

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

**DEPARTAMENTO DE POSTGRADO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**MAGÍSTER EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE CON MENCIÓN EN  
MODELOS DE OPTIMIZACIÓN**

**TEMA:**

**DISEÑO DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN DE COMPRAS E  
INVENTARIO DE MATERIAL DE EMPAQUE DE UNA EMPRESA  
EMPACADORA Y EXPORTADORA DE ALIMENTOS.**

**AUTOR:**

**JAIME BERNARDO LOMA MONTOYA**

**Guayaquil – Ecuador**

**2022**

## RESUMEN

La investigación actual tiene por finalidad explicar como la aplicación de diferentes técnicas de la investigación de operaciones contribuyen al perfeccionamiento de los resultados que las empresas desean alcanzar, primeramente estudiando la teoría de inventarios que la academia ofrece para la planificación de compras y existencias, para luego analizar en primera instancia la actual situación del área de compras de una empresa específica que ejecuta sus operaciones dentro de la industria alimenticia, para posterior a esto cuantificar la actual política de inventario del SKU<sup>1</sup> de mayor rotación de la misma organización.

Con los datos conseguidos, se formulan varios modelos de teorías de inventario, que brindarán los costos de las políticas de inventario analizadas cuyos valores totales obtenidos puedan ser contrastado con el monto de la política de inventario actual real y poder inferir o descartar que la aplicación de técnicas de investigación genera optimización en los resultados de los procedimientos operacionales.

Palabras clave: Abastecimiento, compras, inventarios, investigación de operaciones, planificación, teoría de inventarios, modelo de compras.

---

<sup>1</sup> Stock Keeping Unit

## **ABSTRACT**

The current research seeks to explain how the application of different operations research's techniques promote to the improvement of the results that companies want to achieve, at first, studying the stocks-theory that the academy offers for the purchases and stocks planning, analyzing at first instance the current situation of the purchasing area of a specific company that executes its operations in the food industry, to later quantify the current stock's policy of the SKU with the highest turnover of this organization.

With the collected data, several models of stocks-theories are formulated, which will provide the costs of the inventory policies analyzed whose total values obtained can be contrasted with the amount of the actual current inventory policy and be able to infer or rule out that the application of investigation techniques generates optimization at the results of the operations.

Keywords: Supply, purchasing, stocks, planning, operations research, stock-theory, purchasing model.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mi amada esposa por su apoyo incondicional durante esta ardua pero gratificante jornada. De manera muy especial quiero dedicar esta tesis a mi pequeño hijo por ser el motor que me impulsa día a día a ser un mejor ser humano y profesional para convertirme en su mejor ejemplo a seguir.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme vida, salud y la sabiduría necesaria para permitirme cristalizar uno de mis más anhelados sueños como lo es mi carrera de postgrado. A mis queridos padres por haber inculcado en mi la disciplina, responsabilidad y el deseo constante de superación, valores que han sido clave para permitirme alcanzar un nuevo peldaño en mi formación académica.

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.



---

**Jaime Bernardo Loma Montoya**

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

M.Sc. Pedro Ramos De Santis  
PRESIDENTE



---

M.Sc. David De Santis Bermeo  
DIRECTOR



---

José Cabezas García, Ph.D.  
VOCAL 1



---

Kleber Barcia Villacreses, Ph.D.  
VOCAL 2

## AUTOR DEL PROYECTO



---

**Jaime Bernardo Loma Montoya**

# TABLA DE CONTENIDO

PORTADA .....	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
DECLARACIÓN EXPRESA .....	VI
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN .....	VII
AUTOR DEL PROYECTO.....	VIII
TABLA DE CONTENIDO .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 ALCANCE .....	3
1.5 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.7 METODOLOGÍA .....	4
1.8 ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 CADENA DE SUMINISTRO.....	6
2.2 APROVISIONAMIENTO ESTRATÉGICO .....	7

2.2.1	ENFOQUES FUNDAMENTALES PARA EL APROVISIONAMIENTO ESTRATÉGICO .....	8
2.2.2	BENEFICIOS DEL APROVISIONAMIENTO ESTRATÉGICO.....	8
2.3	COMPRAS.....	9
2.3.1	EL PROCESO DE DECISIÓN DE COMPRAS.....	10
2.3.2	ESTRATEGIA DE COMPRAS .....	12
2.3.3	PLAN ESTRATÉGICO DE COMPRAS .....	14
2.3.4	MATRIZ DE KRALJIC.....	15
2.4	INVENTARIOS.....	17
2.4.1	ROTACIÓN DE INVENTARIOS.....	17
2.4.2	PLANIFICACIÓN DE INVENTARIOS .....	18
2.4.3	CLASIFICACIÓN ABC DE INVENTARIOS .....	18
2.4.4	PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE .....	19
2.4.5	PRUEBA CHI-CUADRADA $X^2$ .....	19
2.5	TEORÍA DE INVENTARIOS.....	21
2.5.1	COSTOS DE LOS INVENTARIOS .....	22
2.5.2	SISTEMAS DE INVENTARIOS .....	22
2.5.3	MODELOS DE INVENTARIOS.....	23
2.5.4	MODELOS DE INVENTARIOS DETERMINÍSTICOS .....	24
2.5.5	MODELOS DE INVENTARIOS PROBABILÍSTICOS.....	24
2.5.6	INVENTARIO DE SEGURIDAD.....	24
2.5.7	MODELO DE REVISIÓN CONTINUA O EOQ.....	25
2.5.8	MODELO EOQ PROBABILÍSTICO CON STOCK DE SEGURIDAD.	27
2.5.9	MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA O FOP .....	29
2.5.10	MODELO FIXED ORDER PERIOD CON STOCK DE SEGURIDAD	30
2.5.11	MODELO DE INVENTARIO DE PERIODO ÚNICO.....	31

