

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

Diseño de una política de inventario para mejorar el proceso de abastecimiento en una industria de alimentos de la ciudad de Guayaquil
(2022-2023)

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Logística y Transporte

Presentado por:

María Fernanda Bastidas Benavides
Andrés Bryan Fajardo Ochoa

GUAYAQUIL - ECUADOR
Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto le dedico, a mi madre y mi hermana mayor, por siempre brindarme su apoyo y esfuerzo a lo largo de esta gran etapa, a mis hermanos pequeños porque fueron y serán siempre una motivación para mí, en darles un ejemplo a seguir y demostrarles que con esfuerzo y perseverancia se puede lograr mucho.

Andres Fajardo Ochoa

A toda mi familia, amigos, profesores y tutor, les dedico este trabajo realizado con esfuerzo y dedicación. Estoy profundamente agradecida por que cada uno de ellos aportaron con enseñanzas para que hoy en día este culminando una de las etapas más importantes de mi vida.

María Fernanda Bastidas.

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios porque gracias a él me encuentro culminando una gran etapa de mi vida, a mi mamá Tania, mi hermana Jessenia y a mi papá, quienes siempre me han apoyado y motivado a seguir sin rendirme, a mi gran amigo Isaac quien estuvo conmigo por mucho tiempo mientras estuve lejos de mi familia y con quien compartimos muchas vivencias, calamidades, alegrías y tristezas, a mis tíos y tías por también brindarme su apoyo, a quienes una vez fueron mis compañeros y se convirtieron en mis amigos.

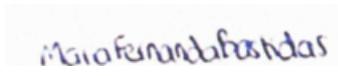
Andrés Fajardo Ochoa.

Agradezco a Dios por estar tan presente en mi vida y darme la oportunidad cada día de ser mejor persona, a mi madre por el esfuerzo que realizó cada día a lo largo de mi formación como profesional, sin su ayuda no hubiera podido lograrlo, eres mi soporte, mi inspiración, lo eres todo para mí. Gracias, hermanas, abuelitos, amigos, por su ayuda incondicional, los valoro y los llevo en mi corazón. Estoy agradecida con mis jefas donde realicé mis pasantías, por darme la confianza y brindarme la información necesaria para elaborar el proyecto.

María Fernanda Bastidas.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *María Fernanda Bastidas Benavides* y *Andrés Bryan Fajardo Ochoa* 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”



María Fernanda
Bastidas Benavides



Andrés Bryan Fajardo
Ochoa

EVALUADORES

Msc. Carlos Ronquillo Franco

PROFESOR DE LA MATERIA

Msc. David De Santis Bermeo

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La presente investigación acontecida en una empresa manufacturera de alimentos tuvo como objetivo el diseño de políticas de inventario para los productos de materia prima requeridos en el plan maestro de producción, mejorando la eficiencia en procesos logísticos tales como el manejo de inventario y abastecimiento. Para esto se implementó una planificación de materiales requeridos (MRP), siguiendo un procedimiento integrado por varias fases, se inicia con una clasificación ABC para pronosticar la demanda de los productos de categoría A, luego se determina la cantidad a fabricarse de los mismos, dependiendo de la capacidad de las máquinas, además se realizó el proceso de explosión de materiales para determinar las cantidades requeridas de materia prima. Previo se calculó los costos de pedir y mantener inventario para seleccionar la técnica de tamaño de lote con el costo total más bajo posible para finalmente obtener un calendario con las cantidades a pedir en cada semana del horizonte de planificación planteado. Se realizó un análisis de comparación económica entre la implementación del MRP propuesto en esta investigación y la situación real actual de la empresa, obteniendo una reducción tanto como en los costos de mantener y de pedir los materiales requeridos. En conclusión, el diseño de la política de inventario implementando un MRP evidenció ser factible logrando un ahorro del 61% en costos totales de inventario es decir \$3059 dólares, además se desarrolló una plantilla en Excel utilizando macros para hacer más interactiva la implementación del MRP con el personal de la empresa.

Palabras Clave: Costos de Inventario, Plan de Requerimiento de Materiales, Clasificación ABC, Gestión de Inventario, Abastecimiento.

ABSTRACT

The objective of this research, which took place in a food manufacturing company, was to design inventory policies for the raw material products required in the master production plan, improving efficiency in logistics processes such as inventory management and supply. For this purpose, a material requirement planning (MRP) was implemented, following a procedure integrated by several phases, starting with an ABC classification to forecast the demand for category A products, then determining the quantity of these products to be manufactured, depending on the capacity of the machines, as well as the process of explosion of materials to determine the required quantities of raw materials. Previously, the costs of ordering and maintaining inventory were calculated to select the lot size technique with the lowest possible total cost in order to finally obtain a calendar with the quantities to order in each week of the planning horizon proposed. An economic comparison analysis was made between the implementation of the MRP proposed in this research and the actual situation of the company, obtaining a reduction both in the costs of maintaining and ordering the required materials. In conclusion, the design of the inventory policy by implementing an MRP proved to be feasible, achieving a savings of 61% in total inventory costs, i.e. \$3059. In addition, an Excel template was developed using macros to make the implementation of the MRP more interactive with the company's personnel.

Keywords: *Inventory Costs, Material Requirement Plan, ABC Classification, Inventory Management, Sourcing.*

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
DECLARACIÓN EXPRESA.....	4
EVALUADORES	5
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
ÍNDICE GENERAL.....	8
ABREVIATURAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE TABLAS	12
CAPÍTULO 1	14
1. Introducción	14
1.1. Descripción del problema	15
1.2. Justificación del problema	18
1.3. Alcance del proyecto	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo General.....	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	20
1.5. Marco teórico	20
1.5.1. Estado del arte.....	20
1.5.2. Marco Conceptual.....	23
CAPÍTULO 2	43
2. Metodología	43
2.1. Técnicas de investigación	43
2.2. Levantamiento de información	44
2.2.1. Entrevista y visita técnica.....	45
2.2.2. Análisis de la información levantada: Situación actual	45
2.3. Recopilación de los datos.....	50
2.4. Descripción de los modelos.....	55
2.4.1. Modelo ABC para producto terminado	55
2.4.2. Modelos para pronóstico de demanda	57
2.4.3. Modelo de cantidad económica de pedido EOQ	59
2.4.4. Modelo Lote por Lote	61

2.5. Uso de software	62
2.6. Consideraciones legales y éticas	63
2.7. Fases del proyecto	66
2.7.1. Levantamiento de información	66
2.7.2. Elaboración del modelo	67
2.8. Cronograma de trabajo	69
CAPÍTULO 3	71
3. Resultados y análisis	71
3.1. Información obtenida de los productos terminados.....	71
3.2. Productos obtenidos de la clasificación ABC.....	72
3.3. Pronóstico de la demanda de productos terminados de categoría A	74
3.4. Modelos de pronóstico aplicados	80
3.5. Plan agregado de producción para horizonte propuesto	82
3.6. Plan maestro de producción según la capacidad de producción	82
3.7. Explosión de las necesidades de acuerdo con el MPS.....	85
3.8. Cálculo del tamaño de lote para el material requerido	87
3.9. Plan de materiales requeridos propuesto	90
3.10. Análisis de costos	94
3.11. Análisis comparativo entre situación actual vs situación propuesta.....	97
3.12. Entregables.....	98
CAPÍTULO 4	101
4. Conclusiones y Recomendaciones	101
4.1. Conclusiones.....	101
4.2. Recomendaciones.....	102
BIBLIOGRAFÍA	103

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
MRP	Planificación de los requerimientos de material
MPS	Plan Maestro de Producción
BOM	Lista de Materiales
SKU	Referencia de Almacén
EOQ	Cantidad Económica de Pedido
PAP	Plan Agregado de Producción
ROP	Punto de Reorden
PT	Producto Terminado
MP	Materia Prima

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Crecimiento en ventas anuales	16
Figura 1.2 Niveles de una estructura de árbol para un BOM	26
Figura 2.1 Fases del proyecto	66
Figura 3.1 Diagrama de Pareto con respecto a las cajas vendidas de PT en el 2021 ..	72
Figura 3.2 Diagrama de Pareto con respecto a la inversión de MP	74
Figura 3.3 Pronóstico del SKU 1	75
Figura 3.4 Pronóstico del SKU 2	75
Figura 3.5 Pronóstico del SKU 3	76
Figura 3.6 Pronóstico del SKU 4	76
Figura 3.7 Pronóstico del SKU 5	77
Figura 3.8 Pronóstico del SKU 6	77
Figura 3.9 Pronóstico del SKU 7	78
Figura 3.10 Pronóstico del SKU 8	78
Figura 3.11 Pronóstico del SKU 9	79
Figura 3.12 Pronóstico del SKU 10	79
Figura 3.13 Pronóstico del SKU 11	80
Figura 3.14 Pronóstico del SKU 12	80
Figura 3.15 Sección de ingreso de datos de Plantilla semiautomática elaborada.....	99
Figura 3.16 Portada de Manual de Usuario para la Plantilla a entregar.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ventas anuales.....	16
Tabla 1.2 Cálculo de posición de inventario de materia prima requerida para planificación semanal de los SKU 2115 y 2116.	17
Tabla 1.3 Cálculo de posición de inventario de materia prima requerida para planificación semanal de los SKU 2118 y 2119.	18
Tabla 2.1 Costo de mano de obra	47
Tabla 2.2 Costo de tecnología.....	47
Tabla 2.3 Costo del espacio ocupado en oficinas.....	47
Tabla 2.4 Costos indirectos	48
Tabla 2.5 Costo de capital invertido	48
Tabla 2.6 Costo de espacio de almacenajes	48
Tabla 2.7 Costo de servicio de inventario.....	48
Tabla 2.8 Costo de mano de obra	49
Tabla 2.9 Costo de equipo de manejo de materiales.....	49
Tabla 2.10 Costo de obsolescencia.....	49
Tabla 2.11 Costo del espacio ocupado en la bodega	50
Tabla 2.12 Base de datos de los consumos reales del producto “0200001002061” en el 2021	50
Tabla 2.13 Base de datos de la variación del valor unitario del ítem “0200001002061”de materia prima en el año 2021	51
Tabla 2.14 Base de datos con precios de 6 referencias de productos terminados	51
Tabla 2.15 Base de datos de las ventas de cada SKU del 2021	52
Tabla 2.16 Lista de materiales requeridos para elaborar los SKU’s finales de la zona A	53
Tabla 2.17 Ítems de producto terminado pertenecientes la categoría A obtenidas con el método ABC.....	56
Tabla 2.18 Ítems de materia prima pertenecientes a categoría A obtenidas con el método ABC	57
Tabla 2.19 Materias primas que se utilizarán para el cálculo del EOQ con su respectiva necesidad acumulada para todo el horizonte de planificación.	60
Tabla 2.20 Plantilla para el cálculo de tamaño de lote por medio del modelo EOQ para el producto "0200001002061".....	61
Tabla 2.21 Plantilla para el cálculo de tamaño de lote por medio del modelo LxL para el producto “0200001002061”.	62

Tabla 2.22 Plan de trabajo de las actividades realizadas	70
Tabla 3.1 Técnica aplicada y datos obtenidos de la empresa.....	71
Tabla 3.2 Clasificación ABC por criterio de cajas vendidas de PT.....	72
Tabla 3.3 Clasificación por familia de las cajas vendidas en el año 2021.	73
Tabla 3.4 Clasificación ABC por criterio de inversión de MP	73
Tabla 3.5 Modelos ganadores con sus respectivas pruebas y mediciones.....	81
Tabla 3.6 Plan agregado de producción para los 4 últimos meses del año 2022	82
Tabla 3.7 Características de producción por SKU	82
Tabla 3.8 Cálculo de capacidad de máquinas	83
Tabla 3.9 Plan Maestro de Producción propuesto	84
Tabla 3.10 Explosión de necesidades para 13 de los 53 materiales requeridos en la planificación ordenados por mayor necesidad.....	86
Tabla 3.11 Costo de pedir	87
Tabla 3.12 Costos de mantener por producto	88
Tabla 3.13 Resultados de implementar las técnicas de tamaño de lote EOQ y LxL	89
Tabla 3.14 Planificación de requerimientos de materiales considerando el lead time respectivo para el horizonte de planificación propuesto.	90
Tabla 3.15 Planificación de requerimientos de materiales considerando un lead time cero para el horizonte de planificación propuesto.	92
Tabla 3.16 Costos de pedir considerando que se requiere realizar una compra urgente.	94
Tabla 3.17 Costos de realizar un pedido de emergencia en la segunda semana de agosto del año 2022.	95
Tabla 3.18 Costos de mantener el inventario en la segunda semana de agosto del año 2022.....	96
Tabla 3.19 Costos totales reales de la empresa en los meses enero, febrero, marzo y abril.	97
Tabla 3.20 Costos totales de la empresa utilizando el método propuesto en los meses enero, febrero, marzo y abril.	98

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los negocios se enfrentan a un mundo con tendencias aceleradas, producto de la globalización, tener una sincronización entre la producción y distribución, es fundamental para satisfacer las necesidades de los clientes, además la capacidad de respuesta de éstos depende de los niveles de inventario que posean, los cuales son clave para cualquier empresa, por ende, es prioridad una buena planificación que logre el correcto abastecimiento de la materia prima, en especial para industrias fabricadoras de productos de consumo masivo.

La planificación de materiales es una ardua labor, que permite gestionar ingresos y salidas de la materia prima, antes, durante y después de la producción de un producto terminado, por lo que sin ella no se podría llevar a cabo la comercialización de estos. El departamento de logística ha presenciado problemas de desabastecimiento, compras de emergencia, proveedores esperando descargar, lead time que no se cumple, desorganización en la bodega y registros imprecisos o desactualizados del inventario.

Para lograr suplir los pedidos de los clientes a tiempo, se debe llevar una correcta administración y planificación de los recursos, con un control minucioso de las referencias, políticas de reabastecimiento y cantidades óptimas de pedido se puede garantizar un plan de producción eficiente. Además, los costos que incurren en ciertas actividades como el mantener inventario, la recepción de mercadería y generación de órdenes de compras son de vital importancia para alertar a otros departamentos del presupuesto requerido en el horizonte de planificación analizado.

(Chase et al., 2018) afirman lo siguiente:

“Los visionarios de la logística han hablado durante años acerca de eliminar, o al menos de reducir drásticamente, la función del inventario en las cadenas de suministro modernas. Las cadenas de suministro más eficientes y sin “juego”,

después de todo, no tendrían necesidad de ningún inventario intermedio porque la oferta y la demanda estarían en perfecta sincronía.

Sin duda esta visión tiene su atractivo: la muerte del inventario significaría unos costos de logística considerablemente reducidos y una entrega del pedido más sencilla.” (pág. 515)

El presente proyecto está dirigido a una industria dedicada a la fabricación y distribución de snacks, se propone realizar un sistema MRP en productos de alto valor que mejore el proceso de producción, y en los procesos donde se ven involucrados los materiales requeridos, por ejemplo, el de abastecimiento o desde cuando se emite una orden de compra, hasta cuando la materia prima sale de bodega para ingresar al área de producción.

Esta empresa tiene más de diez años en el mercado de Ecuador produciendo pasabocas y comercializándolos de forma masiva, debido a su trayectoria a lo largo de los años ha tenido que expandirse, por lo que posee sucursales en diferentes provincias del país, tales como: Pichincha, Azuay, Tungurahua y Loja. Por otro lado, en la provincia del Guayas se encuentra la matriz, el punto principal de producción y distribución a sucursales y tiendas, además este último es el sitio donde está enfocado el proyecto.

1.1. Descripción del problema

En los últimos años, la industria alimenticia que se estudia ha logrado una amplia participación en el mercado ecuatoriano, ha existido un aumento en la demanda de los productos. Los proveedores nacionales e internacionales con los que cuenta la empresa hacen parte de un eslabón muy importante en el proceso de abastecimiento, pues sin ellos no se podría producir.

La problemática que se evidencia en la empresa surge a raíz de que no tiene definidas las raciones necesarias de materia prima para pedir, generando problemas en el aprovisionamiento, problemas de desabastecimiento, entre otros, cabe mencionar que ciertos proveedores claves se encuentran ubicados geográficamente

lejos de la planta de producción en la ciudad de Guayaquil. Por otra parte, la planificación de compras que se obtiene mediante técnicas empíricas que no se ajustan a los datos reales, resultan en entregas no oportunas por parte de los proveedores de la materia prima, dando como resultado retrasos en la producción y generan inconvenientes en diferentes departamentos.

Tabla 1.1 Ventas anuales

Fuente: Industria Alimenticia estudiada

AÑO/MES (\$)	2017	2018	2019	2020	2021
ENERO	\$ 1.001.092	\$ 1.100.588	\$ 1.223.656	\$ 1.909.768	\$ 1.777.203
FEBRERO	\$ 785.796	\$ 1.013.947	\$ 1.115.076	\$ 1.526.091	\$ 1.696.766
MARZO	\$ 1.066.517	\$ 1.015.586	\$ 1.153.569	\$ 1.085.393	\$ 2.008.049
ABRIL	\$ 970.482	\$ 1.082.513	\$ 1.288.576	\$ 819.494	\$ 2.044.895
MAYO	\$ 1.064.826	\$ 1.086.158	\$ 1.372.998	\$ 1.196.371	\$ 1.918.856
JUNIO	\$ 1.108.926	\$ 1.090.904	\$ 1.383.432	\$ 1.464.949	\$ 2.047.942
JULIO	\$ 1.051.981	\$ 1.061.589	\$ 1.477.329	\$ 1.592.516	\$ 2.073.625
AGOSTO	\$ 1.062.532	\$ 1.170.988	\$ 1.528.433	\$ 1.523.616	\$ 2.096.069
SEPTIEMBRE	\$ 1.084.003	\$ 1.174.559	\$ 1.469.957	\$ 1.809.277	\$ 2.226.012
OCTUBRE	\$ 1.094.698	\$ 1.180.161	\$ 1.642.737	\$ 1.691.116	\$ 2.148.622
NOVIEMBRE	\$ 1.017.926	\$ 1.126.351	\$ 1.560.800	\$ 1.592.103	\$ 2.199.135
DICIEMBRE	\$ 999.442	\$ 1.004.510	\$ 1.374.502	\$ 1.760.410	\$ 2.209.745
	\$ 12.308.221	\$ 13.107.854	\$ 16.591.066	\$ 17.971.105	\$ 24.446.920

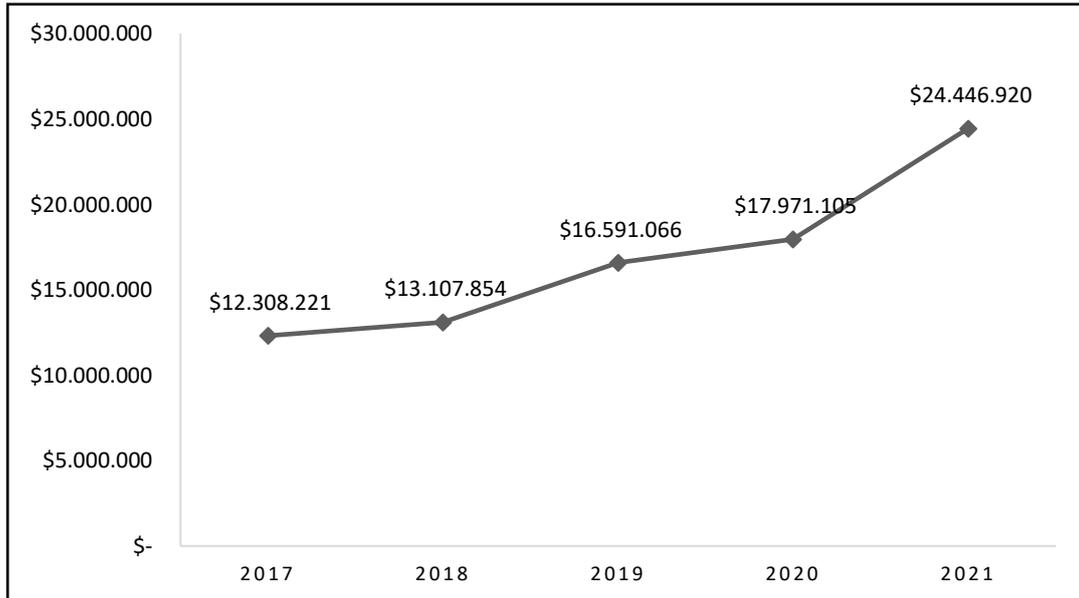


Figura 1.1 Crecimiento en ventas anuales

Fuente: Elaboración propia

Según se aprecia en la tabla 1.1 existe un aumento en las ventas de los productos ofertados por la empresa, esta brinda una variedad de 129 bocadillos listos para los consumidores. La demanda de los diferentes productos ha ido cambiando con el tiempo como se observa en la figura 1.1 por medio de las ventas, por lo que la gestión

de adquisición de materia prima debe proporcionar las cantidades necesarias para no interrumpir el flujo continuo de su producción.

La empresa que se estudia hace uso de un Programa Maestro de Producción (MPS) para planificar los materiales que necesita cada semana para la manufactura, esta herramienta genera los pedidos sugeridos para que el departamento de compras emita las ordenes de compras, tomando como indicador la posición de inventario de cada referencia. El MRP determina el número de componentes necesarios para satisfacer la demanda, utilizando elementos como el plan agregado de producción, plan maestro de producción (MPS) y la lista de materiales (BOM)

Tabla 1.2 Cálculo de posición de inventario de materia prima requerida para planificación semanal de los SKU 2115 y 2116.

Fuente: Industria de alimentos

SKU	REFERENCIA	INV. DIA (KG)	INGRESO (SEMANA EN CURSO) (KG)	NECES. SEMANA (KG)	POSICION DE INVENTARIO (KG)
2115	COMPONENTE A	16,429	0	29,902	-13,472
2116	CINTA A	825	0	1,290	-465

Los productos “COMPONENTES A” y “CINTA A” de la tabla 1.2 son requeridos para la planificación semanal, horizonte con el que la empresa ha venido trabajando por mucho tiempo. La posición de inventario es calculada con tres parámetros: saldo disponible, entradas planificadas y pedidos acumulados.

La posición de inventario presenta la cantidad necesaria para cumplir con los objetivos de la semana próxima. Considerando tanto el Lead time como el lote mínimo de compra se procede con la emisión de la orden de compra. En la tabla 1.2 se puede observar que se tiene en inventario 16,429 kg del “COMPONENTE A” con un lead time de 8 días, se requiere 13,472 kg para cubrir lo planificado en la semana en curso, por lo que se opta una compra de emergencia incrementando los costos de preparación de pedido.

Tabla 1.3 Cálculo de posición de inventario de materia prima requerida para planificación semanal de los SKU 2118 y 2119.

Fuente: Industria de alimentos

SKU	REFERENCIA	INV. DIA (KG)	INGRESO (SEMANA EN CURSO) (KG)	NECES. SEMANA (KG)	POSICION DE INVENTARIO (KG)
2118	COMPONENTE B	0	0	20,440	-20,440
2119	COMPONENTE C	0	0	39	-39

Según la tabla 1.3 se puede observar que no se posee inventario en los “COMPONENTES B” y “COMPONENTES C”, los cuales son necesarios para crear el “PRODUCTO 1” dispuesto en el plan agregado de producción, por lo que se toma la decisión de reprogramar otro producto.

