	63%
13000453	9	9	8,24	Congelados	867	C	21	0	38	0	197	197	394	0,09	42	50%
13000508	37	36	24,22	Congelados	2955	A	21	0,44967611	117	53	777	830	1607	1,19	43	67%
13000509	7	7	8,44	Congelados	567	A	21	0,58577215	39	23	156	179	335	0,56	45	72%
13000510	51	49	39,68	Congelados	2213	A	21	0,40041595	188	75	1061	1136	2197	1,62	43	66%
13000554	19	19	10,74	Congelados	2383	A	21	0,10674819	52	6	401	407	808	0,20	42	54%
13000557	9	8	8,11	Congelados	895	B	21	0	38	0	180	180	360	0,09	42	50%