2.5.12	PLANIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES MRP	
	32	
2.6	SOFTWARE DE OPTIMIZACIÓN .....	33
2.6.1	SISTEMA GENERAL DE MODELAJE ALGEBRAICO GAMS.....	33
CAPÍTULO 3.....		35
3.	SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO .....	35
3.1	CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA ESTUDIADA .....	35
3.2	CADENA DE SUMINISTRO DE LA EMPRESA ESTUDIADA .....	36
3.2.1	GESTIÓN DE PLANIFICACIÓN Y COMPRAS .....	37
3.2.2	GESTIÓN DE PROVEEDORES .....	38
3.2.3	GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO .....	40
3.2.4	PROBLEMAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO .....	41
3.2.5	DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	42
3.3	INDICADORES DE GESTIÓN Y POLÍTICAS DE INVENTARIO .....	43
3.3.1	CLASIFICACIÓN ABC.....	43
3.3.2	ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	44
3.3.3	SALDOS EN INVENTARIO .....	48
3.3.4	COSTOS ASOCIADOS AL INVENTARIO .....	49
3.3.5	CUANTIFICACIÓN DE LA POLÍTICA ACTUAL .....	50
3.4	EJECUCIÓN EVALUATIVA DE LA TEORÍA DE INVENTARIOS Y SIMULACIÓN DE RESULTADOS .....	54
3.4.1	DATOS DE LOS MODELOS .....	54
3.4.2	EVALUACIÓN DEL MODELO DE REVISIÓN CONTINUA CON STOCK DE SEGURIDAD .....	55
3.4.3	EVALUACIÓN DEL MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA CON STOCK DE SEGURIDAD .....	59
3.4.4	SEGUNDA EVALUACIÓN DEL MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA CON STOCK DE SEGURIDAD.....	62