La situación de la empresa expuesta anteriormente ha sido motivo para la realización del presente Proyecto, con el fin de diseñar una política de inventario que garantice una mejora en el proceso de abastecimiento.

1.2. Justificación del problema

La planificación de requerimientos de materiales se conoce a aquel sistema que permite planificar eficientemente la adquisición de materia prima, determinando el tamaño y el tiempo que se deben pedir estos materiales para producir los ítems finales. Estos sistemas de información ofrecen a las empresas una mayor facilidad al momento de gestionar correctamente la productividad, haciendo mayor su competitividad.

En el presente proyecto se busca implementar un sistema MRP que fije la cantidad que debe pedirse y el momento en que se debe hacer el pedido de los materiales requeridos para producir, con el fin de minimizar los costos de inventario y lograr el correcto abastecimiento. La empresa se enfrenta a un crecimiento en estos últimos años, en los cuales se ha utilizado el mismo método para determinar cuánto y cuándo pedir, sin embargo, a través del tiempo la demanda evidentemente no es la misma, por ende, le es conveniente ofrecer una mejor respuesta a esta variabilidad.

El proyecto además busca beneficiar a la empresa con la emisión de órdenes de compras, con la cantidad y en el tiempo justos, basándose en una técnica de tamaño de lote previamente evaluada con la realidad de esta, con el afán de disminuir los costos asociados al inventario y el desabastecimiento. La empresa al poder ser capaz de responder las necesidades y deseos de los clientes tiene en sus manos la capacidad de determinar próximas estrategias de ventas sin que estas se vean afectadas por el desabastecimiento, siendo así una fuerte competencia en el mercado.

1.3. Alcance del proyecto

El presente proyecto propone la implementación de un MRP, el cual está enfocado en el proceso de aprovisionamiento de la materia prima. Donde la planificación de los recursos necesarios, en la elaboración de los comestibles, resulte en mayores ahorros con respecto a los costos de inventario de la empresa.

Se abarca el problema con un análisis de ventas de los 129 productos que ofrece la empresa en el año 2021, para posteriormente clasificarlos según las cajas vendidas y categorizarlos con la técnica ABC. Se seleccionaron los productos pertenecientes a la categoría "A" debido al control estricto que se debe tener sobre ellos, puesto que tienen un alto porcentaje de participación en las ventas. Además, se obtuvieron sus respectivos pronósticos, utilizando las cajas vendidas desde el año 2019 hasta mayo del 2022, posteriormente se determina las cantidades de cada ítem de materia prima que se necesita y que representen un mínimo costo de inventario para el horizonte de planeación definido.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Establecer el uso de un sistema de administración de inventario, dirigido por el plan de requerimiento de materiales (MRP) para determinar el número de

componentes necesarios en la fabricación de los productos finales que ofrece la empresa.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Clasificar las existencias de producto terminado con la técnica ABC para poder revisar el nivel de inventario de cada una de ellas priorizando su importancia en el negocio.
- Analizar el histórico de ventas de los últimos años mediante un modelo de pronóstico para conocer la demanda de los productos ofertados por la empresa.
- Desarrollar el plan maestro de producción para conocer cuándo y cuánto se debe producir de cada uno de los productos terminados.
- Realizar la explosión de las necesidades semanales requeridas en el plan maestro de producción mediante la lista de materiales, para calcular el tamaño de lote óptimo que se debe pedir.
- Implementar la planificación de requerimiento de materiales utilizando las técnicas de tamaño de lote escogidas para cada uno de los productos de materia prima, para calcular los costos totales de inventario.
- Evaluar los resultados encontrados, comparándolo con la situación actual.

1.5. Marco teórico

1.5.1. Estado del arte

A continuación, se revisa ciertas literaturas existentes y que prestan ciertas similitudes con el tema del proyecto planteado en este documento, los cuales hacen referencia al uso de diferentes modelos de inventario aplicados para la gestión de este.

El artículo *“Inventory control of raw material on sweet bread production”* (Citaresmi & Azizah, 2019), utiliza el método MRP para obtener una planificación de materia prima eficiente en la producción de pan dulce. Se comienza realizando

la predicción de la demanda con los datos de un mes anterior para el mes siguiente, esto con el fin de evitar incertidumbre en las demandas. El cálculo del nivel de inventario de seguridad se realiza para prevenir desabastecimiento, efecto causado por los crecimientos bruscos de la demanda. El plan maestro de producción es otro requisito indispensable para la aplicación del método mencionado, este define la cantidad de pan dulce que requiere ser producida para cada periodo.

Una vez obtenido el plan maestro de producción se procede con la elaboración de la lista de materiales requeridos (BOM) para producir un lote de pan dulce. Se suele representar como un diagrama de árbol donde se visualizan las jerarquías que se desprenden del producto terminado.

El requerimiento bruto y neto de materias primas o de producto terminado se calcula con el plan maestro de producción y el stock actual. Cabe recalcar que el requerimiento bruto es lo que se ha proyectado suplir hasta el fin de cada período. El requerimiento neto es lo que se necesita producir para cubrir lo proyectado considerando el stock actual del material o producto terminado.

Como penúltimo paso se obtuvo el tamaño de lote óptimo y el tamaño de pedido para cada materia prima considerando el Lead time programado. Los costos utilizados en el cálculo del tamaño de lote óptimo fueron los de mantenimiento de inventario y de realizar un pedido. La planificación de materiales requeridos (MRP) se determina como último paso para cada periodo de estudio. Los resultados se traducen en costos de mantener el inventario de materia prima y el beneficio con respecto a la demanda del periodo analizado.

Por medio del artículo detallado anteriormente se puede conocer el flujo de información requerida para la implementación de un sistema MRP, la información de entrada como son la lista de ingredientes (BOM), Lead Time, los costos utilizados para la lotificación del pedido, entre otros. De igual forma la información que se obtiene como salida son ordenes de pedido, órdenes de compra, según la

planificación prevista, además, actualizaciones de inventario y ciertos informes secundarios.

El estudio con tema *“Optimum Inventory Policy at PT. Senahoy Optika Pratama in indonesia”* (Simamora, 2018), se realizó en una empresa comercializadora de diferentes tipos de productos ópticos. El investigador pudo darse cuenta de que las ventas aumentaron significativamente, adicionalmente quien planificaba las compras a proveedores era el gerente, quien lo hacía de manera intuitiva produciendo sobre abastecimiento en la bodega y generando costes innecesarios para la empresa.

Con el fin de pronosticar la demanda del año 2015 los autores utilizaron históricos de ventas correspondientes a los años que van desde el 2011 al 2014 para luego hacer uso de los siguientes modelos:

... “la media móvil, la media móvil ponderado, el suavizado exponencial, el suavizado exponencial con tendencia, el método ingenuo y la regresión lineal.” (Simamora, 2018)

Posterior al análisis de las ventas y la obtención del pronóstico se procedió a utilizar el modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) para determinar el nivel de inventario óptimo en que se debe realizar la reposición, la cantidad de existencias óptimas a pedir y el costo total asociado al inventario de la empresa. Cabe recalcar que al momento de utilizar tanto las técnicas de pronóstico de demanda como el modelo de inventario EOQ se tuvieron que analizar diferentes factores y supuestos necesarios para la implementación de estas técnicas.

El artículo antes mencionado permite identificar la importancia de utilizar varios métodos de pronóstico y contrastar los resultados, ya que siempre puede haber un mejor modelo que se ajuste a la información manipulada, el tema abarcado por el investigador anterior terminó utilizando la Regresión Lineal como el más eficiente y con el que obtuvo un pronóstico más preciso para su estudio. Además, es necesario establecer y tener claros los supuestos que se requiere

para hacer uso del modelo de cantidad económica de pedido, también como opera la empresa con respecto al proceso de reabastecimiento.

En tema correspondiente a la siguiente literatura es *“Application of material requirement planning method in raw materials planning on sardine product in PT. Blambangan Foodpackers Indonesia”* (Susanti, 2020), los autores realizan un sistema MRP donde contrastan dos métodos de lotización óptima. El método de tamaño económico de pedido y Lote por Lote son herramientas utilizadas para determinar el nivel de inventario óptimo. Lo siguiente a este proceso consiste en calcular y escoger de ambas el mejor de los costos para los ítems de materia prima, necesarios para la producción de las sardinias enlatadas que la empresa estudiada comercializa.

Lo aplicado en este último estudio es de suma importancia para el presente proyecto porque un parámetro muy importante a considerar es la demanda. Existen dos tipos de demanda, dependiente e independiente, para la investigación realizada en este documento se considera una demanda dependiente debido a que la materia prima depende del producto terminado. Un MRP se realiza sobre una demanda dependiente para la planificación de los materiales requeridos en la producción, cabe recalcar que existen otros factores y supuestos a considerar para hacer uso de esta herramienta.

1.5.2. Marco Conceptual

Con el objetivo de llevar a cabo el diseño del MRP adecuado para la empresa internacional alimenticia, se debe realizar una inducción a conceptos indispensables en el proceso de análisis de datos para lograr un equilibrio conveniente entre satisfacer la demanda y minimizar los costos.

La administración de inventarios pretende saber cuánto y cuando se debe ordenar, tratando de obtener beneficios como: evitar la escasez, aprovechar las economías a escalas, mantener un flujo continuo de trabajo, evitando tener inventario ocioso especialmente si se trabaja con referencias perecederas.

“Cuando se conoce la demanda futura de un artículo y se puede confiar en las entregas puntuales de un proveedor, siempre puede colocar pedidos de tal forma que se satisfaga toda la demanda sin necesidad de un inventario. Sin embargo, la incertidumbre de la demanda o los tiempos de entrega puede ocasionar escasez si no se mantiene un inventario suficiente” (Mathur, 1996)

1.5.2.1. Planificación de requerimiento de material (MRP)

El MRP es un sistema ligado a las necesidades de los materiales requeridos para la producción, vinculado además en la gestión de inventarios y la planeación de ventas, permite responder preguntas como, qué producir o aprovisionar, cuánto y cuándo.

Una de las características principales que tiene el MRP es la relación que genera entre la demanda de la materia prima y el proceso de producción en la empresa. Es de esta manera que se puede identificar como la demanda de las mercancías son dependientes a la producción mientras que la demanda independiente hace referencia a los productos terminados.

Para una mejor interpretación nos referimos al MRP como un sistema informático desarrollado principalmente para asistir en la gestión de inventarios de productos con demanda dependiente y la adquisición de los mismos de tal manera que se planifique cada orden de manera eficiente. Como cualquier otro sistema de información requiere entradas, una de estas es la lista de materiales (BOM) donde se detallan los insumos necesarios para la producción de un producto terminado. El Programa Maestro de Producción refleja las cantidades que se espera producir para el periodo planificado, a partir de ello determinar las cantidades requeridas de materia prima necesaria.

1.5.2.2. Programa Maestro de Producción (MPS)

El programa Maestro de Producción (MPS) tiene como objetivo determinar que producto específico y en qué momento es oportuno producirlo, ya sea para un horizonte de planificación a corto o a medio plazo. Para generar la información el MPS necesita ir acorde al Plan Agregado de Producción, donde se fija de manera general un nivel de producción.

Con la desagregación del Plan Agregado se obtiene un MPS y este a la vez alimenta de información al MRP, con desagregación nos referimos al desglose del Plan Agregado en todas sus interfaces de manera más detallada. Esto porque requiere la combinación de varios datos, como son, pronósticos de la demanda, niveles de stock, dimensión de la mano de obra, cantidad de materiales e insumos, entre otros, para la producción global de una línea de productos a un largo plazo.

El MPS planifica a nivel operacional con unidades de tiempo más cortas que el PAP, este a diferencia del MPS realiza planificaciones tácticas y a plazos más largos, horizontes de planificación superiores a seis meses según varios autores. Puede existir el caso en que el PAP y el MPS se trabajen de manera independiente, es decir, desarrollar un MPS factible utilizando las capacidades para la toma de decisiones y produciendo referencias con pronósticos de venta en horizontes de tiempo cortos, trabajando únicamente con órdenes de pedido.

1.5.2.3. Lista de materiales (BOM)

La lista de materiales (BOM) puede considerarse como un documento que surge de la obligación de saber cómo se encuentra estructurado un determinado producto para su producción, especificando los materiales subalternos requeridos. Cabe mencionar que además de la lista de ingredientes, se debe añadir en que cantidad es necesitado cada uno para la

producción de una unidad del producto padre, y por último la secuencia en que se acoplan para lograr el ítem final.

La estructura de árbol es una de las formas que más se utilizan para presentar el BOM de un producto, donde se distinguen los niveles según la secuencia de cada grupo de materiales que se combinan para crear el producto final.

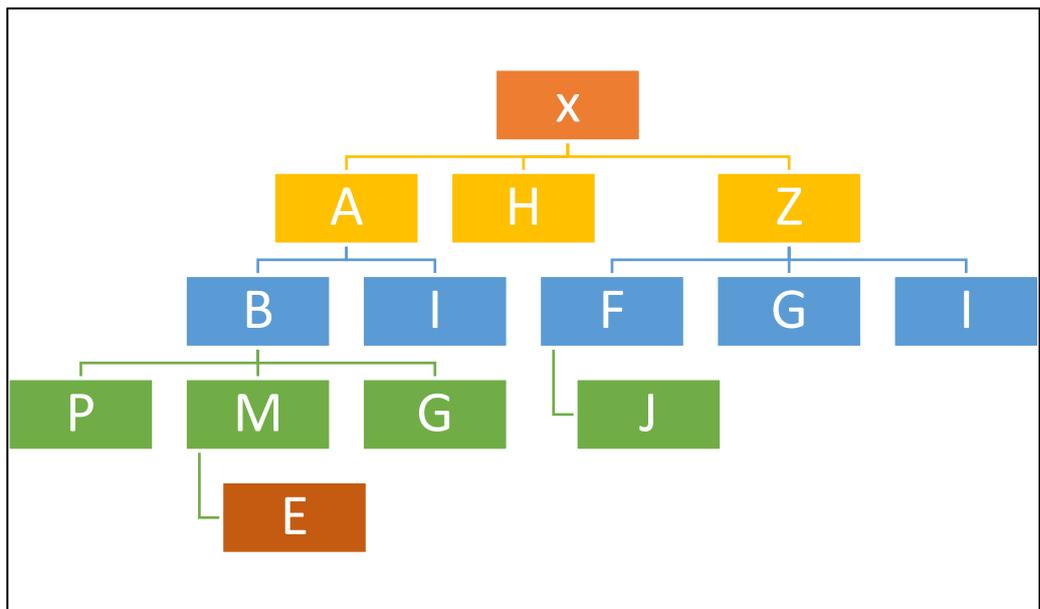


Figura 1.2 Niveles de una estructura de árbol para un BOM

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la figura 1.2 los niveles se diferencian por color, iniciando desde el nivel 0 que en este caso es el producto padre "X" de ahí se van desprendiendo los hijos hacia la parte inferior donde el último nivel en este ejemplo es "E". Existen listas de un solo nivel, donde se consideran únicamente los ingredientes o materiales hijos que se necesitan de manera inmediata, exceptuando los componentes subordinados de los componentes. Otras listas donde si se señalan los componentes de los componentes, permiten identificar el producto terminado y todas las materias primas requeridas para su producción.

1.5.2.4. Explosión del sistema MRP

Con “explosión” se hace referencia a la asignación de cada referencia con los respectivos materiales requeridos para su producción, posterior al plan maestro de producción y la lista de los materiales requeridos se procede al cálculo de las cantidades necesarias de estos últimos. Sin embargo, otra información que es inevitable utilizar y que se debe enlistar en un denominado archivo maestro de elementos, son el lead time y tamaño de lote, entre otros. A este cálculo que sirve para la planificación de compra de materiales y que utiliza toda esta información se denomina “explosión”, que surge porque primero se empieza por el nivel cero de la lista BOM con el artículo padre, para luego expandirse el cálculo a los componentes y subcomponentes que se encuentran en niveles inferiores. (Chapman, 2006)

Es importante saber que para calcular las necesidades de productos con demanda dependiente solamente basta con analizar el o los padres directos del mismo.

1.5.2.5. Características de modelos de inventarios

Para poder realizar un análisis correcto a los datos en base a la realidad de la empresa se debe identificar sus características.

- **Demanda dependiente o independiente:** consiste en verificar si las referencias están relacionadas entre sí, en caso de que un SKU afecte a la demanda de otros es dependiente, caso contrario es independiente.
- **Déficits:** cuando se permiten faltantes, eso quiere decir que la demanda se satisfará cuando llegue el siguiente embarque ósea en un próximo periodo.
- **Descuentos cuantitativos:** cuando realizar un pedido con menor frecuencia, pero de mayor tamaño resulta más conveniente, pues los

descuentos por cantidad resultan mayor a los costos por manejar grandes inventarios.

- **Política de pedidos:** existen dos estrategias para establecer una política de pedido, cuando la cantidad de ordenar depende del nivel de inventario, en un periodo fijo se denomina revisión periódica, cuando la cantidad de ordenar siempre es la misma, más el periodo entre pedidos puede variar se denomina revisión continua.

1.5.2.6. Componentes de costo de un sistema de inventarios

El modelo de inventario está basado en la suma de los costos de pedido, compra, almacenamiento o conservación y costo de déficit o faltante, este es el costo total de realizar un pedido.

- **Costo de pedido (K):** costo por colocar un pedido para reabastecer el inventario, tales como tiempo perdido de producción, administrativos, tiempos de oficina, costo fijo por parte del proveedor por entregar la mercadería, etc.
- **Costo de compra (C):** costo directo por unidad pedida.
- **Costo de conservación (H):** el costo por periodo de tiempo por cada artículo en inventario y el costo de oportunidad.
- **Costo de déficit (B):** el costo de no satisfacción de la demanda.

1.5.2.7. Modelos y técnicas de inventario

Modelo de cantidad de pedido económico (EOQ): es un modelo matemático usado para la administración de inventarios de modelos determinísticos, bajo ciertos parámetros:

- Se conoce la demanda.
- La cantidad ordenada (Q) llega completa cuando el inventario es 0.
- No se tiene faltantes

Si se cumplen las suposiciones, se puede determinar la política de inventario óptima, para esto se debe tener los siguientes datos:

- D : demanda del producto
- L : tiempo de llegada del producto
- K : costo de preparación de pedido
- C : costo de compra por unidad.
- H : costo de almacenamiento.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * K}{H}} \quad (1.1)$$

Con la ecuación (1.1) se obtiene la cantidad óptima a pedir, y con esta información se puede obtener el número en promedio de pedidos, el tiempo entre pedidos y el ROP (punto de reorden), con esta base se puede modificar el modelo alterando la función del costo total por ende los supuestos cambiarán dependiendo del caso, por ejemplo, un modelo donde se permitan faltantes, descuentos por cantidad de pedido, tiempo de llegada del producto probabilístico, etc. También depende del tipo de demanda como lo son determinística con revisión periódica o continua, estocástica con revisión periódica o continua, si el costo de producción es constante en todos los periodos se utilizan herramientas como la heurística de Silver- Meal.

Modelo Lote x Lote: este modelo trabaja con el principio de que lo producido es exactamente igual a lo requerido, consiste en que se realizan pedidos o se realiza planeaciones de producción donde las cantidades son iguales a las necesidades netas que requiere cada periodo.

Se caracteriza por producir lo necesario en cada periodo sin necesidad de mantener un inventario para periodos posteriores, minimizando los costos que incurre este proceso. Es un modelo muy popular al momento de implementar programas tales como los de maestro de producción y de requerimiento de materiales, además es muy útil en la planificación estratégica de producción. (Louly & Dolgui, 2011)

- R_t : Necesidades brutas para el periodo t
- S_t : Inventario al final del periodo t

$$LxL = R_t - S_t \quad (1.2)$$

Los modelos anteriormente suponen una demanda independiente, pero que ocurre cuando la materia prima depende de la demanda del producto final, debido a que son ingredientes para su elaboración, para este escenario se utiliza la técnica de planeación de requerimientos de materiales (MRP), la cual ayuda a:

- Determinar la demanda de los artículos dependientes.
- Planifica cuanto y cuándo pedir
- Planifica la producción del producto final

1.5.2.8. Clasificación ABC

Es necesario realizar una clasificación de ABC, cuando tenemos más de un SKU en el inventario, independientemente del modelo de inventario usado para generar la política de pedido, se tendrá que consultar el nivel de inventario dispuesto a la mano, y esto para todas las referencias, lo cual requiere de recursos como tiempo, esfuerzo y personal.

- **Clasificación A:** son las referencias de mayor impacto sobre los costos de inventario, cerca del 80%, donde el 10%-20% de ítems están en esta categoría.

- **Clasificación B:** son las referencias de no tan alto impacto, cerca de un 15% del costo de los inventarios, pero son la mayoría de las referencias, entre el 30%-40% de ítems están en esta categoría.
- **Clasificación C:** son las referencias restantes 50%-60%, estas referencias suelen ser las menos importantes, cerca del 5% en los costos de inventario.

1.5.2.9. Pronóstico

La habilidad para estimar el futuro es necesaria para la toma de decisiones operativas y estratégicas, el éxito de la empresa se basa en un buen pronóstico, para lo cual se requiere tener datos anteriores significativos en un periodo de tiempo para predecir la demanda futura, con esta información se puede tomar decisiones en producción y operaciones, tales como la planificación de productos nuevos, de capacidades, selección de procesos e inventario. A esto se le conoce como modelo de serie de tiempo, o también realizar el pronóstico sobre la base de factores cuantificables y conocidos para conocer la demanda en el próximo periodo estudiado, a esto se le conoce como modelo causal.

1.5.2.10. Clasificación de los modelos de series de tiempo

Las series de tiempos se pueden observar como una curva variante en el tiempo, en otras palabras, se puede decir que son datos calculados por cada periodo de tiempo pero que se ordenan de forma cronológica. Son utilizadas en los modelos de pronósticos, para poder elegir el correcto se debe reconocer los patrones y comportamientos de los datos (demanda), a continuación, su clasificación:

- **Modelos de nivel:** en la ecuación (1.3) indica que la demanda en el periodo t es igual a un valor fijo A más el error aleatorio. Este modelo se aplica cuando la demanda en la serie de tiempo oscila relativamente cerca de un valor fijo A , pero desconocido como se observa en la ecuación (1.4)

D_t : Demanda en el periodo t

F_t : Demanda pronosticada en el periodo t .

n : Cantidad de datos

$$D_t = A + e_t \tag{1.3}$$

$$F_t = A \tag{1.4}$$

- **Modelos de tendencia:** en la ecuación (1.5) indica que la demanda en el periodo t es igual a la demanda esperada en el periodo 0 más la pendiente y el error aleatorio. Este modelo se aplica cuando la demanda en la serie de tiempo tiene un patrón ya sea creciente o decreciente, lineal o no lineal, como se observa en la ecuación (1.6).