3.4.5	EVALUACIÓN DE UN MODELO DETERMINÍSTICO.....	65
	CAPÍTULO 4.....	70
4.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	70
4.1	RESULTADOS OBTENIDOS DEL MODELO DE REVISIÓN CONTINUA CON STOCK DE SEGURIDAD .....	70
4.2	RESULTADOS OBTENIDOS DEL MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA CON STOCK DE SEGURIDAD .....	72
4.3	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SEGUNDA EVALUACIÓN DEL MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA CON STOCK DE SEGURIDAD.....	74
4.4	RESULTADOS OBTENIDOS DEL MODELO DETERMINÍSTICO EN GAMS.....	76
4.5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	78
4.6	MODELO DE PLANIFICACIÓN DE COMPRAS E INVENTARIO.....	79
	CAPÍTULO 5.....	80
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	80
5.1	CONCLUSIONES .....	80
5.2	RECOMENDACIONES .....	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	
	ANEXOS.....	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ciclo de Vida del Producto .....	13
Figura 2.2 Pilares fundamentales de un plan estratégico de compras.....	14
Figura 2.3 Matriz de Kraljic.....	15
Figura 2.4 Clasificación ABC de Inventarios .....	19
Figura 2.5 Prueba de bondad de ajuste .....	21
Figura 2.6 Modelo de revisión continua o EOQ.....	26
Figura 2.7 Modelo EOQ con stock de seguridad.....	28
Figura 2.8 Modelo de Revisión Periódica .....	29
Figura 3.1 Cadena de valor de la empresa estudiada .....	35
Figura 3.2 Proceso de aprovisionamiento de insumos, suministros y refacciones	36
Figura 3.3 Diagrama de Ishikawa.....	42
Figura 3.4 Demanda por semana de SKU 5010096 de año 2021 .....	46
Figura 3.5 Resultados de Input Analyzer de la demanda del SKU 5010096.....	47
Figura 3.6 Prueba de bondad de ajuste del ítem 5010096 .....	47
Figura 4.1 Inventario del SKU 5010096 por semana según EOQ periodo 2021 ...	70
Figura 4.2 Costos de la política de inventarios según EOQ .....	71
Figura 4.3 Inventario del SKU 5010096 por semana según FOP periodo 2021 ...	72
Figura 4.4 Costos de la política de inventarios según FOP .....	73
Figura 4.5 Inventario del SKU 5010096 por semana según FOP con T modificada periodo 2021 .....	74
Figura 4.6 Costos de la política de inventarios según FOP con T modificada .....	75
Figura 4.7 Inventario del SKU 5010096 por semana según modelo determinístico periodo 2021 .....	76
Figura 4.8 Costos de la política de inventarios según modelo determinístico .....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clave competitiva por categoría .....	13
Tabla 2.2 Comparación de modelos de cantidad de pedido fija vs. periodo fijo.....	23
Tabla 3.1 Compras en dólares a proveedores de material de empaque de enero a noviembre de 2021 .....	39
Tabla 3.2 Principales ítems de material de empaque con clasificación A .....	43
Tabla 3.3 Número de ítems de material de empaque.....	44
Tabla 3.4 Demanda semanal del SKU 5010096 del periodo 2021 .....	44
Tabla 3.5 Inventario inicial por semana del SKU 5010096 del año 2021 .....	48
Tabla 3.6 Conformación del costo de colocar órdenes de compra .....	50
Tabla 3.7 Tasa de mantenimiento de inventario.....	50
Tabla 3.8 Resumen de costos de la política actual del SKU 5010096.....	52
Tabla 3.9 Costos de mantener y ordenar de la política actual del SKU 5010096 .	52
Tabla 3.10 MRP con costos de la política actual del SKU 5010096 .....	53
Tabla 3.11 Datos y valores obtenidos en la aplicación del modelo EOQ para el SKU 50010096.....	56
Tabla 3.12 MRP con costos del modelo EOQ del SKU 5010096 .....	58
Tabla 3.13 Datos para la aplicación del modelo FOP para el SKU 50010096 .....	60
Tabla 3.14 MRP con costos del modelo FOP del SKU 5010096 .....	61
Tabla 3.15 Datos para la aplicación del modelo FOP con T modificado para el SKU 50010096.....	63
Tabla 3.16 MRP con costos del modelo FOP con T modificada del SKU 5010096 .....	64
Tabla 3.17 Costos de la política de inventarios según modelo ejecutado en GAMS .....	67
Tabla 3.18 Cantidad a ordenar ( $Q_t$ ) según modelo ejecutado en GAMS .....	68
Tabla 4.1 Cumplimiento de la Demanda según modelo EOQ .....	71
Tabla 4.2 Cuantificación de política de inventarios según modelo EOQ.....	71
Tabla 4.3 Cumplimiento de la Demanda según modelo FOP .....	73
Tabla 4.4 Cuantificación de política de inventarios según modelo FOP .....	73
Tabla 4.5 Cumplimiento de la Demanda según modelo FOP con T modificada ...	75

Tabla 4.6 Cuantificación de política de inventarios según modelo FOP con T modificada .....	75
Tabla 4.7 Cuantificación de política de inventarios según modelo determinístico.	77
Tabla 4.8 Costos de las políticas de inventarios analizadas para el SKU 5010096 .....	78
Tabla 4.9 Participación porcentual de tipo de costo de las políticas analizadas ...	78
Tabla 4.10 Variaciones de las políticas estudiadas respecto de la actual.....	79

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La economía ecuatoriana, afectada al igual que otras debido a la crisis económica ocasionada por la enfermedad del virus SARS-COV-2, y que golpeó fuertemente en 2020, (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2021) ha presentado un leve repunte en el primer semestre de 2021, debido a una campaña de inoculación acelerada liderada por el presidente de la república que inició sus funciones en mayo de 2021. Dentro de esta golpeada economía, existen sectores en los que, pese a existir una contracción, el impacto no fue tan problemático como en otras industrias, sino que por el contrario existió un repunte de ventas, sectores tales como el farmacéutico y el alimenticio.

La empresa en estudio, de tipo industrial, inmersa en el sector de la producción y exportación de alimentos, ha logrado mantener su posicionamiento como uno de los exportadores principales de alimentos dentro de la balanza no petrolera del Ecuador; para mantener tal posicionamiento ha tenido que superar algunas nuevas restricciones sanitarias impuestas por la contingencia de la pandemia, incrementar sus costos operacionales inherentes a nuevos sistemas sanitarios en sus líneas de producción y administración lo que ha repercutido en el estrechamiento de su margen de utilidad.

Por parte de la gerencia organizacional, existe la predisposición a la búsqueda de nuevas estrategias, dentro de todas las áreas de trabajo, que permitan mejorar los indicadores de gestión y contribuyan a incrementar el valor agregado a las operaciones de la empresa, en tal sentido uno de los problemas trascendentales que se ha identificado es la falta de eficiencia en la administración de las compras del material de empaque que utiliza la empresa para sus procesos productivos.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La organización en análisis de tipo productiva, con 44 años de presencia en territorio ecuatoriano, posee un departamento de compras, cuya línea de reporte directo es la gerencia financiera. Este equipo de compras es el responsable del proceso de aprovisionamiento de bienes de consumo de toda la organización, que incluye suministros, insumos, refacciones, equipos y material de empaque –esta última categoría es el objeto de la presente investigación– ejecuta su proceso principalmente de manera reactiva, ocasionando en múltiples ocasiones problemas de aprovisionamiento, de control de inventarios y de quiebres de stock que causan pérdidas que no han sido cuantificadas, por la interrupción del proceso productivo.