A : Demanda esperada en el periodo 0

B_t : Pendiente

$$D_t = A + B_t + e_t \tag{1.5}$$

$$F_t = A + B_t \tag{1.6}$$

- **Modelos estacionales:** en la ecuación (1.7) indica que la demanda en el periodo t se aplica cuando la demanda en un intervalo de tiempo repite un patrón definido, puede ser mensual, trimestral, etc. Los cuales tienen

asignado un valor numérico que representa que tan lejos o cerca está de la demanda real. La ecuación (1.8) señala como calcular la demanda futura.

S_k : Índice de estacionalidad

$$D_t = (A * S_k) + e_t \quad (1.7)$$

$$F_t = A * S_k \quad (1.8)$$

- **Modelos de estacionalidad de tendencia:** se aplica cuando la demanda en la serie de tiempo muestra un comportamiento con tendencia y estacionalidad.

1.5.2.11. Mediciones de rendimiento para pronósticos

Se necesita poder medir la exactitud del modelo a utilizar en la serie de datos, para esto existen mediciones que permiten evaluar los resultados de los parámetros, de esta forma se podrá elegir el modelo de pronóstico adecuado. El error en un pronóstico se evidencia con la diferencia entre la demanda real y la futura, entre menor sea el error más preciso es el modelo, para obtener una sola cantidad que exprese todos los errores se podría obtener un promedio, pero esto no permite revelar la magnitud de estos, por lo que se puede usar las siguientes mediciones:

- **Error medio cuadrado (RMSE):** este error permite evaluar al pronóstico evitando que los errores se cancelen cuando tienen la misma magnitud, se obtiene al calcular la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los errores, donde se estima la desviación estándar del error, como se puede observar en la ecuación (1.9)

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

(1.9)

- **Error medio porcentual absoluto (MAPE):** esta medición permite evaluar el error esperado en porcentaje con respecto a la demanda real, se obtiene al calcular el promedio de los errores absolutos como un porcentaje, como se puede observar en la ecuación (1.10).

$$\frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{|D_t - F_t|}{D_t} \right) * 100}{n}$$

(1.10)

- **Error medio absoluto (MAE):** este error evita que se cancelen los errores al aplicar valor absoluto, se obtiene al calcular el promedio del valor absoluto de los errores, nos indica el error esperado del pronóstico tanto por encima o por debajo de la demanda real, como se puede observar en la ecuación (1.11).

$$\frac{\sum_{t=1}^n |D_t - F_t|}{n}$$

(1.11)

- **Sesgo:** es el promedio de la tendencia de los errores, si es positiva quiere decir que el modelo escogido está subestimando la demanda real, y si es negativa el modelo está exagerando la demanda.
- **AIC o criterio de información de Akaike:** es un criterio sencillo aplicable para una amplia variedad de estudios, conocido porque permite seleccionar modelos estadísticos basándose en la teoría de la información junto a propiedades de la función de máxima verosimilitud. Para el cálculo de este criterio se utiliza la ecuación (1.12) y el modelo que arroje un menor valor será el ideal. (ASTORGA GÓMEZ et al., 2016)

θ : vector de parámetros del modelo.

k : número de parámetros del vector θ del modelo

$maxv$: función de máxima verosimilitud

$$AIC(\theta) = -2 \log(maxv) + 2k \quad (1.12)$$

BIC o criterio de información Bayesiana: es otro criterio utilizado para seleccionar entre varios modelos estadísticos, a diferencia del AIC este criterio incluye una penalización en la evaluación de la función de máxima verosimilitud. Se considera al BIC más eficiente que el AIC debido a que la penalización para la cantidad de parámetros del modelo es más fuerte, en la ecuación (1.13) se muestra la forma general del BIC.

θ : vector de parámetros del modelo.

k : número de parámetros del vector θ del modelo.

$maxv$: función de máxima verosimilitud.

n : tamaño de la muestra.

$$BIC(\theta) = -2 \log(maxv) + 2k \log(n) \quad (1.13)$$

ACF o función de autocorrelación: su utilidad se ve reflejada en la medición de dependencia de las variables de una serie de tiempo, el ACF realiza mediciones de la correlación de variables separadas en p periodos, en la ecuación (1.14) se detalla la forma general.

X_j : serie de tiempo evaluada

p : periodo de separación

cov : covarianza

V : varianza

$corr$: correlación

$$p_j = \text{corr}(X_j, X_{j-p}) = \frac{\text{cov}(X_j, X_{j-p})}{\sqrt{V(X_j)} \sqrt{V(X_{j-p})}} \quad (1.14)$$

PACF o función de autocorrelación parcial: tiene la misma aplicación que el ACF con la diferencia de que la medición es para dos variables separadas con p periodos cuando existe dependencia creada por los retardos que hay entre ambas, la forma general se detalla en la ecuación (1.15).

\hat{X}_j : media de la serie de tiempo evaluada

$$\pi_j = \frac{\text{cov}(X_j - \hat{X}_j, X_{j-p} - \hat{X}_{j-p})}{\sqrt{V(X_j - \hat{X}_j)} \sqrt{V(X_{j-p} - \hat{X}_{j-p})}} \quad (1.15)$$

1.5.2.12. Modelos de pronósticos

Para series de tiempo con patrones de nivel se puede utilizar los siguientes modelos de pronósticos:

- **Método de promedios móviles:** cómo podemos observar en la ecuación (1.16) se calcula en este modelo el promedio de los k periodos anteriores para obtener el pronóstico del periodo siguiente, el desafío es encontrar el k correcto, pues si el k es grande, los pronósticos cambian lentamente, por lo contrario, puede alterar significativamente creando un valor falso en el nivel A.

$$F_{k+1} = \frac{\sum_{i=k-n+1}^k x_i}{n} \quad (1.16)$$

- **Suavizado exponencial:** en este modelo como observamos en la ecuación (1.17) se usa el error del pronóstico del periodo anterior para mejorar los resultados del siguiente periodo, para esto se utiliza una constante α de suavizado que esta entre 0 y 1 el cual indica el grado de influencia del error en la siguiente predicción de demanda.

$$F_k = F_{k-1} + \alpha * (D_{k-1} - F_{k-1}) \quad (1.17)$$

- **Modelo autorregresivo (AR):** para el uso de este modelo se debe conocer los valores de cada observación, la variable dependiente es igual a la independiente a diferencia que se desplaza la independiente un periodo hacia atrás. La forma general se define como AR (p) donde p representa el orden, este valor representa la cantidad de periodos a retroceder para la realización del pronóstico, en la ecuación (1.18) presentamos la formulación.

$$(1 - \varphi_1 B^1 - \dots - \varphi_p B^p) X_t = a_t \quad (1.18)$$

Donde:

X_t : Es el valor que toma la variable en un periodo t

B : Operador de retardos ($BX_t = X_{t-1}$)

φ_p : coeficiente de B para el componente AR

a_t : componente aleatorio o ruido blanco

- **Modelo de media móvil (MA):** para el uso de este modelo se supone estacionariedad y es donde la variable se explica en función de una que es independiente proseguido de una sucesión de errores pertenecientes a periodos anteriores. La forma general se define como MA (q) donde q representa el orden de la media móvil y se detalla en la ecuación (1.19)

$$X_t = (1 - \theta_1 B^1 - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (1.19)$$

Donde:

X_t : Es el valor que toma la variable en un periodo t

B : Operador de retardos ($BX_t = X_{t-1}$)

θ_q : coeficiente de B para el componente MA

a_t : componente aleatorio o ruido blanco

- **Modelo Autorregresivo de Medias Móviles (ARMA):** o también llamados modelos de Box Jenkins, es una herramienta para realizar predicciones conformado por dos componentes, una autorregresiva (AR) y otra de media móvil (MA). El modelo global se define como ARMA (p, q) donde p es el orden de la parte autorregresiva y q el orden de la media móvil, la forma general se detalla en la ecuación (1.20)

$$(1 - \varphi_1 B^1 - \dots - \varphi_p B^p)X_t = (1 - \theta_1 B^1 - \dots - \theta_q B^q)a_t \quad (1.20)$$

Donde:

X_t : Es el valor que toma la variable en un periodo t

B : Operador de retardos ($BX_t = X_{t-1}$)

φ_p : coeficiente de B para el componente AR

θ_q : coeficiente de B para el componente MA

a_t : componente aleatorio o ruido blanco

- **Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA):** son modelos que integran tres componentes, autorregresivo (AR), integrado (I) y medias móviles (MA). El modelo global incluye tres parámetros, p , d , y q donde p denota el orden de la parte autorregresiva del modelo, q el orden de la parte de medias móviles y por último d es aquel que estabiliza la serie, y simboliza el grado de diferenciación de la misma, podremos detallar en la ecuación (1.21) el modelo ARIMA (p, d, q):

$$(1 - \varphi_1 B^1 - \dots - \varphi_p B^p)(1 - B)^d X_t = (1 - \theta_1 B^1 - \dots - \theta_q B^q)a_t \quad (1.21)$$

Donde:

X_t : Es el valor que toma la variable en un periodo t

B : Operador de retardos ($BX_t = X_{t-1}$)

φ_p : coeficiente de B para el componente AR

θ_q : coeficiente de B para el componente MA

a_t : componente aleatorio o ruido blanco

- **Método de Holt-Winters:** es considerado un método de descomposición, en primer lugar, se tiene la tendencia, la segunda es el factor cíclico, en tercer lugar, se tiene la estacionalidad y por último el componente irregular. Para que una serie sea adecuada tiene que aproximarse a una tendencia lineal, otro punto es que el factor estacional debe incidir sobre ella, analizando estos puntos se parte de un modelo teórico que sirve de base para predecir (Guerrero et al., 2006), este se detalla en la ecuación (1.22)

$$X_t = (b_0 + b_1)E_t + \mu_t \quad (1.22)$$

Donde:

b_0 : se denomina componente permanente.

b_1 : es la pendiente de la recta.

E_t : es a quien llamamos factor estacional.

Estos componentes requieren ser estimados, por lo que se definen tres ecuaciones más a continuación, donde la ecuación (1.23) detalla el componente irregular o la base del pronóstico, la ecuación (1.24) detalla el componente de tendencia y la ecuación (1.25) detalla el componente de estacionalidad.

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{C_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{1t-1}) \quad (1.23)$$

$$b_{1t} = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{1t-1} \quad (1.24)$$

$$C_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1 - \gamma)C_{t-L} \quad (1.25)$$

Donde:

S_t : es la base del pronóstico, cuando $t = 0$, además cabe recalcar que el factor

$$0 < \alpha < 1$$

b_{1t} : representa la tendencia en el periodo t , además cabe recalcar que el factor

$$0 < \beta < 1$$

C_t : representa la estacionalidad en el periodo t , además cabe recalcar que el factor $0 < \gamma < 1$

X_t : representa los valores reales que se toma en el periodo t

1.5.2.13. Bondad de ajuste

Para una muestra que pertenece a una población con una distribución de probabilidad que por lo general es Normal, la bondad de ajuste es un método que nos indica que tan cerca o ajustados se encuentran los datos de la muestra (valores observados) al comportamiento de los datos que representan a la población (valores esperados). Consiguen la medición o el resultado de la discrepancia entre estos dos tipos de valores por medio de técnicas de bondad de ajuste que se van a detallar a continuación:

- **Prueba de Ljung Box:** es una prueba estadística que verifica si en una serie de tiempos existen medidas de autocorrelación que no son iguales a cero, es decir sirve para probar si una serie de tiempo es igual al ruido blanco o en otras palabras su media es igual a cero y la varianza se mantiene (Portocarrero-Sierra et al., 2020). Se utiliza un contraste de hipótesis donde:

H_0 : Las observaciones tienen una distribución independiente.

H_1 : Las observaciones no tienen una distribución independiente.

$$Q = n(n + 2) \sum_{i=1}^k \frac{\hat{\rho}_i^2}{n - i} \quad (1.26)$$

Los datos utilizados en la ecuación (1.26) para el uso de la prueba Ljung Box son los siguientes:

n : se refiere al tamaño de muestra.

k : se refiere al conjunto de retrasos o lags para el que se está probando.

$\hat{\rho}_i$ se refiere a la autocorrelación en el retraso i

Para cuando se tiene una distribución de datos continua se pueden utilizar otras pruebas, tales como:

- **Prueba de Kolmogorov Smirnov:** también conocida como prueba K-S, se utiliza como prueba de significancia donde se analizan los datos de una muestra para identificar normalidad en la misma. Se utiliza únicamente con variables cuantitativas y continuas, además el tamaño de la muestra debe ser superior a 50 observaciones. (Saldaña, 2016)

El estadístico de prueba para el contraste de hipótesis es el que observamos en la ecuación (1.27)

$F_n(x)$: función con distribución normal

$F_0(x)$: función teórica o la que corresponde a H_0

$$D = \max |F_n(x) - F_0(x)| \quad (1.27)$$

- **Prueba de Jarque Bera:** es un test que permite conocer si la serie de tiempo con la que se está trabajando posee una distribución normal. La prueba de bondad de ajuste verifica si los datos de la serie temporal tienen una asimetría y curtosis propias al que se presentaría en una distribución

normal (Thadewald & Büning, 2007). A continuación, se presenta el estadístico de prueba en la ecuación (1.28).

n : representa el tamaño de la muestra.

S : representa la asimetría de la muestra.

K : representa la curtosis de la muestra.

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right) \quad (1.28)$$

Donde los conjuntos de asimetría y curtosis se representan de la siguiente manera respectivamente en las ecuaciones (1.29) y (1.30).

$$S = \frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\mu}_2^{3/2}} \quad (1.29)$$

$$K = \frac{\hat{\mu}_4}{\hat{\mu}_2^2} \quad (1.30)$$

Donde $\hat{\mu}_3$ y $\hat{\mu}_4$ son los momentos teóricos centrales que se encuentran en el tercer y cuarto puesto respectivamente, adicional se puede estimar estos parámetros con la ecuación (1.31)

$$\hat{\mu}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^j, \quad j = 2, 3, 4, \dots \quad (1.31)$$

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se muestra el proceso que se realizó para lograr los objetivos planteados, es importante saber la realidad de la empresa para asignar técnicas o modelos a usar. Para esto se hizo una visita técnica a la empresa para obtener información, despejar preguntas y validar procesos.

Con los datos obtenidos de la empresa se analizó la situación actual de la misma gracias al análisis de los históricos de ventas referentes al año 2021. Con la técnica ABC se pudo delimitar el estudio para aquellos productos que obtuvieron más ventas por caja en el mismo año. Posterior a este análisis y categorización se procedió al pronóstico de la demanda para un horizonte de planeación definido en base al lead time mayor de los materiales requeridos en la producción de los productos terminados. Para la elaboración del programa maestro de producción se necesitó el plan agregado y la lista de materiales (BOM), donde se utilizó la demanda en cajas vendidas de los productos finales pronosticados y los componentes requeridos con sus respectivas cantidades para la producción. La explosión de necesidades se realizó de acuerdo al plan maestro de producción, luego se culminó con el cálculo del tamaño de lote óptimo y los tiempos de pedido para cada ingrediente necesario en la planificación.

2.1. Técnicas de investigación

Evaluar las diferentes técnicas para obtener el tamaño de lote de alguna referencia en un sistema MRP es una labor compleja, se debe obtener un equilibrio entre los costos de preparación, pedidos y costos generados para el cumplimiento de los requisitos en el proceso del MRP, para lo cual se necesita los costos por pieza, costo de pedido o de preparación, costo de llevar el inventario en la semana.

El proyecto se realiza siguiendo un tipo de investigación descriptivo y cuantitativo, porque el problema se centra en el desabastecimiento de materia prima necesarios para la producción de los distintos alimentos comercializados de forma masiva. Por

ende, se realiza un análisis sistemático de toda la información recopilada por la empresa, refiriéndose a históricos de ventas, de pedidos, de costos unitarios, entre otros. También se utilizan datos numéricos obtenidos por medio de técnicas investigativas como son las encuestas, datos como salarios, horas de trabajo, dimensiones de superficies, entre otros, son necesarios para el proyecto.

La entrevista realizada al personal de bodega, de compras y de logística es una técnica de investigación que aporta con información importante para la elaboración del proyecto. La importancia de aplicarse dicha técnica es que se conoce de primera mano cómo es la realidad del proceso, como se lleva a cabo en situaciones normales y en situaciones emergentes.

La observación es otra técnica utilizada en el presente proyecto, para evidenciar los resultados de una mala planificación y un control de inventarios deficiente. Como es el caso de los camiones en cola desde temprano por las mañanas, así mismo los pasillos obstruidos por exceso de mercancías, entre otros aspectos de la compañía.

La investigación bibliográfica es descrita como aquella que se encarga de recopilar toda información relevante ya escrita y documentada para un objeto, problema, tema o caso de estudio. Por medio de consultas bibliográficas en diferentes repositorios de documentos científicos, tales como artículos, revistas, libros, etc. Se ha podido no solo conocer investigaciones similares pasadas sino también sustentar la que se trabaja actualmente.

2.2. Levantamiento de información

Para avanzar en el proyecto se prosiguió con el levantamiento de información ya que se llevó a cabo nuevas visitas técnicas y entrevistas con el personal de la empresa, además la observación fue fundamental para distinguir procesos como los de producción, despacho de producto terminado, despacho de materia prima, recepción, entre otros. Se pudo destacar varios puntos débiles, como la demora en descarga de mercadería, pedidos no acorde al lead time de los proveedores, productos de proveedores en mal estado, retrasos en la producción.

Toda la información levantada será complementada haciendo uso de investigaciones anteriores donde analicen problemáticas similares, con el fin de que sirvan como sustentación y den una clara visión al momento de implementar cada método propuesto para solucionar la problemática del presente proyecto.

2.2.1. Entrevista y visita técnica

En la entrevista se conversó del proceso de planificación y como gestionan el control de la demanda, para esto inician con el plan de recursos de distribución (DRP) otorgado por el departamento de ventas cada semana, luego la coordinadora del departamento de logística envía el plan agregado de producción. En este documento detalla las cantidades de cajas a realizarse de cada producto en esa semana junto al programa maestro de producción (MPS) donde especifica cuándo y cuántos kilos por caja se utilizarán en cada día de la semana. De esta forma se realiza la planificación de material, adicional es indispensable tener actualizado el archivo de inventarios de todas las bodegas, con todas las transacciones realizadas de forma correcta, y la lista de materiales la cual tiene los ingredientes de cada SKU de producto terminado.

Con esta información de los kilos de materiales de materia prima requeridos para la planificación de producción, se filtran los SKU que están en negativos y se solicita al departamento de compras que genere una orden de pedido. Cabe recalcar que cuando el producto es de prioridad alta se incurre en una compra de emergencia. La empresa ofrece a sus consumidores 129 productos y para lograr su elaboración se necesita tener en el inventario 181 materiales de materia prima.

2.2.2. Análisis de la información levantada: Situación actual

La primera entrevista con la supervisora de materia prima sirvió para responder varias dudas con respecto a los procesos internos que suceden en la empresa. Datos como la cantidad de operadores de bodega, actividades de

recepción de materia prima, funciones de cada departamento y los pasos que se deben llevar a cabo para la planificación de producción.

Con la finalidad de presenciar las operaciones se realizaron visitas técnicas, camiones esperando ser descargados se encontraban esperando desde tempranas horas de la mañana, el limitado personal de bodega da prioridad a la descarga de los recursos y varias actividades que involucra este proceso lo hace tardío. El planificar la producción para un horizonte corto de tiempo, sin una técnica eficiente que considere la adquisición de los materiales, hace que surjan los inconvenientes mencionados.

El control de inventario lo hace la supervisora de materia prima en conjunto con el personal de bodega, sin embargo, existen inconvenientes cuando se satura la capacidad de la bodega, impidiendo hacerse de manera minuciosa esta actividad. Los pedidos se realizan en el departamento de compras, anterior a ello se informa de productos escasos denominados pedidos sugeridos obtenido del control de las existencias realizada anteriormente.

2.2.2.1. Detalle de costos de inventarios

Como parte del proceso de recolección de información se solicitó a la empresa información referente a los costos y gastos que incurren en el movimiento del inventario, directa e indirectamente, con el fin de utilizarlos en los modelos que analizan a estos recursos y que fueron propuestos por los autores.

En el costo de mano de obra como se puede observar en la tabla 2.1 se toman en cuenta las 4 personas involucradas, las horas empleadas, sus sueldos y las veces en el año que realizan esta actividad.

Tabla 2.1 Costo de mano de obra

Fuente: Elaboración propia

Actividades	Costo	Unidad	Horas OC/Mes	Horas Tra/Mes	\$/Mes
Salario Coordinadora de logística	\$ 1.000,00	\$/Mes	4,3	160	\$ 26,88
Salario Coordinadora de compras	\$ 1.000,00	\$/Mes	4,3	160	\$ 26,88
Salario Supervisora de logística	\$ 700,00	\$/Mes	4,3	160	\$ 18,81
Salario Líder de bodega	\$ 600,00	\$/Mes	4,3	160	\$ 16,13
Costo mano de obra total	\$ 89	\$/Mes			

En el costo de tecnología como se puede observar en la tabla 2.2 se toman en cuenta el número de laptops de marca Lenovo utilizadas, con un precio de \$ 600 cada una, con un tiempo de vida útil de 4 años, de esta manera se obtiene el costo por mes de lo que se van a depreciar las máquinas.

Tabla 2.2 Costo de tecnología

Fuente: Elaboración propia

Número de laptops	3	laptops
Actividades	Costo	Unidades
Valor de laptop	\$ 600,00	\$/laptop
Depreciación	4	Años/laptop
Costo depreciación de laptops	\$ 38	\$/Mes

En el costo de espacio como se puede observar en la tabla 2.3 se tomó en cuenta los 12 metros cuadrados de la oficina del departamento de compras, se consultó en la plataforma web Ekos el valor referencial del costo de m^2 por mes en Ecuador - Guayaquil.

Tabla 2.3 Costo del espacio ocupado en oficinas

Fuente: Elaboración propia

Metros cuadrados de oficina	12	m ²
Actividades	Costo	Unidades
Valor por metro cuadrado	\$ 15	\$/ m ² /mes
Costo de espacio	\$ 186	\$/Mes

En los costos indirectos como se puede observar en la tabla 2.4 los gastos mensuales de la bodega de Guayaquil, se toma en consideración los 10 departamentos que conforman la empresa, calidad, producción, innovación, financiero, gerencia general, gestión humana, mantenimiento, mercadeo, logística y ventas. Además, en papelería se toma en cuenta las bodegas de Ambato, Cuenca, Loja y Quito.

Tabla 2.4 Costos indirectos

Fuente: Elaboración propia

Actividades	Costo	Unidades
Teléfono	\$ 295,00	\$/Mes
Internet	\$ 83,35	\$/Mes
Copias	\$ 769,00	\$/Mes
Papelería	\$ 923,03	\$/Mes
Luz	\$ 308,83	\$/Mes
Costos indirectos	\$ 2.379	\$/Mes

El costo de capital invertido, como se puede observar en la tabla 2.5 se incluyen los costos en los que incurre la empresa para financiar la bodega de materia prima.