La falta de sinergias entre el departamento de producción y el equipo de compras es uno de los problemas principales que el directorio corporativo ha mencionado en reiteradas ocasiones durante sus juntas directivas, lo que se traduce en retrasos en la salida del producto final de su línea de producción, retrasos en el flujo y en ocasiones pérdidas de ventas. Por otra parte, a esto se suma cierto grado de descontento de algunos líderes de diversos subprocesos de producción que mencionan que el material no está disponible cuando es requerido, en ningún caso los problemas antes mencionados han logrado ser cuantificados.

Por su parte, el departamento de compras de la empresa declara que es responsabilidad de cada usuario líder del subproceso, requerir los SKUs necesarios con la debida anticipación para el correcto flujo del proceso productivo, no existe una declaración de tiempo de espera o lead time ni por producto ni por proveedor debido a que el sistema informático que ha venido utilizando la compañía no permite alimentar dicha información y la misma tampoco ha sido determinada por el equipo encargado de las adquisiciones.

A octubre de 2021, la organización se encuentra en etapa previa a la implementación de un sistema nuevo de planificación de recursos empresariales ó ERP, mismo que se estima inicie su funcionamiento en ambiente de producción a inicios de 2022, su sistema de información actual ha sido calificado como obsoleto y poco creíble en su contenido por parte de la alta gerencia, lo que convierte a esta condición en un agravante para su gestión de inventarios y aprovisionamiento.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Las organizaciones de tipo industrial centran, generalmente, su atención en el mejoramiento continuo de sus procesos productivos, no obstante, cuando dentro de la cadena de valor de una compañía productiva la función de compras sea considerada como una actividad de soporte, es oportuno identificar aquellas oportunidades de mejora dentro del proceso de abastecimiento de bienes, que permitan el mejoramiento del uso de los recursos que dispone la compañía.

Ejecutar un proceso de adquisición efectivo de los insumos que emplea la organización, siempre deberá ser considerado como un punto crítico al cual se la deba proporcionar un adecuado manejo y prestar especial atención; ya que esta función provee suministros que se incorporan como parte fundamental del proceso productivo y una inadecuada administración del mismo podría causar paras de producción.

Debido a la falta de control y planificación de las compras del material de empaque en la empresa en análisis, como planteamiento de la problemática, resulta imperioso iniciar un estudio que contribuya a comprender la real situación en el aprovisionamiento de la empresa y la investigación con el objetivo de diseñar un modelo que ayude a ejecutar las compras y controlar los stocks de la empresa como tarea primordial para el oportuno desenvolvimiento de las operaciones que alimentan al proceso productivo de la exportadora en estudio.

### **1.4 ALCANCE**

La actual investigación denota su alcance al diseño de un modelo para la planificación de compras e inventario del SKU de mayor rotación clasificado como material de empaque dentro de una empresa empackadora y exportadora de productos alimenticios ubicada en la provincia de Guayas, Ecuador.

### **1.5 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un modelo de planificación de compras e inventario, que optimice los recursos y minimice las paras de producción a través de la ejecución de un aprovisionamiento adecuado.

## **1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Estudiar la situación actual de la función de compras y aprovisionamiento de material de empaque de la persona jurídica que se está analizando.
- ✓ Identificar los inconvenientes principales en el proceso de compra y aprovisionamiento y sus causas principales.
- ✓ Analizar la demanda histórica del suministro en estudio que brinde una visión general de su comportamiento.
- ✓ Diseñar un modelo de planificación de compras e inventario que permita minimizar las complicaciones del aprovisionamiento.
- ✓ Evaluar los potenciales resultados a obtener con la ejecución del modelo propuesto y la brecha resultante respecto del escenario real actual.

## **1.7 METODOLOGÍA**

Una investigación exploratoria-descriptiva será el punto de partida para determinar el actual escenario del proceso de compras y aprovisionamiento de material de empaque dentro de la empresa, con el objetivo de identificar las principales complicaciones de dicho proceso y las posibles causas por medio de técnicas aplicables como Diagrama de Ishikawa, Pareto, entre otros.

A través de técnicas estadísticas y criterios establecidos por actores de la organización en estudio se determinará el ítem de material de empaque de mayor rotación y relevancia, sobre el que se erigirá el desarrollo de la investigación.

Estudiar algunos de los modelos de teorías de inventarios será el siguiente paso a seguir, para identificar qué modelo se ajusta de mejor manera a los datos en análisis; diseñando un modelo de planificación de compras e inventario, alineado con la filosofía de un Plan de Requerimiento de Materiales (MRP por sus siglas en inglés), que a su vez pueda ser contrastado con un modelo ejecutado en un software para la optimización matemática GAMS y finalmente presentar los resultados esperados con la aplicación de la propuesta y compararlos con los resultados existentes de la política actual de inventarios del periodo en análisis.

## **1.8 ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación actual se halla organizada de modo que ofrece al lector una perspectiva analítica del proceso de aprovisionamiento de la compañía estudiada, en el primer capítulo se muestran los antecedentes y la descripción del problema a que se busca resolver de forma global, a la par que se exhiben la justificación del estudio, su objetivo general y sus objetivos específicos que se busca lograr con la ejecución de la investigación; se presenta también la metodología planteada.

Durante el segundo capítulo se presenta el marco teórico que permitirá comprender los diversos conceptos técnicos y aspectos en general que pueden acotar una solución posible al problema planteado. Entender estos conceptos integra el punto inicial para el desarrollo del proyecto.

A lo largo del tercer capítulo se pretende entender la situación actual del proceso de aprovisionamiento de la compañía objeto de investigación, de la cual se estudia su desenvolvimiento por medio de la adaptación de instrumentos de análisis de datos obtenidos de su ERP, de igual manera a través de herramientas de análisis se acota el campo de acción del presente trabajo y se plantea lineamientos base para la ejecución de la propuesta de mejora. Una vez que se haya identificado la situación en la que se haya la compañía, se determina el sistema de inventario que se adapta de mejor forma a la información obtenida, generando resultados simulados.

En el capítulo cuarto se estudian los resultados obtenidos simulados y se los contrasta con los resultados de la política real y se declara una propuesta para una propuesta para la planificación de compras e inventarios del SKU seleccionado de la organización en estudio.

Para finalizar, durante el quinto capítulo se presentan las correspondientes conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CADENA DE SUMINISTRO

La estrategia empresarial debe afectar de forma global a la cadena de suministro, que estudia todo el proceso del desplazamiento de un producto hasta que llega al cliente o usuario, se incluye sistemas de información para el control y el flujo monetario que esta implica. Una efectiva gestión de la cadena de suministro tendrá presente la negociación para la compra de componentes al mejor costo y tiempo posible (TECH, 2021).

Dentro de las principales particularidades de la cadena de suministro se pueden mencionar:

- ✓ Flujo constante de información, productos y monetario entre sus diferentes etapas.
- ✓ El objetivo principal es la satisfacción del cliente que es parte fundamental, proveedores, fabricantes y distribuidores son componentes también de la cadena.
- ✓ Para las empresas es opcional ejecutar todas las etapas de la cadena de suministro, sin embargo, deben concretar el diseño para cada eslabón de la cadena.

La cadena de suministro se conforma por tres componentes principales:

**Suministro:** Es el componente que decide cómo el proveedor suministra, dónde y con qué condiciones aprovisiona las materias primas para la producción.

**Producción:** Transforma las materias primas en productos finales. El costo de producción total será menor si el costo de estas materias se aminora.

**Distribución:** Asegura a través de redes que los productos finales lleguen al cliente.

## 2.2 APROVISIONAMIENTO ESTRATÉGICO

Un aprovisionamiento tradicional centra sus energías en cuidar la operación de la empresa por medio de la creación de pedidos y el cumplimiento de los mismo, dicho de otra manera, una transacción entre compradores y vendedores en la que se consigue un costo unitario de modo que los materiales se obtienen en el momento y cantidad que se requieren. Esta práctica únicamente localiza y contrata proveedores, lo que imposibilita guardar un control de la calidad exhaustivo y colaboración con la cadena de suministro.

En contraparte el aprovisionamiento estratégico se centra en mantener relaciones con el proveedor de modo que dicha relación permita provechar todas sus capacidades para integrar y perfeccionar las competencias de los componentes de la cadena de suministro y que esto pueda aportar valor, lograr eficiencia en costos y conseguir exclusividades. La existencia de pocos proveedores en la compañía incrementa la fiabilidad y confianza en ellos, de esta forma se contratan volúmenes altos de servicio y se obtienen descuentos además de por volumen, por fidelidad.

El objetivo principal del aprovisionamiento estratégico es la creación de un proceso de compras proactivo que relacione las capacidades de los proveedores con las necesidades de la organización, lo que contribuirá a la estrategia organizacional asegurando sostenibilidad y responsabilidad.

Las principales características de un aprovisionamiento estratégico son:

- ✓ La mejor calidad al menor o mejor costo posible.
- ✓ Negociaciones suaves que tratan de crear relaciones colaboradoras en el que el cliente y el proveedor consiguen respeto y compromiso mutuo donde se benefician de las habilidades comunes.
- ✓ Utiliza una red de proveedores globales.
- ✓ Pedir presupuesto, comparar e identificar la mejor oferta en calidad-precio.
- ✓ Mantener una relación sostenible y colaborativa con el proveedor.
- ✓ El proveedor es más eficiente, integrando la relación basada en lean.
- ✓ Se actúa de manera proactiva ante la prevención de fallos.