Tabla 2.5 Costo de capital invertido

Fuente: Elaboración propia

Interés anual	16,06%	
Actividades	Costo	Unidades
Equipo de almacenamiento	\$ 25.000	\$/año
Costo de capital invertido	\$ 4.015	\$/año

El costo de espacio de almacenaje, como se puede observar en la tabla 2.6 se consideró la depreciación anual de la bodega y el costo anual de realizar limpieza.

Tabla 2.6 Costo de espacio de almacenajes

Fuente: Elaboración propia

Actividades	Costo	Unidades
Depreciación o amortizaciones del almacén	\$ 29.000	\$/año
Limpieza	\$ 490	\$/año
Costo de espacio almacenaje	\$ 29.490	\$/año

El costo de servicios de inventario se detalla en la tabla 2.7 donde se considera el costo del seguro por las instalaciones con un valor \$2.026 por año.

Tabla 2.7 Costo de servicio de inventario

Fuente: Elaboración propia

Actividades	Costo	Unidades
Seguro de instalaciones	\$ 2.026	\$/año
Costo de servicios de inventario	\$ 2.026	\$/año

El costo de mano de obra se detalla en la tabla 2.8 donde cabe recalcar que los inventarios en materia prima son realizados cada semana por 2 auxiliares de bodega.

Tabla 2.8 Costo de mano de obra

Fuente: Elaboración propia

Personal	2	personas
Valor de horas extras	2,5	\$/ hora
Horas trabajadas inventario	24	horas/mes
Actividades	Costo	Unidades
Costo de horas extras (SABADO)	\$ 60	\$/Mes
Costo de mano de obra inventario	\$ 1.440,00	\$/año

El costo de equipo de manejo de materiales se detalla en la tabla 2.9 donde se toman en cuenta los materiales y maquinarias de equipo que se utilizan, los 2 transpaletas y los 120 pallets.

Tabla 2.9 Costo de equipo de manejo de materiales

Fuente: Elaboración propia

Transpaletas manuales de 2.2 Ton	2	Transpaletas
Depreciación transpaletas	6	Años/Transpaleta
Pallets	120	Pallets
Depreciación pallets	3	Años/Pallets
Actividades	Costo	Unidades
Valor de transpaletas	\$ 536,00	\$/ transpaleta
Valor de pallets	\$ 5,50	\$/pallet
Costo depreciación transpaletas	\$ 89,33	\$/Años
Costo depreciación pallets	\$ 1,83	\$/Años
Costo de equipo de manejo de materiales	\$ 399	\$/Año

El costo de obsolescencia como se puede observar en la tabla 2.10 tiene un costo anual de \$22000, puesto que existe una política que indica que al mes se tienen 3 kilos de producto obsoleto.

Tabla 2.10 Costo de obsolescencia

Fuente: Elaboración propia

Costo de obsolescencia	\$ 22.000	\$/Año
------------------------	-----------	--------

En el costo de espacio para el área de bodega como se puede observar en la tabla 2.11 se tomaron en cuenta los 1222 metros cuadrados que posee

la bodega, se consultó también en la plataforma web Ekos el valor referencial del costo de m^2 por mes para estos establecimientos en Ecuador - Guayaquil.

Tabla 2.11 Costo del espacio ocupado en la bodega

Fuente: Elaboración propia

Metros cuadrados de la bodega	1222	m ²
Actividades	Costo	Unidades
Valor por metro cuadrado	\$ 3,40	\$/ m ² /mes
Costo de espacio	\$ 49.858	\$/Mes

2.3. Recopilación de los datos

A continuación, se describirá la información adquirida de la empresa, necesaria para la realización del análisis de la situación actual de la misma. Como se puede observar en la tabla 2.12 se tiene una base de datos que para fácil comprensión se filtró para el ítem “0200001002061” como ejemplo y donde se detalla el consumo real en kilos y en dólares de cada producto de materia prima. De esta data se filtró el consumo real por cada mes, para obtener el consumo promedio en el año utilizado posteriormente en el método ABC.

Tabla 2.12 Base de datos de los consumos reales del producto “0200001002061” en el 2021

Fuente: Industria Alimenticia estudiada

AÑO	MES	COD.	CONSUMO REAL (Q)	CONSUMO REAL (\$)
2021	ene-21	0200001002061	480.404,35	\$ 138.604,53
2021	feb-21	0200001002061	419.049,51	\$ 130.971,66
2021	mar-21	0200001002061	450.769,00	\$ 162.078,44
2021	abr-21	0200001002061	336.454,51	\$ 133.358,10
2021	may-21	0200001002061	449.336,10	\$ 196.818,36
2021	jun-21	0200001002061	516.924,06	\$ 224.208,58
2021	jul-21	0200001002061	411.581,22	\$ 162.837,53
2021	ago-21	0200001002061	510.321,12	\$ 194.286,81
2021	sep-21	0200001002061	454.079,77	\$ 160.556,17
2021	oct-21	0200001002061	453.167,48	\$ 167.708,60
2021	nov-21	0200001002061	416.077,58	\$ 163.387,48
2021	dic-21	0200001002061	366.313,72	\$ 154.071,21

En la tabla 2.13 con el mismo producto como ejemplo se observa una base de datos para todas las referencias con los precios unitarios por mes del año 2021. Como se observa en la tabla se ha filtrado por un elemento y se puede distinguir cómo varía su precio en esos periodos. Lo que se procedió a realizar fue, calcular los costos

promedios por unidad de cada uno de los artículos para luego proceder al análisis ABC.

Tabla 2.13 Base de datos de la variación del valor unitario del ítem “0200001002061” de materia prima en el año 2021

Fuente: Industria Alimenticia estudiada

PERIODO	CODIGO DEL ITEM	VALOR UNITARIO
ene-21	0200001002061	\$0,29
feb-21	0200001002061	\$0,31
mar-21	0200001002061	\$0,36
abr-21	0200001002061	\$0,40
may-21	0200001002061	\$0,44
jun-21	0200001002061	\$0,43
jul-21	0200001002061	\$0,40
ago-21	0200001002061	\$0,38
sep-21	0200001002061	\$0,35
sep-21	0200001002061	\$0,35
oct-21	0200001002061	\$0,37
oct-21	0200001002061	\$0,37
nov-21	0200001002061	\$0,39
nov-21	0200001002061	\$0,39
dic-21	0200001002061	\$0,42
dic-21	0200001002061	\$0,42

En la tabla 2.14 se muestran 6 referencias de productos terminados como ejemplo de que se tiene una base de datos de todos los SKU's a largo del tiempo con los respectivos precios, la base de datos sin depurar registraba un total de 1325 ítems, esto se debe al cambio de código de algunas referencias, por lo que se procedió a realizar la depuración respectiva con el fin de utilizar una base con precios de códigos vigentes en el 2021.

Tabla 2.14 Base de datos con precios de 6 referencias de productos terminados

Fuente: Industria Alimenticia estudiada

SKU	PRECIO
249967	\$ 0,89
249976	\$ 0,89
249977	\$ 0,89
250001	\$ 0,27
250002	\$ 0,89
250003	\$ 0,45

En la tabla 2.15 se tiene una base de datos correspondiente al año 2021 de las ventas mensuales de las referencias finales, con esta información se procedió a obtener el promedio de ventas de cajas vendidas para cada SKU.

Tabla 2.15 Base de datos de las ventas de cada SKU del 2021

Fuente: Industria Alimenticia estudiada

SKU	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
250141	\$1.313,69	\$3.006,69	\$3.851,44	\$3.242,72	\$2.244,96	\$3.119,65	\$1.842,78	\$2.554,69	\$3.363,69	\$2.868,04	\$2.978,39	\$2.941,89
250049	\$4.566,48	\$4.173,09	\$5.223,66	\$4.423,79	\$4.978,01	\$5.231,01	\$6.078,95	\$6.457,18	\$6.009,06	\$5.898,65	\$6.528,50	\$5.010,44
250002	\$4.638,46	\$6.460,40	\$8.819,86	\$340,35	\$1,26	\$10,00	\$2,63	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
250025	\$1.745,99	\$1.768,05	\$1.562,01	\$3,65	\$8,44	\$18,48	\$0,92	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
250289	\$23.247,60	\$22.426,50	\$17.921,21	\$484,12	\$482,53	\$353,92	\$418,96	\$237,21	\$641,49	\$412,82	\$472,51	\$91,89
250139	\$701,63	\$1.346,17	\$924,86	\$152,02	\$218,14	\$253,69	\$93,18	\$15,25	\$-	\$81,09	\$-	\$-
250140	\$2.163,68	\$2.497,86	\$3.046,11	\$706,66	\$96,27	\$76,65	\$64,86	\$45,37	\$13,39	\$17,11	\$4,28	\$-
250050	\$7.706,15	\$8.515,75	\$9.405,27	\$129,36	\$130,75	\$102,18	\$156,97	\$67,74	\$52,78	\$17,50	\$2,90	\$-
250246	\$358,12	\$567,38	\$1.082,87	\$17,13	\$5,08	\$14,86	\$-	\$-	\$7,61	\$1,90	\$32,57	\$-
250249	\$47.709,18	\$46.496,58	\$51.675,78	\$7.822,58	\$977,19	\$658,22	\$523,55	\$548,49	\$661,40	\$285,37	\$543,77	\$276,84
250118	\$5.038,14	\$2.829,72	\$4.766,28	\$179,89	\$1,57	\$44,34	\$17,86	\$-	\$2,98	\$8,47	\$-	\$-
250287	\$22.646,45	\$23.136,40	\$20.969,96	\$216,51	\$1.076,01	\$939,15	\$1.160,84	\$157,62	\$164,88	\$304,26	\$142,64	\$56,49
250034	\$2.148,67	\$1.558,99	\$1.879,75	\$40,28	\$-	\$5,53	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
250031	\$8.618,13	\$9.707,83	\$7.104,90	\$11,51	\$-	\$4,66	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-

15	1000	0350001003904										X				1
15	1000	0350001003907	X			X										2
8	50	0380001002176											X			1
30	500	0400002000003								X						1
60	21000	1000004000001			X	X						X				3
40	1500	1000005000034			X											1
40	100	1000005000056											X			1
40	20	1000005000057											X			1
30	500	1000005000107						X								1
120	1000	1000005000138							X							1
30	500	1000005093186		X												1
40	500	1000007016918			X	X						X				3
30	500	2000001093609				X										1
30	500	2000001093686											X			1
30	500	2000001093690	X													1
30	500	2000001093716		X												1
30	500	2000001093717								X						1
30	500	2000001093718						X								1
30	500	2000001093719							X							1
30	0	2000001093732			X											1
30	500	2000001093767										X				1
0	0	2000001093771													X	1
30	500	2000001093787											X			1
20	1000	2000002020545			X		X	X	X							4
45	1000	2000003000293	X	X	X											3
45	1000	2000003000295				X	X	X	X	X						5
45	1000	2000003000856										X	X			2
45	500	2000003093619									X			X		2
TOTAL MT x PT			13	9	12	10	8	9	9	10	8	11	17	8	124	

Como se puede observar en la tabla 2.16 se tiene la lista BOM, donde se detalla los ingredientes necesarios para poder elaborar el producto final, los ingredientes de estos elementos están dentro del segmento A, puesto que el inventario de materia prima depende del producto final. Los productos de la categoría A son los que requieren un mayor control y seguimiento en el inventario por su alto porcentaje de inversión y pocos elementos que lo conforman.

Adicional podemos observar el lead time con la cantidad de pedido mínimo que se debe pedir por materia prima, el lead time máximo es de 120 días, por lo que se realizara la planificación para un horizonte del mismo tamaño. Otro punto es que, de los 53 materiales requeridos 3 de ellos están involucrados en la producción de las 12 referencias de categoría A, por lo que es indispensable contar con estos tres materiales en todo momento.

2.4. Descripción de los modelos

La planificación de materiales requeridos implica el uso de diferentes técnicas y modelos para su diseño, en esta sección del capítulo dos se describió en primer lugar la técnica ABC para la categorización de los productos utilizando un criterio de cajas vendidas, así mismo los utilizados para el pronóstico de la demanda y los utilizados en el cálculo del tamaño de lote para los materiales a utilizar en la producción planificada.

2.4.1. Modelo ABC para producto terminado

Para implementar la clasificación ABC fue necesario previamente depurar la base de datos, porque se encontraron productos terminados con duplicados, o en otras palabras mismos productos, pero con diferente codificación, también en viceversa, productos diferentes con mismo código ya sea por una tilde o espacio.

Otra razón fue porque había productos descontinuados y que ya no se estaban promocionando.

La demanda mensual por unidad de cajas vendidas de los ítems es necesaria para la clasificación ABC de los productos terminados, por lo que se procedió a manipular el histórico de ventas de todos. El precio unitario también es otro dato importante por producto que se requirió.

Cuando ya se ha obtenido todo lo requerido para la clasificación, se procede a calcular la inversión, que no es más que la multiplicación entre la demanda mensual y el precio unitario de los productos de materia prima, para luego ordenar de mayor a menor la tabla respecto a la inversión. Se procedió a calcular la frecuencia acumulada con el fin de segmentar la tabla según las categorías que dicta el modelo ABC, donde el 80% representa a los artículos A, el 15% a los B y por último a los C con el 5%

Tabla 2.17 Ítems de producto terminado pertenecientes la categoría A obtenidas con el método ABC

Fuente: Elaboración propia

N°	COD.	VENTA PROMEDIO	PRECIO POR CAJA	CAJAS VENDIDAS	V.ACUMULADA	% CAJAS	ZONA	% ZONA
1	250115	\$3.027.422	0,2232	13.563.721	13.563.721	15,8%	A	78,2%
2	250208	\$1.861.347	0,2232	8.339.370	21.903.091	25,5%	A	
3	250247	\$1.611.694	0,2232	7.220.852	29.123.942	33,9%	A	
4	250276	\$1.444.013	0,2232	6.469.592	35.593.534	41,4%	A	
5	250324	\$1.360.374	0,2232	6.094.864	41.688.398	48,5%	A	
6	250325	\$1.225.599	0,2232	5.491.033	47.179.432	54,9%	A	
7	250326	\$1.136.997	0,2232	5.094.071	52.273.503	60,9%	A	
8	250335	\$1.054.292	0,2232	4.723.530	56.997.033	66,4%	A	
9	250407	\$764.497	0,22	3.474.987	60.472.020	70,4%	A	
10	250417	\$596.566	0,2232	2.672.789	63.144.809	73,5%	A	
11	250429	\$491.082	0,2232	2.200.189	65.344.998	76,1%	A	
12	250462	\$416.912	0,2232	1.867.887	67.212.885	78,2%	A	

Lo aplicado para el modelo ABC de los productos terminados y que se detalla en la tabla 2.17 se vuelve a realizar para los productos de materia prima, solamente que en este caso se utiliza el promedio mensual de las ventas de los productos y otro dato que se utiliza, es el promedio del precio individual de cada uno como se muestra en la tabla 2.18.

Tabla 2.18 Ítems de materia prima pertenecientes a categoría A obtenidas con el método ABC

Fuente: Elaboración propia

N	PRODUCTO	DEMANDA MENSUAL (KG)	PRECIO UNITARIO	INVERSIÓN	I.ACUMULADO	% I. ACUMULADO	ZONA	% ZONA
1	0200003002115	120.492	\$1,19	\$142.819	\$142.819	17%	A	80%
2	0200001002061	446.304	\$0,29	\$128.766	\$271.585	32%	A	
3	0200007002013	171.803	\$0,57	\$97.331	\$368.916	43%	A	
4	2000003000295	48.215	\$0,85	\$41.063	\$409.979	48%	A	
5	0200005002160	5.425	\$7,30	\$39.580	\$449.559	53%	A	
6	0200005002159	7.703	\$4,51	\$34.746	\$484.305	57%	A	
7	2000003093618	46.512	\$0,71	\$33.005	\$517.310	61%	A	
8	2000001093768	5.561	\$5,70	\$31.697	\$549.007	64%	A	
9	0200010002011	44.872	\$0,58	\$25.876	\$574.883	67%	A	
10	0200002000011	45.524	\$0,46	\$21.018	\$595.901	70%	A	
11	1000004000001	13.859	\$1,40	\$19.417	\$615.319	72%	A	
12	2000001093767	2.892	\$5,70	\$16.485	\$631.804	74%	A	
13	0200005002152	2.087	\$6,40	\$13.366	\$645.169	76%	A	
14	2000003093619	9.234	\$1,42	\$13.131	\$658.301	77%	A	
15	0200009002152	16.789	\$0,71	\$11.864	\$670.164	79%	A	
16	0200005002151	1.594	\$5,70	\$9.082	\$679.247	80%	A	

2.4.2. Modelos para pronóstico de demanda

Con el fin de estimar la demanda para los productos de materia prima de mayor importancia categorizados con la letra “A”, se tomaron registros históricos del consumo de estos, desde enero del año 2019 hasta mayo del año 2022. Con esta información se aplica el modelo de Suavización Exponencial De Holt-Winters, haciendo uso del software R, donde solo se modificó que factor el software mencionado elegirá por defecto, esto con el argumento “True” o “False” en los factores Alpha, Beta y Gamma.

Cabe recalcar que también se aplicaron modelos ARIMA, no sin antes aplicar una diferenciación para todas las doce, en algunas incluso dos, aquello se mencionara en el próximo capítulo, con el software R también se utilizó la función “autoarima”, que busca la mejor combinación de los parámetros p, d, q que se ajusten a los datos reales.

Se decidió utilizar el modelo ARIMA por el comportamiento de las series de tiempo, porque es importante considerar en primer lugar el comportamiento de la serie, si es estacional o no. Se utilizaron los meses de un año como los periodos de la serie y como la frecuencia utilizada por los modelos, es decir una frecuencia de 12.

Modelo ARIMA (p, d, q): El modelo ARIMA se aplica cuando la serie de tiempo no presenta tendencia, la razón es que se evita realizar diferenciaciones. Utilizando funciones de graficación como es “plot” en el software R se puede distinguir de manera rápida si la serie cumple o no el criterio de estacionalidad, estacionariedad o tendencia, cuando una serie no tiene patrones repetitivos se utiliza el modelo ARIMA.

Para poder pasar de un estado estacionario a uno que no lo es se realizan diferenciaciones, esto se logra en el software R utilizando la función “diff” y aquel parámetro que está vinculada a esta operación, es el parámetro d . Posterior a la diferenciación se hace un “plot” para verificar linealidad, adicional un test de estacionalidad verificando el “valor p” arrojado.

Para proceder con el modelo ARIMA en primer lugar se estima el componente AR(p) que es la parte autorregresiva y el orden de la misma, pasando al componente de medias móviles MA(q) y su respectivo orden diferenciándola en d ocasiones. Esta estimación se realiza graficando las funciones de autocorrelación ACF y PACF para identificar tanto el orden q en los retardos del ACF que no son 0, y además el orden p por medio de la gráfica PACF donde se estima utilizando los coeficientes de autocorrelación que sean diferentes a 0.

Como segundo paso, cuando ya se hayan estimado o realizado las combinaciones de los parámetros p, d, q que mejor ajusten la serie, procedemos a utilizar los criterios AIC y BIC con el fin de poner a competir todos los posibles modelos ARIMA que se tienen, el valor más pequeño de los criterios da como resultado el mejor modelo ARIMA que se puede utilizar.

2.4.3. Modelo de cantidad económica de pedido EOQ

Con esta técnica la demanda debe ser capaz de responder a la variabilidad tanto de los consumidores como al lead time de los proveedores, para lo cual se requiere un inventario de seguridad, la estimación de la demanda anual total, costo de preparación o pedido y costo anual de mantener el inventario, además supone que al inicio de cada periodo se satisface las necesidades.

Con el cálculo de los costos de mantener y almacenar la materia prima por unidad (H), además del costo de realizar un pedido (S) calculados con la información detallada anteriormente, se procede con el cálculo del lote económico (Q_{op}), para ello fue necesario también identificar la demanda anual promedio de cada ítem (D) y el costo por unidad de la materia prima (C_{mp}).

Realizando la explosión del sistema MRP se identificó la necesidad para cada uno de los materiales requeridos para cada uno de los periodos de planificación y que se utilizó en el cálculo del EOQ óptimo, es decir la cantidad necesaria para cubrir con la producción de los productos terminados correspondientes a ese ingrediente.

En la tabla 2.19 se pueden observar los materiales requeridos para la planificación de la producción de los productos finales de categoría A, a un lado de los productos se encuentra el total de las necesidades acumuladas para cubrir con el horizonte de planificación propuesto.

Tabla 2.19 Materias primas que se utilizarán para el cálculo del EOQ con su respectiva necesidad acumulada para todo el horizonte de planificación.

Fuente: Industria Alimenticia estudiada

SKU MP	NECESIDADES	SKU MP	NECESIDADES	SKU MP	NECESIDADES
0200001002061	1160740,61	0350001003907	402828,00	2000001093732	4498,80
0200002000011	55668,07	0350001003908	353499,00	2000001093767	21883,12
0200003002115	400104,13	0380001002176	143,52	2000001093771	41455,60
0200005002151	8425,29	0400002000003	935,92	2000001093787	706,13
0200005002152	9597,12	1000004000001	14871,70	2000002020545	764400,00
0200005002153	249,28	1000005000034	2302,75	2000003000293	83219,00
0200005002159	41290,90	1000005000056	92,98	2000003000295	52680,00
0200005002160	29698,70	1000005000057	46,18	2000003000856	55300,00
0200006002211	6685,50	1000005000107	985,61	2000003093619	186400,00
0200007002013	831892,46	1000005000138	6631,36	0200010002011	153115,49
0200008003215	534240,00	1000005093186	2849,81	0310001003311	447348,00
0200009002152	12348,34	1000007016918	709,16	0310001003414	12461,16
0200009002173	341,64	2000001093609	692,80	0330001003715	96163,20
0200009002174	4900,27	2000001093686	2076,36	0330001003718	163800,00
0200009002175	180,65	2000001093690	7165,79	0340001003701	34463,06
0200009002177	13,42	2000001093716	5827,50	0340001003726	739588,67
0200009002178	8133,94	2000001093717	9650,34	0350001003904	24100,00
0200009021113	18,10	2000001093718	1709,82	2000001093719	2144,52
0200009021115	860481,41				

En la tabla 2.20 se presenta la plantilla elaborada para el cálculo de la cantidad económica de pedido de cada materia prima resultante de la explosión de materiales.