## **2.2.1 ENFOQUES FUNDAMENTALES PARA EL APROVISIONAMIENTO ESTRATÉGICO**

Para un funcionamiento adecuado del aprovisionamiento estratégico es necesario contar con un enfoque metodológico con ciertos elementos fundamentales como:

### **Enfoque de abastecimiento estratégico**

Se basa en un proceso para la gestión de la demanda interna de la organización frente a su posicionamiento de competitividad en el mercado, de igual manera se incluye la relación con los proveedores y su gestión de negociación para que los riesgos se minimicen y obtengan los menores costos posibles, de forma que se seleccione a los proveedores mejores calificados.

### **Enfoque de equipos multifuncionales**

Todas las diferentes áreas que ejecuten actividades relacionadas con el aprovisionamiento tales como compra, importaciones, suministro, producción, finanzas, legal, entre otros deberán estar involucradas de modo que existan las sinergias necesarias para la consecución del fin perseguido.

### **Enfoque de costo total**

El control del costo va mucho más allá del precio de los artículos adquiridos, se deberán considerar costos asociados a las transacciones tales como los costos de adquisición y almacenamiento, y otros costos ocultos involucrados en la gestión.

## **2.2.2 BENEFICIOS DEL APROVISIONAMIENTO ESTRATÉGICO**

Entre los que se puede destacar:

### **Incremento de las utilidades de la empresa**

Este aprovisionamiento permite generar ahorros dentro de la cadena de suministro proporcionando un beneficio en el resultado operativo bruto o EBIDTA por sus siglas en inglés (Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization) generando una ventaja competitiva a la organización que decida implementarlo.

### **Colaboración en el control de stocks**

El valor del inventario representa un costo financiero que debe ser controlado y minimizado, dependiendo del tipo de sistema que la organización utilice se mejorará el aprovisionamiento reduciendo de alguna forma las cantidades en inventarios o stocks.

### **Minimización del riesgo en la contratación**

Durante un aprovisionamiento estratégico se analiza la categorización de los gastos de modo que cada uno de los proveedores debe ser analizado al detalle, se analiza de cada uno de estos el riesgo asociado a la calidad, prestación del servicio, disponibilidad, compromiso y financiero para poder implementar medidas que minimicen o anulen esos riesgos.

### **Mejora en los procesos**

El aprovisionamiento es un ciclo continuo en el que las actividades deben de volver a gestionarse de manera que se aplique siempre el máximo valor para la empresa a través de palancas de negociación beneficiosas para cada una de las categorías de gasto por las que se pretende maximizar el rendimiento del proveedor.

### **Optimización en el valor de la contratación**

El aprovisionamiento estratégico no busca únicamente obtener concesiones o recortes de costos rápidos o ganancias ágiles, sino que busca también conseguir el máximo valor a un mismo costo, la minimización de costos operativos, aumentar la velocidad operacional e incrementar la rotación de los activos.

## **2.3 COMPRAS**

En toda compañía, las compras constituyen una diligencia superlativamente calificada y especializada, y deben ejecutarse de manera analítica y racional de forma que permita alcanzar su objetivo definido como obtener productos y servicios en cantidad, precio, calidad, momento y lugar adecuado, buscando siempre el máximo beneficio para la empresa (Montoya Palacio, 2002). Esta función se realiza en todas las organizaciones a fin de que todas sus actividades puedan desarrollarse

de manera normal y dependiendo del tamaño de la empresa, su volumen de operaciones y el profesionalismo de las personas que ejecutan dicha función las diferentes variables que se analizan en el proceso de compra deberán ser estudiadas con mayor o menor grado de profundidad para la toma de decisiones.

### **2.3.1 EL PROCESO DE DECISIÓN DE COMPRAS**

La decisión de compra es un proceso por el cual el comprador reflexiona y pasa por diferentes etapas, entre la identificación de una necesidad que puede ser satisfecha con un producto o servicio, su adquisición o contratación y la siguiente satisfacción con el producto o servicio.

Pudiera creerse que la acción ejecutada de comprar constituye el último paso del proceso de decisión de compra, sin embargo, la posterior evaluación que realiza el comprador del producto comprado y las influencias del entorno, constituyen experiencias que mantienen la continuidad de dicho proceso.

Se puede encontrar cinco etapas principales dentro del proceso de decisión de compra:

#### **Identificación de la necesidad**

Se refiere al punto inicial del proceso de compra, en el que el consumidor o usuario determina la carencia de un producto o servicio que logre satisfacer alguna de sus necesidades o expectativas. La necesidad identificada por el usuario puede ser provocada por estímulos internos o externos.

#### **Búsqueda de información**

Una vez que la necesidad ha sido identificada, el equipo comprador presenta el interés de obtener información sobre los productos que se espera satisfagan dichas expectativas.