Tabla 2.20 Plantilla para el cálculo de tamaño de lote por medio del modelo EOQ para el producto "0200001002061"

Fuente: Elaboración propia

EOQ PARA "0200001002061"							
	Semanas	Necesidad	Cantidad a pedir	Inventario final	Costo de llevar el inventario	Costo de preparación	Costo total
Sept	1	43.074	75.957	32.883	10	12	\$ 22,35
	2	58.345	75.957	50.495	16	12	\$ 27,77
	3	74.044	75.957	52.408	16	12	\$ 28,35
	4	71.050	75.957	57.315	18	12	\$ 29,86
Oct	5	72.864	75.957	60.407	19	12	\$ 30,82
	6	79.076	75.957	57.288	18	12	\$ 29,86
	7	89.230	75.957	44.015	14	12	\$ 25,77
	8	59.433	75.957	60.538	19	12	\$ 30,86
Nov	9	74.328	75.957	62.167	19	12	\$ 31,36
	10	73.240	75.957	64.884	20	12	\$ 32,19
	11	73.298	75.957	67.543	20,8	12	\$ 33,01
	12	77.448	75.957	66.052	20	12	\$ 32,55
Dic	13	75.549	75.957	66.460	20	12	\$ 32,68
	14	92.168	75.957	50.248	15	12	\$ 27,69
	15	72.551	75.957	53.655	17	12	\$ 28,74
	16	75.045	75.957	54.567	17	12	\$ 29,02
Total kilos		1.160.741			Total Acumulado		\$ 473

2.4.4. Modelo Lote por Lote

Esta técnica supone que los pedidos planificados son las necesidades netas, no existen transferencias de producciones a periodos futuros, reduce al mínimo el costo y no toma en cuenta los costos de preparación ni limitaciones de capacidad, por lo que todas las semanas se incurre al costo de preparación, elevando en especial este costo.

Cuando la empresa comienza a producir lo que requiere de manera exacta, los costos de mantenimiento de inventario disminuyen debido a que el inventario disponible para cada periodo es pequeño. Se intenta no sobrar inventario de un periodo a otro, más sin embargo el hecho de pedir cada semana como en el ejemplo de la tabla 2.21 si resulta en un costo que se debe evaluar.

Tabla 2.21 Plantilla para el cálculo de tamaño de lote por medio del modelo LxL para el producto “0200001002061”.

Fuente: Elaboración propia

LOTE POR LOTE PARA "0200001002061"						
Semanas	Necesidad	Pedido	Inventario final	Costo de llevar el inventario	Costo de preparación	Costo total
1	43.074	43.074	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
2	58.345	58.345	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
3	74.044	74.044	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
4	71.050	71.050	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
5	72.864	72.864	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
6	79.076	79.076	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
7	89.230	89.230	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
8	59.433	59.433	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
9	74.328	74.328	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
10	73.240	73.240	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
11	73.298	73.298	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
12	77.448	77.448	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
13	75.549	75.549	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
14	92.168	92.168	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
15	72.551	72.551	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
16	75.045	75.045	0	\$ -	\$ 12	\$ 12
Total						\$ 196

2.5. Uso de software

Para este trabajo investigativo se utilizó el software de Microsoft Excel, el cual nos ha permitido realizar las operaciones matemáticas y estadísticas que se necesitó para aplicar las diferentes técnicas y modelos que incluye el proyecto. Los complementos que se pueden utilizar en esta herramienta, como lo es Solver, nos sirvió para poder determinar los factores necesarios para la aplicación de los pronósticos. Otra utilidad con la que cuenta Microsoft Excel son las tablas dinámicas, al tener una gran cantidad de información se hace más fácil manipular y realizar los cálculos con tablas dinámicas.

Wolfram es un software de programación muy potente y reconocido por ser completo y de fácil uso, tiene una interfaz bastante amigable y sencilla, además que tiene un complemento denominado Wolfram Alpha, donde la sintaxis del lenguaje se desactiva y la interpretación de lo que se escribe se activa. Esta utilidad última que posee este software es muy didáctica y permite el aprendizaje del lenguaje, no cuenta

además con la necesidad de instalar librerías, porque las funciones que vienen integradas bastan. Una de ellas es “ParetoPlot” sirve para graficar diagramas de Pareto de manera rápida y sencilla, la cual se utilizó en este proyecto.

Rstudio es un software libre que ha sido diseñado para el análisis estadístico, su auge surgió debido a que el aprendizaje del mismo es sencillo, los resultados obtenidos al prototipar modelos son deseables haciendo que investigadores se interesen y trabajen con él. Como se ha mencionado Rstudio permite utilizar una amplia cantidad de modelos estadísticos, es eficiente para trabajar con pronósticos y series de tiempos, en nuestro proyecto utilizamos funciones como, “arima” para poder ajustar el modelo de pronóstico del mismo nombre a la serie de tiempo de cada uno de los productos de categoría A. La evaluación del modelo se ejecutó con las funciones de correlación, “acf” y “pacf”, los criterios de Akaike con las funciones “AIC” y “BIC” se utilizaron también para poder comparar la calidad del pronóstico entre diferentes modelos, con estas funciones y otras fue factible y rápida la obtención de los pronósticos.

2.6. Consideraciones legales y éticas

Las condiciones de trabajo hoy en día son reguladas de mejor manera para evitar en lo más posible inconvenientes dentro de las empresas. Las buenas prácticas planteadas por parte del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) se mencionarán en los párrafos siguientes.

Almacenamiento:

- Los espacios de almacenamiento deben tener una identificación clara.
- La rotación del producto debe funcionar de acuerdo con la caducidad de este.
- Cada espacio debe estar adecuado según las características del producto, ideales para su conservación.
- La ubicación de los productos debe estar ordenada y etiquetada de manera correcta para facilitar la búsqueda.

- La disposición tanto como la de los alimentos y como la de los envases no deben tener contacto con el suelo, tampoco deben obstruir la circulación del aire.
- Cada producto debe poseer una protección adecuada y una etiqueta donde se pueda identificar de manera visible la fecha tanto como de caducidad y de elaboración.
- Los productos deben estar separados según sus características físicas y de utilización.
- Los productos alimenticios cocinados deben estar por sobre los crudos.
- De existir cámara de frío para alimentos se deben ubicar de la siguiente manera: alimentos elaborados o precocidos en el nivel más alto, alimentos sin cocinar un nivel más bajo, después los cárnicos y por último frutas y vegetales.
- Los productos de limpieza y de desinfección se deben almacenar de acuerdo con los manuales vigentes por cada compañía.
- Los productos no refrigerados se deben ubicar en lugares sin luz solar, en un ambiente seco y fresco.
- La correcta revisión de cada almacén se debe realizar de manera periódica.

Lesiones en el personal de bodega pueden ocurrir cuando existe una mala ubicación y ordenamiento de la mercadería, ya que transitan repetitivamente por el lugar y además se encargan de la manipulación al momento de despachar hacia producción.

Al hacer uso de estanterías es indispensable mantener una revisión periódica de las mismas para así constatar el estado y actuar de manera rápida ante algún siniestro posible que cause lesiones o pérdidas materiales. De igual manera rotular con especificaciones tanto de la capacidad como el orden de los insumos que se deben ubicar.

Es importante dar seguimiento a la caducidad de un producto, por lo que tanto como la rotulación y la ubicación de este es indispensable que se realicen de correcta manera. En el caso de la rotulación verificar que la información sea correcta y que la ubicación se encuentre estratégicamente pensada, según la rotación de cada producto.

Para suministrar productos alimenticios una compañía tiene la obligación de cumplir ciertos aspectos descritos por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) para una mejor practica y un mejor servicio. La empresa de estudio al ser proveedor de otra compañía debe considerar ciertos aspectos o normas mencionadas a continuación:

Proveedores:

- Los productos que cada compañía necesite adquirir o subcontratar debe considerar ciertos requisitos definidos por la gerencia, con base en estos requisitos es necesario presentar un sistema de homologación para cada proveedor.
- Los productos alimenticios de cada proveedor tienen que estar etiquetados con el número de lote, fecha de elaboración y fecha de caducidad.
- El proveedor debe cumplir con el horario de recepción establecido.
- El proveedor debe ofrecer un tiempo de respuesta cuando se haya realizado el pedido.
- El etiquetado de los productos debe ser correcto.
- Cualquier documento entre el proveedor y la compañía debe ser archivado.
- En el caso de productos perecederos la compañía realizara una revisión periódica de la calidad de los productos otorgados por los proveedores verificando que se cumplan las obligaciones antes mencionadas.
- La compañía debe poseer un registro de incidencias tales como: el tiempo de respuesta, incumplimiento de horarios de recepción, quejas y sugerencias. Estará en la capacidad de definir otras medidas que evalúe el servicio prestado por los proveedores y con la periodicidad que crea conveniente.

2.7. Fases del proyecto

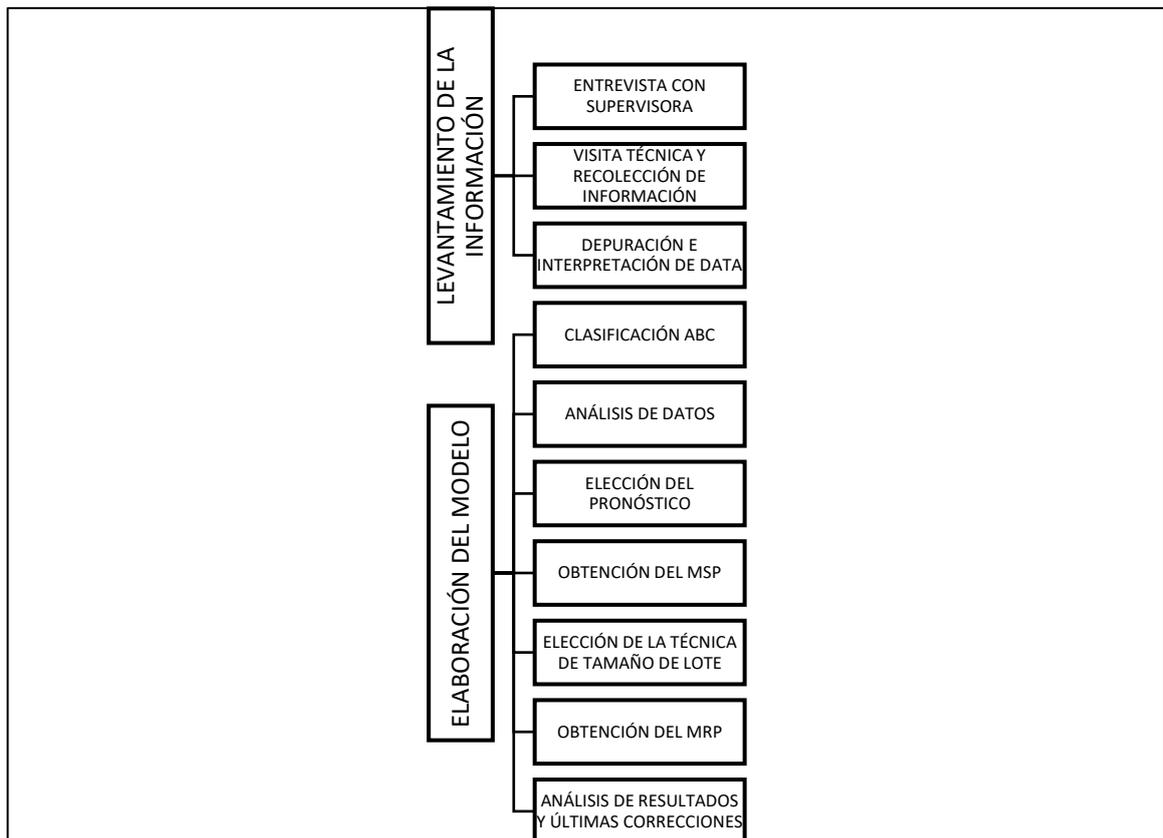


Figura 2.1 Fases del proyecto

Fuente: Elaboración propia

2.7.1. Levantamiento de información

Entrevista con la supervisora de bodega de materia prima: En esta primera fase los autores obtuvieron una entrevista con una de las personas encargadas de gestionar todo el proceso que se lleva a cabo dentro de la bodega de materia prima en la compañía. Con el fin de conocer mejor el proceso y el problema que se suscita en varias ocasiones dentro del mismo.

Visita y recolección de información: Para esta fase se programó una nueva visita a la compañía para conversar con personal de otras áreas, y de alguna manera solicitar bases de datos necesarias para el desarrollo del proyecto de investigación. Datos como histórico de ventas, de consumos, tiempos de reposición, costos, entre otros. Fueron brindados por la compañía para lograr los objetivos de esta investigación.

Depuración e interpretación de las datas: La información obtenida tuvo que ser revisada y depurada para un mejor análisis e interpretación, haciendo uso de la herramienta Microsoft Excel y con tablas dinámicas se pudo manipular mejor la data, filtrando los ítems se descartaron productos que poseían duplicados, valores inconsistentes, entre otros.

2.7.2. Elaboración del modelo

Clasificación ABC de los SKU's de materia prima: Se procedió en esta fase a clasificar los productos según el método ABC y la regla de Pareto, obteniendo las diferentes categorías de los productos de materia prima. Luego de clasificar los productos realizamos el pronóstico de la demanda para ser utilizada posteriormente en el cálculo de los lotes óptimos.

Clasificación ABC de los SKU's de producto terminado: Para analizar la relación de categorías entre materia prima y producto terminado, se realizó también una clasificación para estos últimos, dando a dar de manera más visible la dependencia de estos dos tipos de ítems con las demandas correspondientes.

Análisis de datos: Para esta fase se interpretó toda la información encontrada, permitiendo una mejor visibilidad del problema, que técnicas o modelos se están aplicando correctamente, que datos o información se necesita para una mejor continuidad en el desarrollo del proyecto.

Elección del pronóstico: En esta fase se implementaron mediante el uso del programa Rstudio diferentes modelos de pronóstico con el fin de encontrar aquel que mejor se ajustaba a los datos obtenidos por parte de la empresa. Entre estos modelos se tienen el de Holt-Winters y ARIMA donde este último se llevó a cabo probando con diferentes combinaciones de los parámetros respectivos, adicional se probó la función "autoarima" donde el software arroja aquel modelo de mejor ajuste.

Obtención del plan maestro de producción: Como ya se identificó las demandas para el horizonte de planificación propuesto, se procedió al registro de las demandas por periodos semanales según la producción planificada en el plan agregado, para los últimos 4 meses del año 2022.

Elección de la técnica de tamaño de lote: Para cuando se llegó a esta fase, habíamos tenido un análisis con respecto a los tamaños de lote óptimos de cada material requerido y el modelo de inventario más eficiente.

Obtención de la planificación de materiales requeridos: Al llegar a esta fase se registró cada uno de los datos obtenidos en las fases anteriores, creando una plantilla con toda la planificación para los meses pertenecientes al horizonte trabajado. Se calculó de manera detallada el costo total de inventarios que requiere cada producto de materia prima para cubrir con las necesidades, esto se logró con la evaluación y el cálculo para los modelos EOQ y Lote por Lote.

Análisis de resultados y ultimas correcciones: Para esta fase se analizaron los resultados de la planificación usando la técnica del MRP con tiempos de pedido y tamaño de lotes óptimos en contraste con los resultados reales que arroja actualmente la empresa según su metodología. Realizando comparaciones entre la situación actual y la técnica MRP propuesta, los costos de inventario resultantes de la planificación de requerimientos de materiales se compararon con los costos de inventario que obtuvo la empresa en la segunda semana de agosto del año 2022. Con el fin de comprobar que la técnica del MRP lanza resultados más favorables, dado a que se busca minimizar tanto los costos de mantener inventario como los costos de pedir materia prima. El diagrama de la figura 2.1 permite tener una mejor comprensión de cómo se llevó a cabo el procedimiento y la metodología que hicieron posible cumplir con cada uno de los objetivos planteados en el capítulo anterior.

2.8. Cronograma de trabajo

Para la elaboración de este capítulo, se puede observar en la tabla 2.22 un plan de trabajo, donde se detallan los días y las horas implementadas para el estudio de datos, por ende, se dividió el trabajo en procesos. En la fase de levantamiento de información se coordinó un día para poder realizar una entrevista y realizar todas las dudas que teníamos, además de recolectar la información que se necesitaba. Por otro lado, en la fase de elaboración del modelo básicamente se analizaron los datos y se evaluó que técnica usar.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se describió los resultados obtenidos después de aplicar la metodología presentada en el capítulo 2, se aplicó la técnica ABC de categorización de inventario, modelos para pronosticar la demanda, el plan maestro de producción, la explosión de los materiales de materia prima y técnicas de tamaño de lotes, con el fin de culminar en la integración del sistema MRP para el horizonte de planificación propuesto.

3.1. Información obtenida de los productos terminados

En la tabla 3.1 se puede distinguir la información recopilada y manipulada por los autores para poder realizar la categorización de los ítems según las cantidades vendidas de cajas por medio de la técnica ABC, para lo que se utilizó el histórico de ventas del año 2021, debido a que los códigos de referencia única de los productos finales ofertados por la industria varían en el tiempo y ciertas referencias no se producen más, esto se debe a un cambio en el gramaje. La base de datos se encontraba en \$ / cajas vendidas y se realizaron los respectivos cálculos para trabajar con cajas vendidas, ya que es la unidad en la que se planifica la producción. La obtención del pronóstico para cada uno de los productos finales se realizó utilizando una base de datos de cajas netas vendidas desde enero del año 2019 hasta mayo del año 2022.

Tabla 3.1 Técnica aplicada y datos obtenidos de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Técnicas	Datos Obtenidos
Clasificación ABC	Datos de las ventas del año 2021
Pronóstico de la demanda	Datos históricos de las cajas netas vendidas desde 2019 hasta mayo 2022.

3.2. Productos obtenidos de la clasificación ABC

Como se puede observar en la tabla 3.2 el 9.30% de los artículos representan el 78,2% de cajas vendidas en el 2021 y se clasifica como segmento A, el 16.28% de los ítems representan el 16,6% de cajas vendidas y pertenecen al segmento B y por último 74,42% de los productos representan el 5,1% de cajas vendidas.

Tabla 3.2 Clasificación ABC por criterio de cajas vendidas de PT

Fuente: Elaboración propia

ZONA	N° ELEMENTOS	% ARTÍCULO	% ACUMULADO	% CAJAS VENDIDAS	%CAJAS VENDIDAS. A.
A	12	9,30%	9,30%	78,2%	78%
B	21	16,28%	25,58%	16,6%	95%
C	96	74,42%	100,00%	5,1%	100%
TOTAL	129				

En la figura 3.1 se puede observar de manera gráfica lo que se detalla en la tabla 3.2, se puede observar los porcentajes y la frecuencia acumulada de cajas vendidas para las tres categorías.

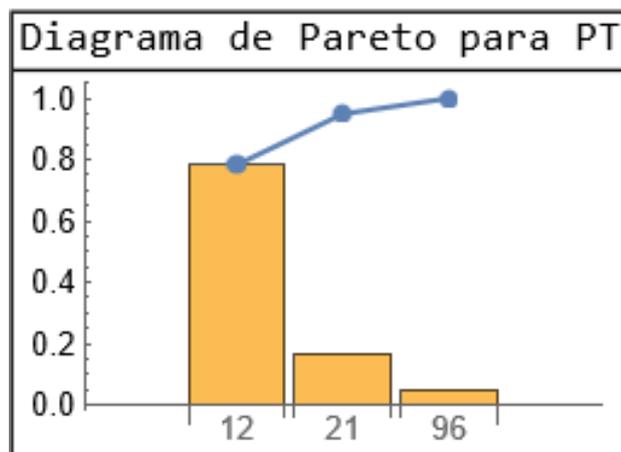


Figura 3.1 Diagrama de Pareto con respecto a las cajas vendidas de PT en el 2021

Fuente: Elaboración propia

En este periodo 2021, se vendieron 1.464.437 cajas, como se puede observar en la tabla 3.3 los productos se encuentran agrupados por familias, donde se distingue que la familia tortilla representa el 50% de las cajas vendidas.

Tabla 3.3 Clasificación por familia de las cajas vendidas en el año 2021.

Fuente: Elaboración propia

FAMILIA	CAJAS VENDIDAS	% TOTAL
Extruido	207.526	14%
Freídos	296.069	20%
Mixto	197.679	13%
Pellet	28.697	2%
Tortilla	734.466	50%

Además, se realizó el análisis ABC de los productos de materia prima, puesto que existe una dependencia con los productos finales. Debido a la actualización de códigos únicos de los productos finales, se analizó la data de consumos de materia prima del 2021, aplicando un sistema ABC con respecto a la inversión realizada en estas referencias, depurando la información de los costos promedios unitarios por kilo y el consumo promedio de las existencias, para segmentar en grupos de acuerdo con su importancia y lograr mayor control sobre los productos de alta prioridad, estableciendo grupos A, B y C.

Como se puede observar en la tabla 3.4, existe un total de 117 SKU's correspondientes al año 2021, en la zona A se tienen 16 referencias que representan el 13.68% de todos los artículos, la zona B conformada por 28 existencias las cuales representan el 23.93% del total de artículos y por último 73 artículos en la zona C, el cual representa el 62.39% del total de artículos. Se obtuvo que en la zona A se encuentra el 80 % de la inversión, por lo que se debe realizar un mayor seguimiento a estos elementos porque de ellos depende casi toda la inversión de materia prima.

Tabla 3.4 Clasificación ABC por criterio de inversión de MP

Fuente: Elaboración propia

ZONA	N° ELEMENTOS	%ARTICULO	% ACUMULADOS	% INVERSION	%INV. A.
A	16	13,68%	13,68%	80%	80%
B	28	23,93%	37,61%	15%	95%
C	73	62,39%	100,00%	5%	100%
TOTAL	117				

En la figura 3.2 se puede observar de manera gráfica lo que se detalla en la tabla 3.4, se puede observar los porcentajes y la frecuencia acumulada de inversión de materia prima para las tres categorías.

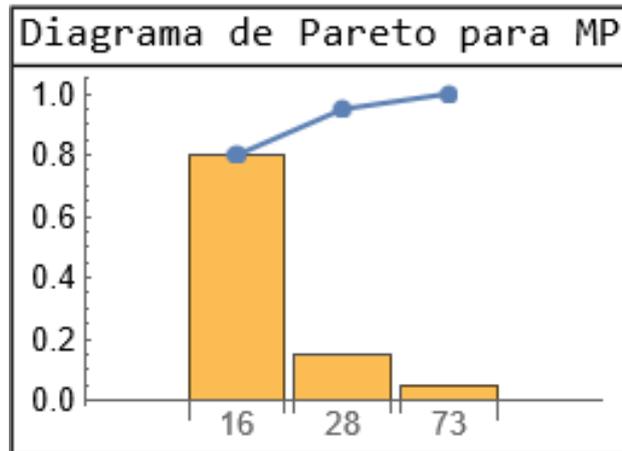


Figura 3.2 Diagrama de Pareto con respecto a la inversión de MP

Fuente: Elaboración propia

3.3. Pronóstico de la demanda de productos terminados de categoría A

A continuación, se muestran los resultados del modelo seleccionado para cada uno de los productos finales elegidos. Mediante la herramienta R Studio, se desarrollaron varios modelos estadísticos ARIMA, puesto que los 12 productos no presentaron estacionalidad en la serie de tiempo, se procedió a encontrar los parámetros de auto regresión, medias móviles y diferenciación, además de validar los supuestos de los errores, para ajustar el modelo.

En la Figura 3.3 se puede observar uno de los productos más vendidos, perteneciente a la familia extruido, durante el tiempo de análisis 2019 hasta mayo del 2022, la referencia se ha mantenido con 32 gramos.

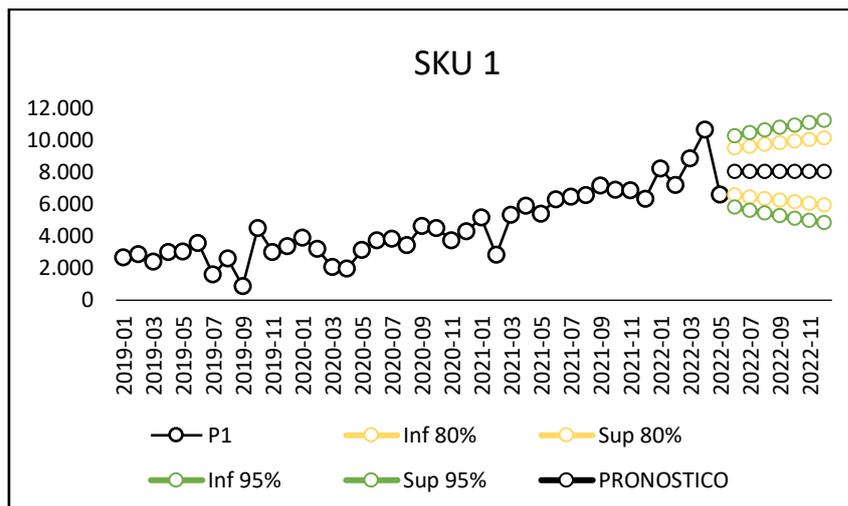


Figura 3.3 Pronóstico del SKU 1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.4, se tiene uno de los productos perteneciente a la familia Tortilla, este producto a lo largo del tiempo ha ido cambiando su gramaje, iniciando con 43 gramos hasta llegar en la actualidad a 35 gramos, la referencia a cambiado en cuatro ocasiones, julio y septiembre del 2020, mayo del 2021 y en mayo del 2022

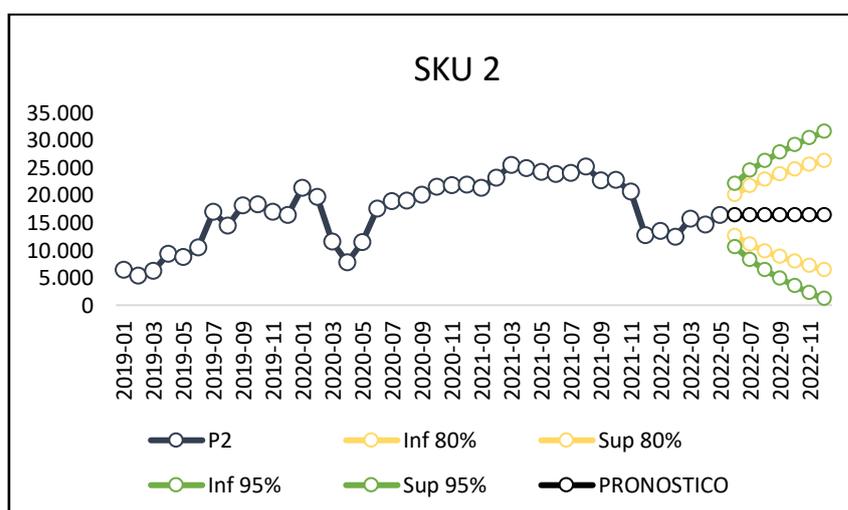


Figura 3.4 Pronóstico del SKU 2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5, se tiene uno de los productos perteneciente a la familia tortilla, este producto a lo largo del tiempo ha ido cambiando su gramaje, iniciando con 45 gramos hasta llegar en la actualidad a 30 gramos, la referencia a cambiado en cinco ocasiones, agosto del 2019, mayo y agosto del 2020, abril del 2021 y abril del 2022, adicional en la base de datos este es el único producto que comenzó a venderse en marzo del 2019.

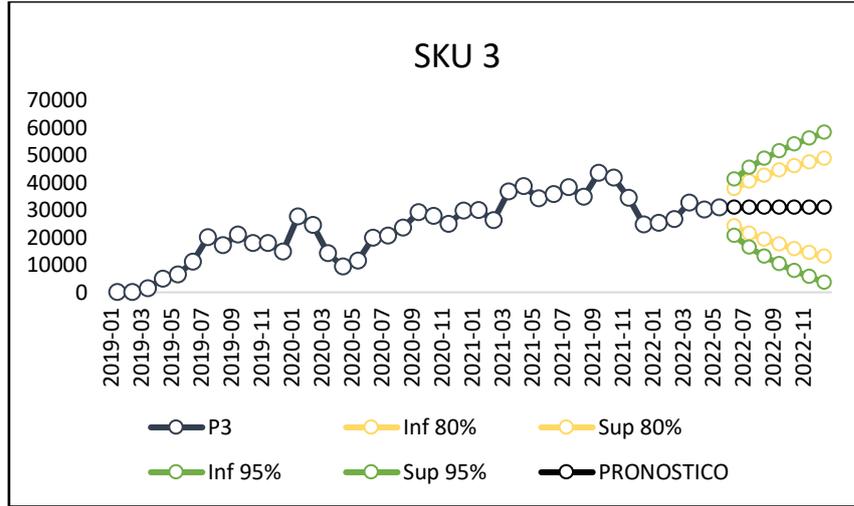


Figura 3.5 Pronóstico del SKU 3

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.6, se tiene uno de los productos perteneciente a la familia freídos, este producto ha cambiado de gramaje en una ocasión mayo del 2020, de ahí en más se ha mantenido constante en el tiempo.

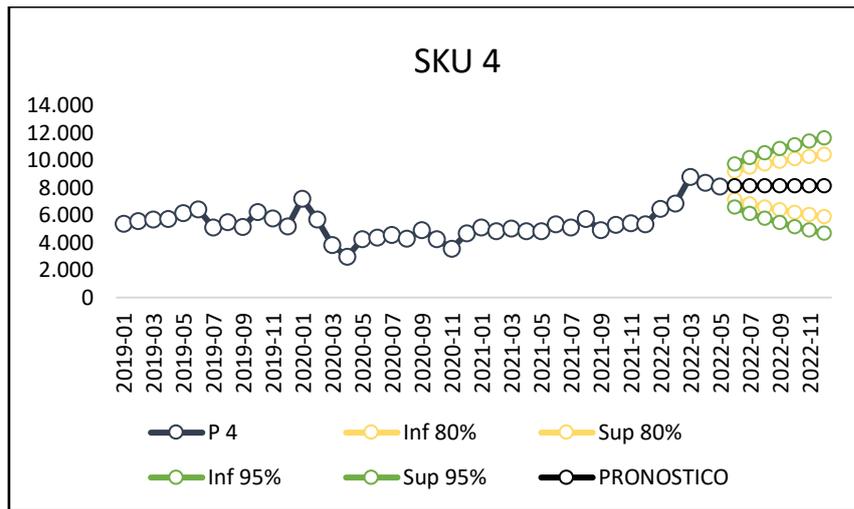


Figura 3.6 Pronóstico del SKU 4

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.7, se tiene uno de los productos perteneciente a la familia freídos, este producto ha cambiado de gramaje en una ocasión mayo del 2022, de ahí en más se ha mantenido constante en el tiempo.

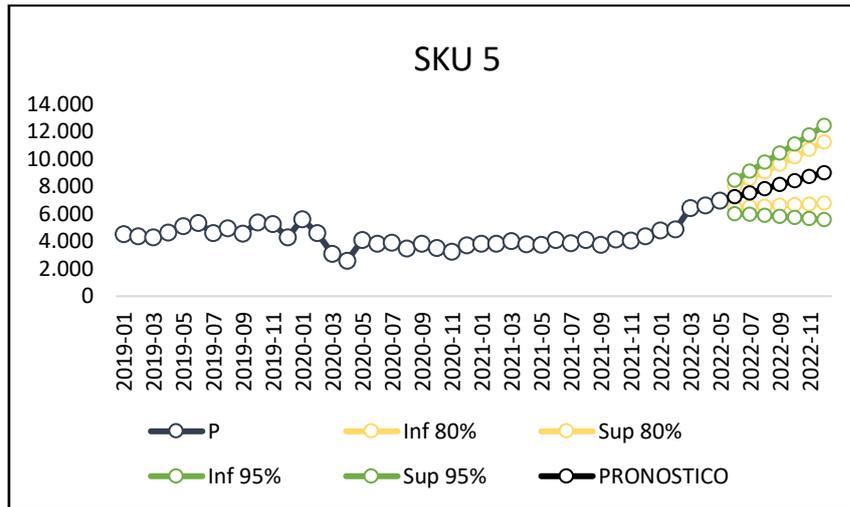


Figura 3.7 Pronóstico del SKU 5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.8, perteneciente a la familia freídos, con un gramaje constante durante el tiempo de análisis 2019 hasta mayo del 2022, la referencia se ha mantenido con 25 gramos.

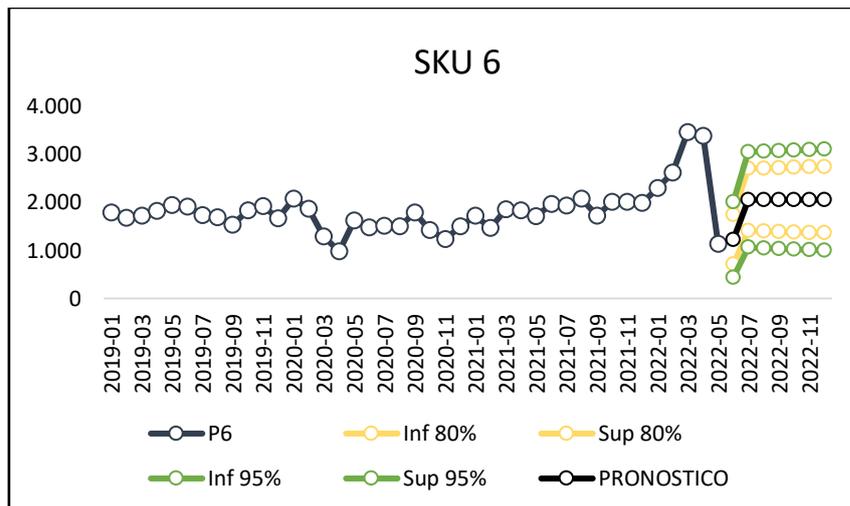


Figura 3.8 Pronóstico del SKU 6

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.9, perteneciente a la familia freídos, con un gramaje constante durante el tiempo de análisis 2019 hasta mayo del 2022, la referencia se ha mantenido con 25 gramos.

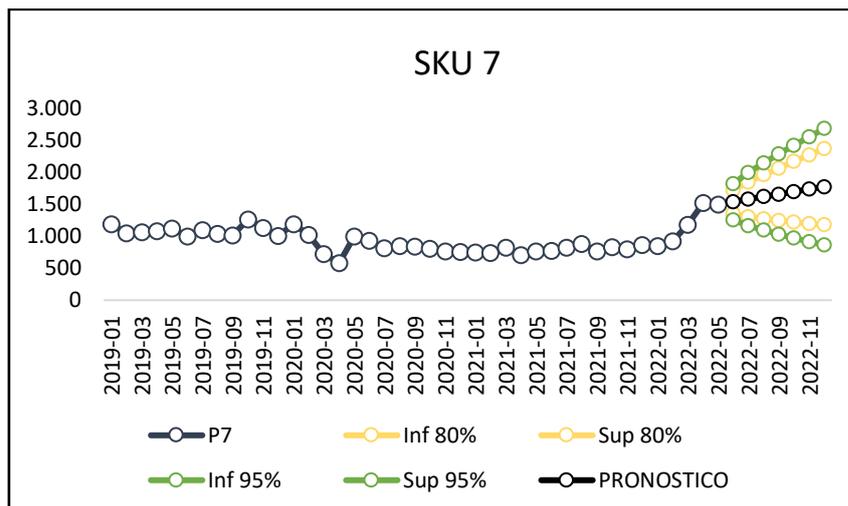


Figura 3.9 Pronóstico del SKU 7

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.10, perteneciente a la familia freídos, con un gramaje constante durante el tiempo de análisis 2019 hasta mayo del 2022, la referencia se ha mantenido con 25 gramos.

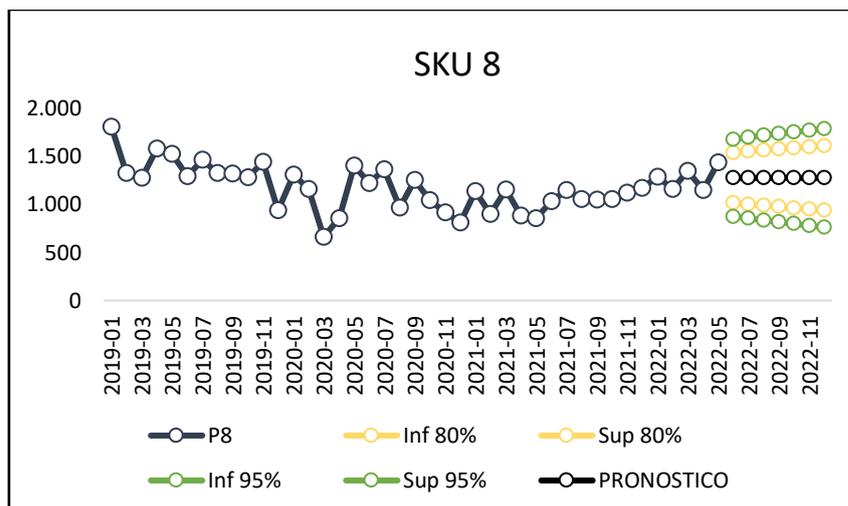


Figura 3.10 Pronóstico del SKU 8

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.11, perteneciente a la familia extruidos, con un gramaje constante durante el tiempo de análisis 2019 hasta mayo del 2022, la referencia se ha mantenido con 25 gramos.

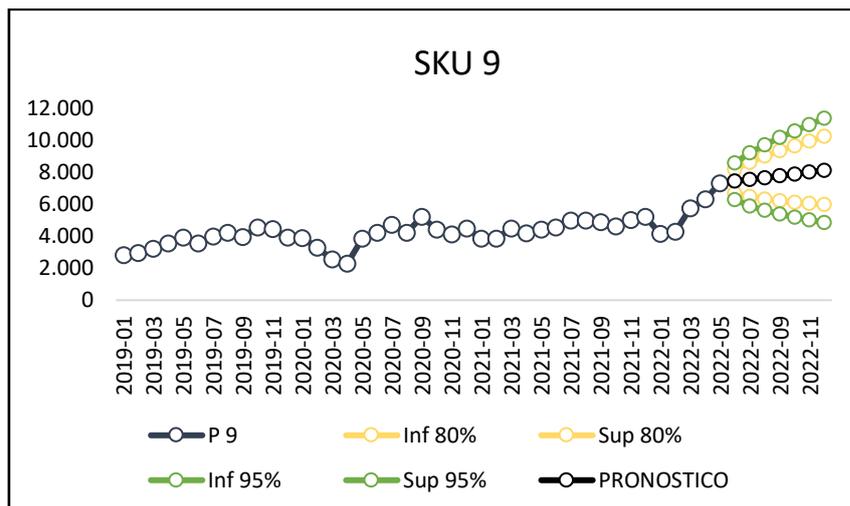


Figura 3.11 Pronóstico del SKU 9

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.12, perteneciente a la familia mixto, con un gramaje constante durante el tiempo de análisis 2019 hasta mayo del 2022, la referencia se ha mantenido con 25 gramos.

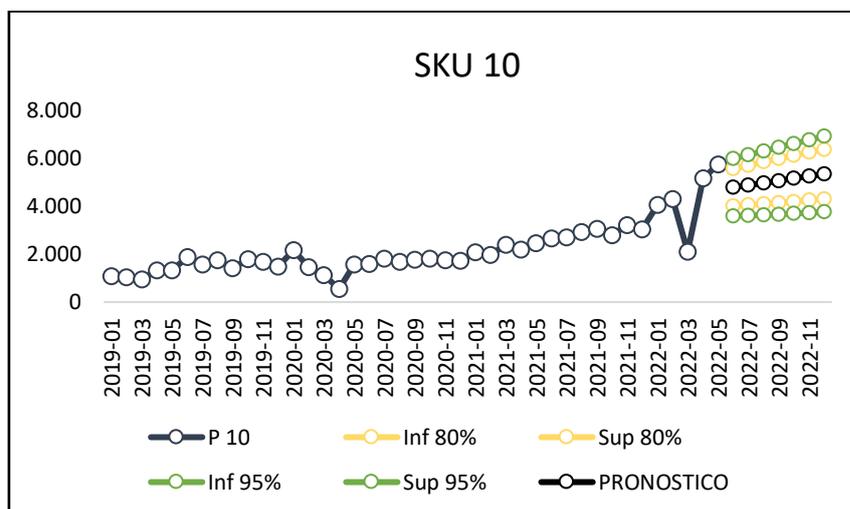


Figura 3.12 Pronóstico del SKU 10

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.13, perteneciente a la familia mixto, con un gramaje constante durante el tiempo de análisis 2019 hasta mayo del 2022, la referencia se ha mantenido con 25 gramos.

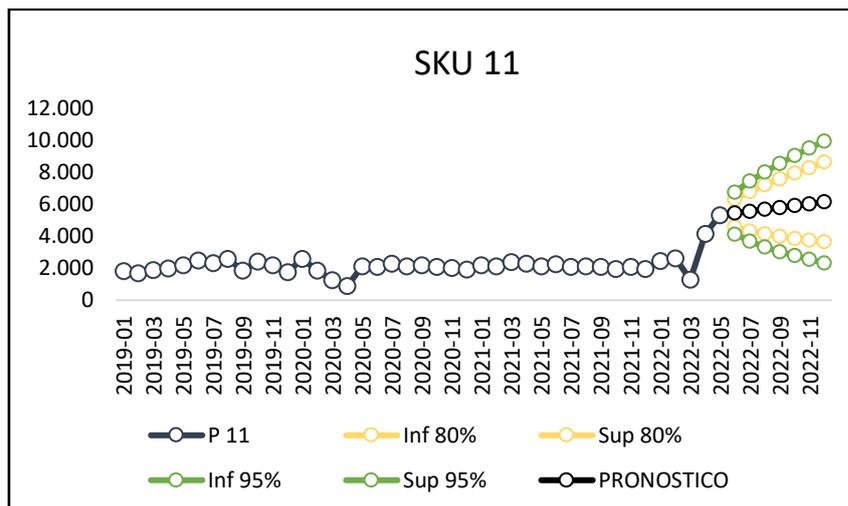


Figura 3.13 Pronóstico del SKU 11

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.14, perteneciente a la familia pellet, con un gramaje constante durante el tiempo de análisis 2019 hasta mayo del 2022, la referencia se ha mantenido con 20 gramos.

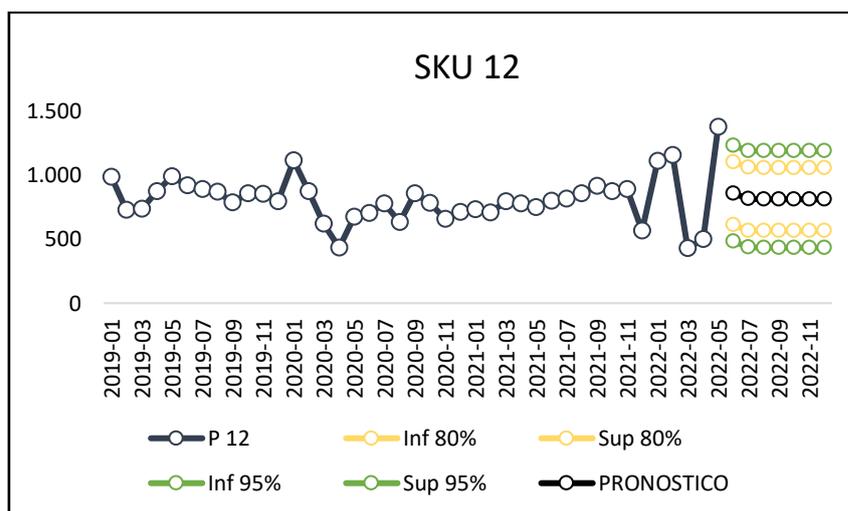


Figura 3.14 Pronóstico del SKU 12

Fuente: Elaboración propia

3.4. Modelos de pronóstico aplicados

En esta sección se detallan los modelos ARIMA de mejor ajuste para cada SKU de producto terminado que se obtuvo con la ayuda del software Rstudio. Se evaluaron varias combinaciones de modelos ARIMA para cada serie de tiempo. Además, se

utilizó para la elección del mejor modelo, criterios como los de Akaike y Bayesiano que miden la calidad relativa del mismo, donde el menor valor representa un mejor ajuste. Sin embargo, estas medidas no representan necesariamente un ajuste adecuado, por lo que se utilizó otra medida, el menor error cuadrático medio, este permite identificar la precisión del pronóstico observado. Para complementar, se realizaron varias pruebas de bondad de ajuste en la selección del mejor modelo de pronóstico, como son Kolmogorov Smirnov para verificar si cumple normalidad en los datos, Jarque Bera para verificar si existe normalidad y por último Ljung Box para verificar que existe independencia en los errores.

En la tabla 3.5 se puede observar en la primera columna los productos de categoría A con los que se está trabajando y para los que se realizaron los pronósticos. En la segunda columna los modelos ARIMA de pronósticos ganadores con sus respectivos parámetros p, d, q donde p representa la parte autorregresiva, d la cantidad de diferenciaciones y q la parte de medias móviles del modelo. En la tercera y cuarta columna las medidas de los criterios de Akaike y Bayesiano respectivos, adicional en la quinta columna la medida de la media cuadrática de los errores que representa ese modelo. Por último, en las columnas sexta, séptima y octava se tienen las pruebas de Kolmogorov Smirnov, Jarque Bera y Ljung Box respectivamente, probando la existencia de una distribución normal en los datos e independencia en los errores del modelo.

Tabla 3.5 Modelos ganadores con sus respectivas pruebas y mediciones

Fuente: Elaboración propia

PRODUCTOS	(p, d, q)	AIC	BIC	MSE	KS	JB	BOX
1	(0,1,1)	680	683	1,301,057	0.03	0.59	0.17
2	(0,1,0)	754	756	8,621,524	0.20	0.03	0.48
3	(0,1,0)	761	763	27,659,759	0.63	0.91	0.90
4	(0,1,1)	652	655	649,685	0.26	0.42	0.91
5	(0,1,2)	618	623	386,488	0.20	0.05	0.95
6	(0,1,2)	598	603	161,716	0.19	0.00	0.98
7	(0,2,1)	503	507	20,671	0.39	0.01	0.57
8	(0,1,1)	543	546	41,858	0.69	0.44	0.96
9	(0,2,1)	614	617	336,804	0.89	0.27	0.97
10	(0,1,1)	631	636	368,778	0.03	0.00	0.87
11	(0,2,1)	623	627	442,398	0.08	0.00	0.28
12	(1,1,1)	540	545	35,667	0.08	0.00	0.96

3.5. Plan agregado de producción para horizonte propuesto

En esta sección se planteó el plan agregado de producción con el objetivo de realizar la planificación a mediano plazo, como se puede observar en la tabla 3.6 tenemos los resultados de la demanda pronosticada requerida para cada mes y por cada producto terminado de categoría A.