La aplicación de la exhaustividad y profundidad en la búsqueda de información dependerá del producto, de las experiencias previas y de la intensidad del impulso de compra. Ante un fuerte impulso y observación del producto la compra se efectuará muy probablemente de forma inmediata, mientras que existirán otras

ocasiones en que la ejecución de compra se dilate y se realice una mayor búsqueda de información.

### **Evaluación de alternativas**

Durante esta etapa, el equipo comprador, emplea la información obtenida para evaluar las distintas alternativas de producto y marca que pueden satisfacer la necesidad identificada. El proceso de evaluación no es exclusivo ya que en cada situación se producen diferentes procedimientos para identificar la mejor alternativa, incluso pueden existir varios procesos de evaluación que pudieran converger entre ellos.

Dependiendo del comprador, producto y situación, la evaluación de las opciones de compra puede realizarse de forma reflexiva, personal, inducida o impulsiva.

### **Decisión de compra**

Posterior a la evaluación de alternativas, el equipo comprador decide que producto y de que marca, bajo su percepción, es el que va a satisfacer en mejores condiciones la necesidad identificada. La compra del producto y marca definida puede verse interrumpida por dos tipos de factores que pudieran interponerse entre la intención de compra y la decisión final, estos son la actitud de terceros y los imprevistos, por lo que no siempre la intención o decisión de compra no se traduce en una compra efectiva.

### **Comportamiento post-compra**

Son las medidas tomadas por el equipo comprador, posterior a la compra, basadas de su grado de satisfacción. La relación entre las expectativas del comprador y la percepción del resultado es determinante en el grado de satisfacción de la compra (TECH, 2021).

Un producto que no ha cumplido las expectativas genera insatisfacción, desencadenando una devolución del producto y generalmente en la no repetición de compra de dicho producto.

Si el producto ha cumplido las expectativas, genera satisfacción de modo que la repetición de la compra del mismo producto y marca es probable pero no está asegurada.

Finalmente, si el producto supera las expectativas se produce un nivel de satisfacción que ofrece la alta probabilidad de fidelidad de producto y marca, representando la repetición de la compra en futuras ocasiones en que se tenga que satisfacer la misma o similar necesidad.

### **2.3.2 ESTRATEGIA DE COMPRAS**

El punto inicial de la determinación de estrategia de compras, así como de todo el Supply Chain<sup>2</sup> que incluye ventas, comercialización, fabricación, planificación, aprovisionamiento y compras; será el público objetivo al que se dirige el producto y el posicionamiento que se tiene frente a los clientes (Casanovas, 2011).

Definir de manera sistemática el nivel de servicio que se pretende brindar a los usuarios o clientes, ayudará a definir las prioridades competitivas de la organización y los criterios que valdrán de base para la gestión de cada una de las funciones de la cadena de abastecimiento. Centrarse en todos los aspectos competitivos existentes es tarea imposible, por lo que es aconsejable centrarse en uno o dos aspectos y tratarlos como prioridad competitiva y que estos a su vez estén alineados con las necesidades de los usuarios o clientes.

***Se pueden identificar algunas claves competitivas por categoría tal como se muestra en la***

Tabla 2.1

---

<sup>2</sup> Cadena de Abastecimiento

**Tabla 2.1 Clave competitiva por categoría**

Categoría	Clave Competitiva
<b>Coste</b>	Coste unitario bajo Inversión en equipo especializado Alta productividad total
<b>Calidad</b>	Fabricación de productos con cero defectos Diseño de productos fiables Calidad total de suministro uniforme
<b>Servicio</b>	Compromisos en precios Entregas puntuales, rápidas y completas.
<b>Flexibilidad</b>	En volumen, tipo y personal Reducción de lead time Desarrollo de nuevos productos
<b>Innovación</b>	En procesos, productos y sistemas de gestión

**Fuente: (Casanovas, 2011)**

Las relaciones competitivas condicionarán todas las estrategias dentro de la cadena de suministro, incluyendo a la estrategia de compras, el departamento que ejecuta esta función deberá tener plenamente identificado el punto de ubicación dentro del ciclo de vida del producto, debido a que este afectará significativa a la demanda y también a la estrategia de compras.

**Figura 2.1 Ciclo de Vida del Producto**



**Fuente: (The Power MBA, 2021)**

En las diferentes etapas del ciclo de vida en la que se encuentre un determinado producto, las condiciones de oferta y demandan serán diferentes con lo que la estrategia de compra deberá variar, por lo que no basta tener una política de

compras para la compañía, sino que será necesario diferenciar dicha política según el producto y el punto de la curva en el que el mismo se sitúe. En la Figura 2.1 se encuentra las etapas del ciclo de vida de un producto.

### **2.3.3 PLAN ESTRATÉGICO DE COMPRAS**

La planeación estratégica de compras se resume como un proceso que inicia por el establecimiento de metas organizacionales dentro de un equipo de compras en el que se definen estrategias y políticas para lograr los objetivos planteados y ejecutar el plan detallado.