Tabla 3.6 Plan agregado de producción para los 4 últimos meses del año 2022

Fuente: Elaboración propia

MESES PLANIFICADOS	PRODUCTOS POR PRODUCIR											
	SKU 1	SKU 2	SKU 3	SKU 4	SKU 5	SKU 6	SKU 7	SKU 8	SKU 9	SKU 10	SKU 11	SKU 12
2022-09	8.029	16361,27	30.895	8.151	8.116	2.053	1.654	1.275	7.764	5.053	5.783	810
2022-10	8.029	16361,27	30.895	8.151	8.412	2.053	1.693	1.275	7.876	5.145	5.897	810
2022-11	8.029	16361,27	30.895	8.151	8.708	2.053	1.733	1.275	7.988	5.238	6.012	810
2022-12	8.029	16361,27	30.895	8.151	9.004	2.053	1.772	1.275	8.100	5.330	6.127	810
TOTAL A PRODUCIR	32.117	65.445	123.582	32.604	34.241	8.214	6.852	5.100	31.727	20.766	23.819	3.240

3.6. Plan maestro de producción según la capacidad de producción

Para continuar con la planificación de la producción con horizonte de tiempo propuesto, se realizó el MPS para los artículos finales, a continuación, en la tabla 3.7 presentamos ciertas características del área de producción de los productos terminados. Existen máquinas que se utilizan para la fabricación de varios productos de la misma familia, se considera un flujo de 75 cajas por hora con 90% de capacidad por línea.

Tabla 3.7 Características de producción por SKU

Fuente: Elaboración propia

	Familia	Máquina	Cajas/ Hora
SKU 1	Extruido	Wright	75
SKU 2	Tortilla	Astro	75
SKU 3	Tortilla	Astro	75
SKU 4	Freidos	Compack 1	75
SKU 5	Freidos	Compack 1	75
SKU 6	Freidos	Compack 1	75
SKU 7	Freidos	Compack 1	75
SKU 8	Freidos	Compack 1	75
SKU 9	Extruido	Wright	75
SKU 10	Mixto	Woodman	75
SKU 11	Mixto	Woodman	75
SKU 12	Pellet	Mastermatic	75

Se detalla el número de cajas que puede realizar cada maquina por semana, se consideraron datos como: las cantidades de máquinas involucradas con los PT de la categoría A, las cajas que se pueden producir por hora, las horas que se utilizan para la producción por día y los días que se trabajan por semana, para visualizar las cantidades se presenta la tabla 3.8 a continuación.

Tabla 3.8 Cálculo de capacidad de máquinas

Fuente: Elaboración propia

Máquinas	5
Cajas/Hora	75
Horas/Día	20
Días/ Semana	5
Cajas/Semana	37500

A continuación, en la tabla 3.9 se muestra el plan maestro de producción resultante del presente proyecto, donde se identifica para cada producto la planificación de los cuatro meses propuestos en periodos de semanas. En las dos últimas filas se encuentran los resultados del total de producción para cada producto en ese periodo y la capacidad por semana que tienen las máquinas para producir, donde se evidencia que la planificación de producción no supera la capacidad de las máquinas.

3.7. Explosión de las necesidades de acuerdo con el MPS.

A continuación, en la tabla 3.10 se presenta como resultado la explosión de necesidades para los 53 productos de materia prima que son requeridos para la producción de los 12 ítems de producto terminado clasificados con categoría A. En otras palabras, se muestran los resultados de las cantidades requeridas por materia prima, para la producción de todos los productos planificados para cada semana durante los cuatro meses de planificación.

Para realizar la explosión, primero se ordenó los SKU de menor a mayor con la cantidad a producir según los resultados del MPS, luego se extrajo la cantidad de kilos necesarios para fabricar una caja de cada producto final, después se multiplicaron los componentes necesarios para fabricar una caja, por las cajas totales a producirse, obteniendo como resultado las necesidades de cada materia prima, este proceso se realizó para todas las semanas del horizonte de planificación.

Tabla 3.10 Explosión de necesidades para 13 de los 53 materiales requeridos en la planificación ordenados por mayor necesidad.

Fuente: Elaboración propia

SKU MP	Venta Sem 36 - 2022	Venta Sem 37 - 2022	Venta Sem 38 - 2022	Venta Sem 39 - 2022	Venta Sem 40 - 2022	Venta Sem 41 - 2022	Venta Sem 42 - 2022	Venta Sem 43 - 2022	Venta Sem 44 - 2022	Venta Sem 45 - 2022	Venta Sem 46 - 2022	Venta Sem 47 - 2022	Venta Sem 48 - 2022	Venta Sem 49 - 2022	Venta Sem 50 - 2022	Venta Sem 51 - 2023
0200001002061	43073,59	58344,79	74043,67	71050,41	72864,11	79075,60	89229,87	59433,31	74327,78	73239,70	73297,78	77448,25	75548,61	92168,04	72550,53	75044,57
0200009021115	41467,23	53761,90	57326,63	54271,15	57835,88	53761,90	51433,92	58345,12	56308,13	54780,39	53252,65	56817,38	55289,64	55798,89	53980,15	46050,45
0200007002013	40090,44	51978,61	55421,00	52470,38	55912,77	51978,61	49722,80	56404,54	54437,46	52962,15	51486,84	54929,23	53453,92	53945,69	52181,65	44516,37
2000002020545	31600,00	41600,00	54800,00	49600,00	51800,00	55600,00	64600,00	31200,00	41600,00	41400,00	43200,00	43000,00	49000,00	59600,00	52000,00	53800,00
0340001003726	35032,86	42853,43	48984,20	46969,10	48744,46	47717,56	50121,65	44483,86	46332,06	46162,55	45665,37	47863,71	47612,96	51305,07	46403,41	43336,46
0200008003215	14400,00	14400,00	14400,00	14400,00	14400,00	14400,00	28800,00	43200,00	43200,00	43200,00	44640,00	86400,00	57600,00	72000,00	14400,00	14400,00
0310001003311	26400,00	16800,00	26400,00	27600,00	26400,00	26400,00	33600,00	25200,00	27600,00	30000,00	30120,00	32400,00	30000,00	34800,00	26280,00	27348,00
0350001003907	25200,00	15600,00	25200,00	26400,00	25200,00	25200,00	31200,00	21600,00	24000,00	26400,00	26400,00	25200,00	25200,00	28800,00	25080,00	26148,00
0200003002115	17995,30	23364,27	26689,32	25293,70	26448,05	26111,55	27848,40	23348,44	24838,39	24506,91	24378,70	25819,80	25840,87	28313,89	25325,69	23980,84
0350001003908	16500,00	20900,00	23300,00	22500,00	23100,00	22900,00	24400,00	20920,00	21800,00	22100,00	21710,00	22800,00	22700,00	24500,00	22190,00	21179,00
2000003093619	9000,00	11700,00	12400,00	11800,00	12500,00	11700,00	11100,00	12600,00	12200,00	11900,00	11600,00	12300,00	12000,00	12100,00	11600,00	9900,00
0330001003718	5200,00	10400,00	10400,00	10400,00	10400,00	10920,00	13000,00	8840,00	10400,00	10400,00	10400,00	10920,00	9880,00	11440,00	9880,00	10920,00
0200010002011	9580,12	5821,94	9721,27	9815,38	9721,27	9815,38	12128,07	8437,18	9277,56	10353,20	9768,33	9371,66	9371,66	10749,87	9324,61	9858,00

3.8. Cálculo del tamaño de lote para el material requerido

Para aplicar las técnicas de tamaño de lote se requiere calcular los costos asociados a pedir y mantener inventario. Con respecto al costo de ordenar se consideraron todos los gastos necesarios para expedir una orden de compra lo cual se detalló en el capítulo dos. En el proyecto se analizó los SKU's de materia prima que resultaron de la explosión de las necesidades de los productos terminados referentes a la zona A. A continuación, se detallan los rubros utilizados para su respectiva obtención.

El costo de pedir mostrados en la tabla 3.11 es resultado de la suma de los costos detallados en el capítulo dos. En la tabla 2.1 que hace referencia a la mano de obra requerida para efectuar un pedido, en la tabla 2.2 que hace referencia a los costos de los aparatos tecnológicos requeridos para realizar un pedido, en la tabla 2.3 que menciona los costos que involucran al espacio que se utiliza para gestionar los pedidos y por último los gastos detallados en la tabla 2.4 que hacen referencia a gastos indirectos como servicios básicos entre otros, con este costo mensual total se obtiene el costo anual, y a su vez se toma en cuenta los 48 pedidos por año para obtener el costo de preparación por pedido.

Tabla 3.11 Costo de pedir

Fuente: Elaboración propia

Costo mensual total	\$ 2.691	\$/Mes
Costo anual total	\$ 32.293,89	\$/Año
Costo de preparación	\$ 673	\$/Pedidos
Costo de preparación por producto	\$ 12	\$/Pedir/ Producto

En la tabla 3.12 se observan los resultados del costo de mantener en bodega los materiales requeridos para la producción planificada. El costo de mantener el inventario se obtuvo utilizando la información detallada en la tabla 2.5 donde se encuentran los costos que se utilizan para el financiamiento del almacén de materia prima, en la tabla 2.6 en cambio se utilizaron costos como la depreciación del almacén y la limpieza de esta, en la tabla 2.7 se encuentran los costos de servicios que intervienen en el manejo del inventario. Adicional se tienen los costos de mano de obra que incurren en el manejo del inventario, esto lo vemos en la tabla 2.8 y en la tabla 2.9 se tiene aquellos costos que se ven reflejados en el movimiento del

inventario, es decir maquinas como los transpaletas e incluso los pallets donde se asienta la mercadería. Por último, se consideraron costos en los que incide la obsolescencia dado a que los productos son en su mayoría comestibles y la empresa cuenta con una política a considerar de 3 kilos de producto obsoleto al mes.

El costo total de mantener los 53 SKU de materia prima es de 615 \$/ semana, el cual se dividió para 759.641 \$ que corresponde al valor promedio de inventario, obteniendo el costo porcentual de almacenar inventario de 0.08 %. Esto se multiplico por el precio unitario de cada producto, dando como resultado el costo de mantener un kilo, en la tabla 3.12 se pueden observar los resultados.

Tabla 3.12 Costos de mantener por producto

Fuente: Elaboración propia

PRODUCTO	PRECIO UNITARIO	COSTO DE MANTENER POR KILO	PRODUCTO	PRECIO UNITARIO	COSTO DE MANTENER POR KILO
0200001002061	\$ 0,380	\$ 0,000308	0350001003904	\$ 0,005	\$ 0,000004
0200002000011	\$ 0,630	\$ 0,000510	0350001003907	\$ 0,002	\$ 0,000001
0200003002115	\$ 1,401	\$ 0,001134	0380001002176	\$ 0,857	\$ 0,000694
0200005002151	\$ 6,254	\$ 0,005064	0400002000003	\$ 6,055	\$ 0,004902
0200005002152	\$ 5,957	\$ 0,004823	1000004000001	\$ 1,343	\$ 0,001088
0200005002153	\$ 36,900	\$ 0,029877	1000005000034	\$ 6,920	\$ 0,005603
0200005002159	\$ 5,310	\$ 0,004299	1000005000056	\$ 9,076	\$ 0,007349
0200005002160	\$ 7,705	\$ 0,006238	1000005000057	\$ 15,582	\$ 0,012616
0200006002211	\$ 0,246	\$ 0,000199	1000005000107	\$ 7,890	\$ 0,006389
0200007002013	\$ 0,568	\$ 0,000460	1000005000138	\$ 8,856	\$ 0,007170
0200008003215	\$ 0,013	\$ 0,000011	1000005093186	\$ 6,709	\$ 0,005432
0200009002152	\$ 0,703	\$ 0,000569	1000007016918	\$ 6,615	\$ 0,005356
0200009002173	\$ 0,997	\$ 0,000807	2000001093609	\$ 5,601	\$ 0,004535
0200009002174	\$ 1,023	\$ 0,000828	2000001093686	\$ 5,291	\$ 0,004284
0200009002175	\$ 1,436	\$ 0,001162	2000001093690	\$ 5,621	\$ 0,004552
0200009002177	\$ 1,412	\$ 0,001144	2000001093716	\$ 5,597	\$ 0,004532
0200009002178	\$ 0,311	\$ 0,000251	2000001093717	\$ 5,563	\$ 0,004505
0200009021113	\$ 3,748	\$ 0,003035	2000001093718	\$ 5,563	\$ 0,004505
0200010002011	\$ 0,656	\$ 0,000531	2000001093719	\$ 5,693	\$ 0,004609
0310001003311	\$ 0,017	\$ 0,000014	2000001093732	\$ 5,520	\$ 0,004470
0310001003414	\$ 0,269	\$ 0,000218	2000001093767	\$ 5,696	\$ 0,004612
0330001003715	\$ 2,301	\$ 0,001863	2000001093771	\$ 5,000	\$ 0,004048
0330001003718	\$ 45,063	\$ 0,036487	2000001093787	\$ 5,559	\$ 0,004501
0340001003701	\$ 13,000	\$ 0,010526	2000002020545	\$ 0,020	\$ 0,000016
0340001003726	\$ 9,781	\$ 0,007920	2000003000293	\$ 0,941	\$ 0,000762
2000003000295	\$ 1,080	\$ 0,000874	2000003000856	\$ 0,646	\$ 0,000523
			2000003093619	\$ 1,451	\$ 0,001175

A continuación, en la tabla 3.13 se detallan los resultados de aplicar las técnicas de tamaño de lote para cada materia prima. Como podemos observar en la primera

columna se tiene el producto a planificar, en la segunda columna se encuentran los resultados de la técnica EOQ aplicada a cada SKU, en la tercera columna los resultados de aplicar la técnica Lote por Lote y en la cuarta columna se encuentran los costos de la mejor técnica aplicada.

Tabla 3.13 Resultados de implementar las técnicas de tamaño de lote EOQ y LxL

Fuente: Elaboración propia

PRODUCTOS	EOQ	LXL	Costo total	PRODUCTOS	EOQ	LXL	Costo total
SKU 1	\$ 473	\$ 196	\$ 196	SKU 48	\$ 44	\$ 196	\$ 44
SKU 2	\$ 118	\$ 196	\$ 118	SKU 49	\$ 72	\$ 196	\$ 72
SKU 3	\$ 295	\$ 196	\$ 196	SKU 50	\$ 170	\$ 196	\$ 170
SKU 4	\$ 129	\$ 196	\$ 129	SKU 51	\$ 147	\$ 196	\$ 147
SKU 5	\$ 142	\$ 196	\$ 142	SKU 52	\$ 112	\$ 196	\$ 112
SKU 6	\$ 66	\$ 196	\$ 66	SKU 53	\$ 761	\$ 196	\$ 196
SKU 7	\$ 266	\$ 196	\$ 196				
SKU 8	\$ 285	\$ 196	\$ 196				
SKU 9	\$ 24	\$ 196	\$ 24				
SKU 10	\$ 248	\$ 196	\$ 196				
SKU 11	\$ 50	\$ 196	\$ 50				
SKU 12	\$ 64	\$ 196	\$ 64				
SKU 13	\$ 20	\$ 196	\$ 20				
SKU 14	\$ 48	\$ 196	\$ 48				
SKU 15	\$ 20	\$ 196	\$ 20				
SKU 16	\$ 15	\$ 196	\$ 15				
SKU 17	\$ 41	\$ 196	\$ 41				
SKU 18	\$ 16	\$ 196	\$ 16				
SKU 19	\$ 189	\$ 196	\$ 189				
SKU 20	\$ 63	\$ 196	\$ 63				
SKU 21	\$ 43	\$ 196	\$ 43				
SKU 22	\$ 365	\$ 196	\$ 196				
SKU 23	\$ 338	\$ 196	\$ 196				
SKU 24	\$ 368	\$ 196	\$ 196				
SKU 25	\$ 358	\$ 196	\$ 196				
SKU 26	\$ 18	\$ 196	\$ 18				
SKU 27	\$ 22	\$ 196	\$ 22				
SKU 28	\$ 18	\$ 196	\$ 18				
SKU 29	\$ 48	\$ 196	\$ 48				
SKU 30	\$ 86	\$ 196	\$ 86				
SKU 31	\$ 67	\$ 196	\$ 67				
SKU 32	\$ 23	\$ 196	\$ 23				
SKU 33	\$ 22	\$ 196	\$ 22				
SKU 34	\$ 64	\$ 196	\$ 64				
SKU 35	\$ 141	\$ 196	\$ 141				
SKU 36	\$ 85	\$ 196	\$ 85				
SKU 37	\$ 45	\$ 196	\$ 45				
SKU 38	\$ 43	\$ 196	\$ 43				
SKU 39	\$ 69	\$ 196	\$ 69				
SKU 40	\$ 125	\$ 196	\$ 125				
SKU 41	\$ 114	\$ 196	\$ 114				
SKU 42	\$ 139	\$ 196	\$ 139				
SKU 43	\$ 67	\$ 196	\$ 67				
SKU 44	\$ 75	\$ 196	\$ 75				
SKU 45	\$ 99	\$ 196	\$ 99				
SKU 46	\$ 216	\$ 196	\$ 196				
SKU 47	\$ 256	\$ 196	\$ 196				

3.9. Plan de materiales requeridos propuesto

En la tabla 3.14 presentamos la planificación de requerimientos de materiales para los productos de materia prima que se utilizaran en la producción de todos los ítems de productos terminados que son de categoría A, cada producto como se puede observar esta asignado a una técnica de tamaño de lote, esta técnica fue escogida debido a que garantiza que el costo de mantener y de pedir son los mejores, además se observa que cada pedido se realizará según el lead time que se maneja con el proveedor, las cantidades a pedir y la semana en la que se debe colocar la orden de compra.

Tabla 3.14 Planificación de requerimientos de materiales considerando el lead time respectivo para el horizonte de planificación propuesto.

Fuente: Elaboración propia

SKU	METODO	Lead time semana	Venta Sem 20 - 2022	Venta Sem 23 - 2022	Venta Sem 24 - 2022	Venta Sem 25 - 2022	Venta Sem 26 - 2022	Venta Sem 27 - 2022	Venta Sem 28 - 2022	Venta Sem 29 - 2022	Venta Sem 30 - 2022	Venta Sem 31 - 2022	Venta Sem 32 - 2022	Venta Sem 33 - 2022	Venta Sem 34 - 2022	Venta Sem 35 - 2022	Venta Sem 36 - 2022	Venta Sem 37 - 2022	Venta Sem 38 - 2022	Venta Sem 39 - 2022	Venta Sem 40 - 2022	Venta Sem 41 - 2022	Venta Sem 42 - 2022	Venta Sem 43 - 2022	Venta Sem 44 - 2022	Venta Sem 45 - 2022	Venta Sem 46 - 2022	Venta Sem 47 - 2022	Venta Sem 48 - 2022	Venta Sem 49 - 2022	Venta Sem 50 - 2022	Venta Sem 51 - 2022
0200001002061	LXL	1														43074	58345	74044	71050	72864	79076	89230	59433	74328	73240	73298	77448	75549	92168	72551	75045	
0200002000011	EOQ	2													12913		12913			12913							12913				12913	
0200003002115	LXL	2													17995	23364	26689	25294	26448	26112	27848	23348	24838	24507	24379	25820	25841	28314	25326	23981		
0200005002151	EOQ	18	1595	1595		1595			1595			1595			1595																	
0200005002152	EOQ	18	1744	1744		1744		1744			1744			1744																		
0200005002153	EOQ	18	113				113							113																		
0200005002159	LXL	13			2031	2708	2708	2708	2708	2708	2369	2708	2708	2708	2708	2708	2708	2369	2031													
0200005002160	LXL	5										1383	1706	2029	1752	2075	1706	1891	2121	1937	1799	1660	1983	1845	1891	2121	1799					
0200006002211	EOQ	2													7159																	
0200007002013	LXL	3												40090	51979	55421	52470	55913	51979	49723	56405	54437	52962	51487	54929	53454	53946	52182	44516			
0200008003215	EOQ	3												277742											277742							
0200009002152	EOQ	2												5761									5761									5761
0200009002173	EOQ	3												805																		
0200009002174	EOQ	3												3008									3008									
0200009002175	EOQ	3												487																		
0200009002177	EOQ	2												134																		
0200009002178	EOQ	2												7033															7033			
0200009021113	EOQ	2												95																		
0200010002011	EOQ	3												20999		20999		20999		20999		20999				20999		20999		20999		20999
0310001003311	EOQ	3												220906								220906							220906			
0310001003414	EOQ	3												9353													9353					

Tabla 3.15 Planificación de requerimientos de materiales considerando un lead time cero para el horizonte de planificación propuesto.

Fuente: Elaboración propia

SKU	METODO	Venta Sem 36 - 2022	Venta Sem 37 - 2022	Venta Sem 38 - 2022	Venta Sem 39 - 2022	Venta Sem 40 - 2022	Venta Sem 41 - 2022	Venta Sem 42 - 2022	Venta Sem 43 - 2022	Venta Sem 44 - 2022	Venta Sem 45 - 2022	Venta Sem 46 - 2022	Venta Sem 47 - 2022	Venta Sem 48 - 2022	Venta Sem 49 - 2022	Venta Sem 50 - 2022	Venta Sem 51 - 2023
0200001002061	LXL	43.074	58.345	74.044	71.050	72.864	79.076	89.230	59.433	74.328	73.240	73.298	77.448	75.549	92.168	72.551	75.045
0200002000011	EOQ	12.913		12.913			12.913						12.913				12.913
0200003002115	LXL	17.995	23.364	26.689	25.294	26.448	26.112	27.848	23.348	24.838	24.507	24.379	25.820	25.841	28.314	25.326	23.981
0200005002151	EOQ	1.595			1.595			1.595			1.595			1.595			1.595
0200005002152	EOQ	1.744			1.744			1.744		1.744			1.744				1.744
0200005002153	EOQ	113						113									113
0200005002159	LXL	2.031	2.708	2.708	2.708	2.708	2.708	2.369	2.708	2.708	2.708	2.708	2.708	2.708	2.708	2.369	2.031
0200005002160	LXL	1.383	1.706	2.029	1.752	2.075	1.706	1.891	2.121	1.937	1.799	1.660	1.983	1.845	1.891	2.121	1.799
0200006002211	EOQ	7.159															
0200007002013	LXL	40.090	51.979	55.421	52.470	55.913	51.979	49.723	56.405	54.437	52.962	51.487	54.929	53.454	53.946	52.182	44.516
0200008003215	EOQ	277.742										277.742					
0200009002152	EOQ	5.761						5.761									5.761
0200009002173	EOQ	805															
0200009002174	EOQ	3.008									3.008						
0200009002175	EOQ	487															
0200009002177	EOQ	134															
0200009002178	EOQ	7.033													7.033		
0200009021113	EOQ	95															
0200010002011	EOQ	20.999		20.999		20.999		20.999		20.999			20.999		20.999		20.999
0310001003311	EOQ	220.906								220.906							220.906
0310001003414	EOQ	9.353												9.353			
0330001003715	LXL	2.592	2.592	2.592	2.592	2.592	2.592	5.184	7.776	7.776	7.776	8.035	15.552	10.368	12.960	2.592	2.592
0330001003718	LXL	5.200	10.400	10.400	10.400	10.400	10.920	13.000	8.840	10.400	10.400	10.400	10.920	9.880	11.440	9.880	10.920
0340001003701	LXL	1.668	1.944	2.199	2.214	2.214	2.234	2.473	2.035	2.119	2.214	2.121	2.173	2.183	2.384	2.128	2.160
0340001003726	LXL	35.033	42.853	48.984	46.969	48.744	47.718	50.122	44.484	46.332	46.163	45.665	47.864	47.613	51.305	46.403	43.336

0350001003904	EOQ	96.418															
0350001003907	EOQ	689.730															
0380001002176	EOQ	562															
0400002000003	EOQ	540										540					
1000004000001	EOQ	4.572				4.572						4.572					4.572
1000005000034	EOQ	793				793							793				
1000005000056	EOQ	139															
1000005000057	EOQ	74															
1000005000107	EOQ	481								481							481
1000005000138	EOQ	1.178			1.178			1.178		1.178			1.178			1.178	
1000005093186	EOQ	887					887					887					887
1000007016918	EOQ	446										446					
2000001093609	EOQ	479												479			
2000001093686	EOQ	853						853							853		
2000001093690	EOQ	1.537			1.537			1.537				1.537			1.537		
2000001093716	EOQ	1.389				1.389			1.389				1.389				1.389
2000001093717	EOQ	1.793			1.793			1.793			1.793			1.793		1.793	
2000001093718	EOQ	755								755						755	
2000001093719	EOQ	835						835						835			
2000001093732	EOQ	1.229			1.229			1.229							1.229		
2000001093767	LXL	1.019	1.257	1.495	1.291	1.529	1.257	1.393	1.563	1.427	1.325	1.223	1.461	1.359	1.393	1.563	1.325
2000001093771	LXL	2.039	2.718	2.718	2.718	2.718	2.718	2.379	2.718	2.718	2.718	2.718	2.718	2.718	2.718	2.379	2.039
2000001093787	EOQ	485											485				
2000002020545	EOQ	267.045					267.045						267.045				
2000003000293	EOQ	11.948		11.948		11.948		11.948			11.948		11.948		11.948		
2000003000295	EOQ	9.466			9.466			9.466			9.466		9.466			9.466	
2000003000856	EOQ	12.594				12.594			12.594				12.594			12.594	
2000003093619	EOQ	9.000	11.700	12.400	11.800	12.500	11.700	11.100	12.600	12.200	11.900	11.600	12.300	12.000	12.100	11.600	9.900

3.10. Análisis de costos

En la tabla 3.16 que se muestra a continuación contiene el costo de pedir de manera urgente un producto. Cuando un producto de materia prima se requiere para la planificación semanal y este posee un lead time alto, entonces se realiza una compra de emergencia, aquella compra representa un costo adicional al costo de pedir el producto. En este caso son \$5.00 adicionales del costo de pedir, obteniendo un costo total de pedir aquellos materiales de \$17.00

Tabla 3.16 Costos de pedir considerando que se requiere realizar una compra urgente.

Fuente: Elaboración propia

COSTO DE PEDIR	\$	12,00
COSTO DE COMPRAS URGENTES	\$	5,00
COSTO DE PEDIR	\$	17,00

En la tabla 3.17 la empresa identifica los productos que poseen una disponibilidad negativa, es decir la cantidad que no tienen disponible y que requieren para la producción de lo planificado en esa semana, cabe mencionar que de forma representativa se utilizaron los datos pertenecientes a la segunda semana de agosto del año 2022 de la empresa. En la última columna se involucra el costo de pedir de forma urgente debido a que el lead time de cada producto son mayores a lo planificado, es decir mayores a una semana.

Tabla 3.17 Costos de realizar un pedido de emergencia en la segunda semana de agosto del año 2022.

Fuente: Elaboración propia

CÓDIGO	DISPONIBILIDAD	PEDIDOS DE EMERGENCIA	COSTO DE PEDIR
0200003002115	-29299,19	PEDIR	\$ 17,00
0340001003701	-1336,76	PEDIR	\$ 17,00
0340001003726	-36121,16	PEDIR	\$ 17,00
0350001003908	-16484,00	PEDIR	\$ 17,00
0380001002176	-26,01	PEDIR	\$ 17,00
2000003000295	-12120,00	PEDIR	\$ 17,00
0200005002152	-872,44	PEDIR	\$ 17,00
0200009021117	-0,77	PEDIR	\$ 17,00
0200001002061	-60999,88	PEDIR	\$ 17,00
0200008003219	-100800,00	PEDIR	\$ 17,00
0330001003715	-17608,32	PEDIR	\$ 17,00
0200002000011	-21549,79	PEDIR	\$ 17,00
1000004000001	-3476,84	PEDIR	\$ 17,00
1000007096722	-618,18	PEDIR	\$ 17,00
2000002093907	-17500,00	PEDIR	\$ 17,00
0200007002013	-42376,60	PEDIR	\$ 17,00
0200009021115	-42610,68	PEDIR	\$ 17,00
2000003093619	-7623,00	PEDIR	\$ 17,00

En la tabla 3.18 se mencionan los costos de mantener el inventario con los que cuenta la empresa en la segunda semana del mes de agosto del año 2022, para esto se utilizó el 0.08% que representa el costo de mantener almacenado cada producto por semana, después con el precio de cada producto y con la cantidad de producto almacenado se calculó el costo de mantener ese inventario hasta cumplir con la producción planificada semanalmente.

Tabla 3.18 Costos de mantener el inventario en la segunda semana de agosto del año 2022.

Fuente: Elaboración propia

CÓDIGO	INV. TOTAL	PRECIO	COSTO DE MANTENER POR KILO	COSTO DE MANTENER TOTAL	CÓDIGO	INV. TOTAL	PRECIO	COSTO DE MANTENER POR KILO	COSTO DE MANTENER TOTAL
0200003002115	1717,6	\$ 1,40	\$ 0,11	\$ 192,49	2000001093717	4389,6	\$ 5,56	\$ 0,45	\$ 1.953,67
0200006002211	1850,0	\$ 0,25	\$ 0,02	\$ 36,46	2000001093719	1308,3	\$ 5,69	\$ 0,46	\$ 595,83
0200009002152	3000,0	\$ 0,70	\$ 0,06	\$ 168,62	2000001093736	54,3	\$ 6,17	\$ 0,49	\$ 26,78
0200009002173	300,0	\$ 1,00	\$ 0,08	\$ 23,92	2000001093766	820,0	\$ 5,58	\$ 0,45	\$ 366,39
0200009002174	2880,0	\$ 1,02	\$ 0,08	\$ 235,65	2000001093609	399,4	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 159,74
0200009002175	125,3	\$ 1,44	\$ 0,11	\$ 14,39	2000002093907	12000,0	\$ 0,02	\$ 0,00	\$ 19,47
0200009002177	30,6	\$ 1,41	\$ 0,11	\$ 3,46	2000001000204	164,3	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 65,74
0200009021113	100,0	\$ 3,75	\$ 0,30	\$ 29,98	2000001093763	555,9	\$ 5,49	\$ 0,44	\$ 244,27
0200010002011	54000,0	\$ 0,66	\$ 0,05	\$ 2.832,69	0200005002161	310,4	\$ 9,57	\$ 0,77	\$ 237,57
0340001003701	39,0	\$13,00	\$ 1,04	\$ 40,56	2000001093774	841,1	\$ 5,60	\$ 0,45	\$ 376,73
0340001003726	369,0	\$ 9,78	\$ 0,78	\$ 288,74	2000001093773	696,8	\$ 5,62	\$ 0,45	\$ 313,14
0380001002176	75,0	\$ 0,86	\$ 0,07	\$ 5,14	0350001003904	976530,0	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 382,46
1000005000056	260,0	\$ 9,08	\$ 0,73	\$ 188,79	2000001093787	2540,1	\$ 5,56	\$ 0,44	\$ 1.129,62
1000005000057	120,0	\$15,58	\$ 1,25	\$ 149,59	2000001093786	927,0	\$ 6,38	\$ 0,51	\$ 473,06
2000001093672	552,4	\$ 5,40	\$ 0,43	\$ 238,58	2000001093785	670,2	\$ 5,49	\$ 0,44	\$ 294,30
2000003000295	6584,0	\$ 1,08	\$ 0,09	\$ 568,84	2000001093784	281,7	\$ 4,95	\$ 0,40	\$ 111,48
0310001003414	4777,0	\$ 0,27	\$ 0,02	\$ 102,81	2000001093783	333,6	\$ 5,65	\$ 0,45	\$ 150,86
0310001033138	12993,0	\$ 0,14	\$ 0,01	\$ 147,78	2000001093796	1983,7	\$ 5,59	\$ 0,45	\$ 887,49
0310001033139	75000,0	\$ 0,02	\$ 0,00	\$ 114,31	2000001093795	1596,4	\$ 5,59	\$ 0,45	\$ 713,74
0350001003907	160000,0	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 20,47	2000001093794	1515,7	\$ 5,60	\$ 0,45	\$ 679,32
2000001093686	478,5	\$ 5,29	\$ 0,42	\$ 202,56	2000001093793	488,7	\$ 5,44	\$ 0,44	\$ 212,76
2000001093691	304,5	\$ 5,59	\$ 0,45	\$ 136,13	2000001093791	508,0	\$ 5,37	\$ 0,43	\$ 218,39
2000003000856	4899,0	\$ 0,65	\$ 0,05	\$ 253,14	2000001093797	556,0	\$ 5,67	\$ 0,45	\$ 252,32
0200005002153	158,8	\$36,90	\$ 2,95	\$ 468,65	2000001093789	183,1	\$ 5,40	\$ 0,43	\$ 79,09
0310001003311	197500,0	\$ 0,02	\$ 0,00	\$ 273,53	2000001093788	101,0	\$ 5,85	\$ 0,47	\$ 47,28
2000001093690	10113,9	\$ 5,62	\$ 0,45	\$ 4.548,42	2000001093801	373,5	\$ 5,74	\$ 0,46	\$ 171,49
2000003000293	26561,0	\$ 0,94	\$ 0,08	\$ 1.999,98	2000001093802	280,4	\$ 5,74	\$ 0,46	\$ 128,75
2000001093698	238,2	\$ 5,56	\$ 0,44	\$ 105,95	0200005002162	590,6	\$ 8,28	\$ 0,66	\$ 391,38
0300001030416	2379,2	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 951,67	2000001093804	1543,1	\$ 5,72	\$ 0,46	\$ 705,69
2000001093758	1498,4	\$ 5,65	\$ 0,45	\$ 676,76	2000001093806	212,2	\$ 5,60	\$ 0,45	\$ 95,09
2000003093617	14438,0	\$ 1,06	\$ 0,08	\$ 1.221,59	2000001093748	667,3	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 266,93
2000001093808	569,0	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 227,58	0200005002160	10000,0	\$ 7,70	\$ 0,62	\$ 6.163,61
0200001002061	63318,2	\$ 0,38	\$ 0,03	\$ 1.924,55	2000003093618	23741,0	\$ 0,88	\$ 0,07	\$ 1.679,90
1000005000138	1300,0	\$ 8,86	\$ 0,71	\$ 920,99	2000001093761	586,5	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 234,59
2000001093646	218,8	\$ 5,62	\$ 0,45	\$ 98,43	2000001093782	135,6	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 54,24
0330001003715	78,0	\$ 2,30	\$ 0,18	\$ 14,36	2000001093764	44,9	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 17,98
0400002000003	811,6	\$ 6,05	\$ 0,48	\$ 393,12	2000001093765	281,0	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 112,42
0400002040201	4137,6	\$ 5,46	\$ 0,44	\$ 1.807,62	2000001093767	13263,7	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 5.305,47

1000004000001	2550,0	\$ 1,34	\$ 0,11	\$ 274,07	2000001093768	17463,2	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 6.985,28
1000007016918	1060,0	\$ 6,61	\$ 0,53	\$ 560,92	2000001093803	487,8	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 195,11
1000005000034	1656,6	\$ 6,92	\$ 0,55	\$ 917,10	2000001093777	292,7	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 117,08
2000002020545	317000,0	\$ 0,02	\$ 0,00	\$ 503,59	2000001093778	293,6	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 117,44
1000005093186	1015,4	\$ 6,71	\$ 0,54	\$ 544,97	2000001093776	293,4	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 117,34
0300002031119	199,7	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 79,86	2000001093779	320,7	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 128,28
0300002031121	118,9	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 47,54	2000001093781	337,4	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 134,96
0300002031120	383,9	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 153,54	2000001093780	341,9	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 136,74
1000007096718	1224,0	\$ 3,92	\$ 0,31	\$ 384,09	2000001093799	891,7	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 356,69
2000003093608	5445,0	\$ 1,09	\$ 0,09	\$ 474,45	2000001093798	172,8	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 69,12
1000005000107	625,0	\$ 7,89	\$ 0,63	\$ 394,52	2000001093800	156,4	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 62,58
2000003093610	7533,0	\$ 1,58	\$ 0,13	\$ 951,79	2000003093619	220,0	\$ 1,45	\$ 0,12	\$ 25,53
2000001093716	4533,9	\$ 5,60	\$ 0,45	\$ 2.029,99	2000001093742	278,9	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 111,54
2000001093718	537,1	\$ 5,56	\$ 0,45	\$ 239,04	2000001093745	253,9	\$ 5,00	\$ 0,40	\$ 101,56

3.11. Análisis comparativo entre situación actual vs situación propuesta

En la tabla 3.19 se puede observar el resultado del costo total de inventario que se produjo en la empresa durante los meses enero, febrero, marzo y abril. Para esto se tomó en consideración el plan maestro de producción, el inventario de todas las bodegas de materia prima durante este periodo de tiempo y el consumo promedio en semanas de los productos de materia prima. Durante este periodo la empresa cuenta con inventario disponible para cada uno de los 181 productos de materia prima, sin embargo, en el proyecto se trabajó con inventario de las 53 materias primas pertenecientes a los productos finales de categoría A. Por lo que, para comparar los costos, se trabajó con el costo de mantener 53 productos, el costo total de inventario es de \$8,092 dólares en esos cuatro meses.

Tabla 3.19 Costos totales reales de la empresa en los meses enero, febrero, marzo y abril.

Fuente: Elaboración propia

COSTOS	\$	UNIDADES
COSTO DE MANTENER	\$ 4,267	\$/kilo
COSTO DE PEDIR	\$ 3,825	\$/pedido
COSTO TOTAL	\$ 8,092	\$

Para realizar el análisis comparativo se pronosticó el mismo periodo de tiempo: enero, febrero, marzo y abril del año 2022, para poder adaptar los resultados al proyecto,

cómo se observa en la tabla 3.20 el costo total de inventario es de 5,033 \$, logrando un ahorro del 61%, con la implementación del MRP.

Tabla 3.20 Costos totales de la empresa utilizando el método propuesto en los meses enero, febrero, marzo y abril.

Fuente: Elaboración propia

COSTOS	\$	UNIDADES
COSTO DE MANTENER	\$ 2,909	\$/kilo
COSTO DE PEDIR	\$ 2,124	\$/pedido
COSTO TOTAL	\$ 5,033	\$

3.12. Entregables

Los entregables para implementar la idea propuesta en el proyecto de tomar en cuenta el tiempo del lead time mayor de los productos de materia prima como horizonte de planificación son los siguientes:

- Los códigos en R, para que se pueda evaluar el modelo de pronóstico que se ajusta mejor para cada uno de los 129 productos finales que ofrece la empresa, de esta forma procederían a realizar el plan agregado por familias como Tortilla, Extruido, Pellet, Mixtos y Freídos, para luego realizar el plan maestro de producción.
- Se entregará una plantilla semiautomática de Excel utilizando macros para que el usuario pueda realizar la explosión de los productos a necesitar para la elaboración del plan maestro de producción. Además, se detalla cómo se calculan los costos de pedir y mantener inventario, para que puedan seleccionar la técnica de tamaño de lote que minimice los costos de inventario para cada SKU de materia prima, y por último como se puede observar en la figura 3.5 una interfaz donde el usuario podrá ir elaborando el plan de materiales requeridos para la producción prevista en el horizonte de planificación analizado.

CÓDIGO	2000003000856	<-----	UNICO DATO DE INGRESO ES EL CÓDIGO DE MP	CLICK AQUÍ
D	3456	kilos/ semana	<-----	COSTO DE PEDIR
K	\$ 12	\$/pedido	<-----	COSTO DE MANTENER
h	0,08%	Tasa mant / semana	<-----	COSTO UNITARIO
Costo unitario	\$ 0,65	\$/kilo	<-----	
H	\$ 0,000523	\$/kilo x semana	<-----	

REGISTRAR PLANIFICACIÓN

CLICK AQUÍ

ELIMINAR ÚLTIMO REGISTRO

Figura 3.15 Sección de ingreso de datos de Plantilla semiautomática elaborada.

Fuente: Elaboración propia

- Como se puede observar en la figura 3.16 se entregará el manual de usuario que servirá como guía en el uso de la plantilla semiautomática descrita anteriormente, la cual consta de dos apartados, en la primera se detalla los pasos a seguir para registrar en el MRP cada materia prima, las funcionalidades de los botones que se encuentran ahí. En el segundo apartado se presenta los diferentes procedimientos y los datos de entrada que se necesita para el desarrollo del plan de requerimientos de materiales.

MANUAL DE USUARIO



Plantilla semiautomática en Excel utilizando macros en el diseño de política de inventario para mejorar el proceso de abastecimiento en una industria de alimentos en la ciudad de Guayaquil (2022-2023)

Versión: 1.00

09 / 2022

Figura 3.16 Portada de Manual de Usuario para la Plantilla a entregar
Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se logró conocer las fechas de pedido de los productos de materia prima y la cantidad a pedir aplicando las técnicas de tamaño de lote, como el de cantidad económica de pedido (EOQ) y lote por lote (LxL). Esto fue posible gracias al plan maestro de producción, que arrojó el cálculo de las cantidades a producir para cada semana y para cada producto final, donde se consideraron las capacidades de maquinaria.

El plan maestro de producción se elaboró partiendo de los resultados obtenidos con el plan agregado de producción, de este último se obtuvieron los requerimientos netos que se deben producir por cada producto terminado a lo largo del horizonte de planificación que fue propuesto. Los requerimientos mencionados son los que surgieron del pronóstico realizado en base a los históricos de cajas vendidas desde enero del año 2019 hasta mayo del año 2022.

La planificación de requerimientos de materiales se apoya en base a lo calculado con el plan maestro de producción y a su vez con lo calculado con las técnicas de tamaño de lote, estos resultados de tamaño de lote obtenidos previenen que la demanda sea insatisfecha porque dan pronta respuesta con los tiempos y cantidades optimas en que se deben pedir los recursos o ingredientes para la producción planeada.

La planificación de requerimientos de materiales utiliza el comportamiento de las series de tiempo creadas con los históricos de ventas de los últimos años, de los productos terminados, permitiendo planificar los pedidos de los materiales requeridos, y así optimizando los recursos. Al tener en cuenta lo que se espera producir, estos recursos utilizados serán menores y serán destinados de una mejor manera.

Con el diseño e implementación de la planificación de requerimientos de materiales se logró reducir los costos totales de inventario para los meses de enero, febrero, marzo y abril del año 2022 mediante un comparativo entre la situación actual de la empresa y la propuesta del proyecto. Se redujeron tanto los costos de pedir como de mantener inventario en un 61% conjuntamente, lo que representa un total de \$ 5,033 dólares lo que hace eficiente implementar un MRP.

4.2. Recomendaciones

Para la elaboración de una planificación de requerimiento de materiales que sea confiable se requiere de manera indispensable que la lista de ingredientes o de materiales requeridos (BOM) cuente con las cantidades actualizadas de lo que se consume de materia prima por cada ítem de producto terminado.

Es recomendable para la empresa estudiada que mantenga una comunicación efectiva con sus proveedores tanto nacionales como internacionales, para coordinar la colocación de los pedidos según la planificación de requerimientos de materiales, la cual considera el lead time de cada materia prima que han sido propuestos por los mismos, para que ellos se ajusten eficientemente a las necesidades de la empresa.

Es recomendable que la empresa de alimentos estudiada opte por hacer uso de esta política de inventarios ya que los beneficios se verían reflejados en un mejor control del nivel de stock, porque cabe recalcar que el stock representa un amplio porcentaje en los activos que posee la empresa. Los niveles de inventario cuando son excesivos pueden llegar a perjudicar con altos costos para la industria, unos de estos costos por ejemplo es el de mantener.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTORGA GÓMEZ, J. M., ARÓSTICA CÓRDOVA, R. A., & IRIARTE SALINAS, Y. A. (2016). CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE (AIC). *Tecnología y Cultura, Afirmando El Conocimiento*, 20(48)
- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción*. Pearson educación.
- Chase, R. B., Shankar, R., & Jacobs, F. R. (2018). *Operations and Supply Chain Management, 15e (SIE)*. McGraw-Hill Education.
- Citraresmi, A. D. P., & Azizah, F. (2019). Inventory control of raw material on sweet bread production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 230(1), 012056.
- Guerrero, J. F. J., Fernández, R. S., & Abad, J. C. G. (2006). La capacidad predictiva en los métodos Box-Jenkins y Holt-Winters: una aplicación al sector turístico. *Revista Europea de Dirección y Economía de La Empresa*, 15(3), 185–198.
- Louly, M.-A., & Dolgui, A. (2011). Optimal time phasing and periodicity for MRP with POQ policy. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 76–86.
- Mathur, K. (1996). *Investigación de operaciones*.
- Portocarrero-Sierra, L., Restrepo-Morales, J. A., Arias-Calderón, J. E., Portocarrero-Sierra, L., Restrepo-Morales, J. A., & Arias-Calderón, J. E. (2020). Evaluación del impacto de la acreditación de alta calidad en las instituciones públicas de educación superior de Colombia. *Formación Universitaria*, 13(6), 37–50. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000600037>
- Saldaña, M. R. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería Del Trabajo*, 6(3), 114.
- Simamora, B. H. (2018). Optimum inventory policy At Pt. Senahoy Optika Pratama in Indonesia. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018(SEP), 2300–2306. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067041569&partnerID=40&md5=5cf76f63fe98482f8668de0e9df53e55>
- Susanti, H. D. (2020). Application of material requirement planning method in raw materials planning on sardine product in pt. Blambangan foodpackers indonesia. *Food Research*, 4(6), 2067–2072. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(6\).228](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(6).228)

Thadewald, T., & Büning, H. (2007). Jarque–Bera test and its competitors for testing normality—a power comparison. *Journal of Applied Statistics*, 34(1), 87–105.