Para desarrollar un plan estratégico de compras es necesario tener conocimiento de los mercados con información completa y un diagnóstico de la gestión de compras para implementar una toma de decisiones debidamente soportada y fundamentada, se debe incluir controles posteriores de todas las decisiones de forma que estas últimas puedan ser objeto de evaluación. De igual forma, debe establecerse una serie de estrategias con los proveedores que marquen las directrices a seguir durante la relación con estos; desarrollar tácticas de negociación, definir protocolos de evaluación y calificación y crear una amplia cartera de proveedores de confianza será necesario dentro de dichas estrategias. Los pilares de un plan estratégico de compras se pueden ver en la Figura 2.2.

#### ***Figura 2.2 Pilares fundamentales de un plan estratégico de compras***



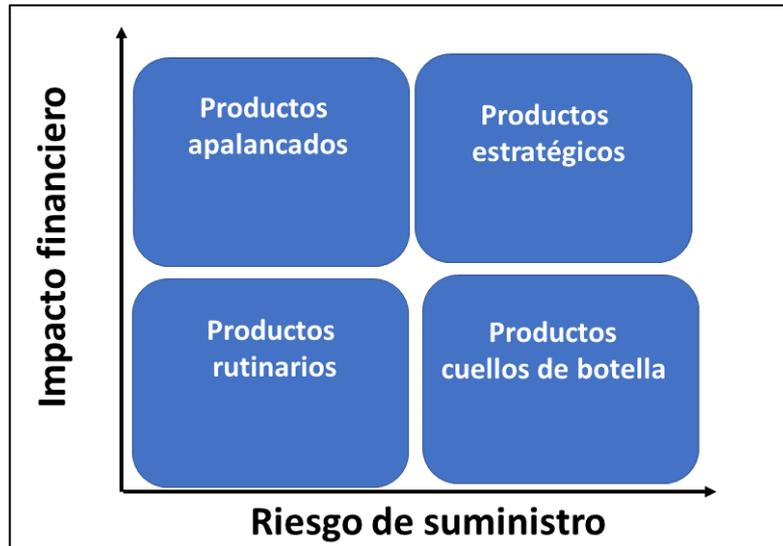
**Fuente: (FULLSTEP, 2021)**

La gestión estratégica de compras permitirá lograr diferentes objetivos tales como mejora en la rentabilidad de la organización sin asumir riesgos financieros u operacionales, orientar las oportunidades hacia la mejora continua de la empresa a través de los departamentos de calidad, costos, logística, desarrollo, producción entre otros y mejorar la cadena de suministro a través del estudio detallado del valor agregado de los procesos generados por la empresa.

### **2.3.4 MATRIZ DE KRALJIC**

Esta matriz constituye un instrumento para la gestión de compras que permite clasificar a través de una matriz las compras según el impacto y el riesgo que estas tienen en la organización; con lo que se consigue evaluar con criterio objetivo y medible la contribución de las compras en los resultados globales de la empresa. En la Figura 2.3 se muestra la matriz mencionada.

**Figura 2.3 Matriz de Kraljic**



*Fuente: (TECH, 2021)*

La matriz se construye con el riesgo del suministro en el eje horizontal, hacia la izquierda se colocan los materiales que tienen muchos proveedores razón por la que se considera que el riesgo es bajo, por el contrario, si existen pocos proveedores estará más hacia la derecha, dicho extremo derecho es para aquellos materiales que tienen un único proveedor por lo que se considera que existe un riesgo alto.

En el eje vertical se sitúa la incidencia de los resultados, principalmente, económicos de la empresa, a mayor incidencia tenga el producto más hacia arriba se situará en la matriz y viceversa. Dentro de estos factores económicos se incluye: precio de los suministros, porcentaje en el precio final de la venta, rentabilidad y el comportamiento de sus precios en el mercado.

### **Tipos de Productos**

Según la ubicación de los ítems en la matriz, estos pueden recibir diferente denominación:

**Productos palanca:** Aquellos que constituyen un porcentaje alto de ganancias de la organización y poseen con muchos proveedores disponibles y por tal es más fácil sustituir al proveedor; el producto posee un estándar de calidad por lo que representan un bajo riesgo de suministro. El comprador ejerce poder sobre el

mercado debido a que dispone de diversas alternativas de suministro y un valor alto de compra por lo que el nivel de dependencia es moderado.

**Productos estratégicos:** Son aquellos que presentan un riesgo alto de suministro dado que el número de proveedores es bajo, se consideran cruciales para el proceso de la organización y también los más importantes dentro del proceso de compra. Poseen un alto nivel de dependencia entre el comprador y el vendedor.

**Productos no críticos o rutinarios:** Son bienes que tienen un relativo impacto bajo en los efectos financieros, teniendo una calidad estandarizada son productos fáciles de adquirir y por tal presentan un nivel bajo de dependencia entre el comprador y el vendedor.

**Productos cuello de botella o rutinarios:** son aquellos que pueden ser obtenidos por un solo proveedor o por un número reducido de estos y presentan un impacto bajo en los resultados financieros. En este caso el suplidor posee poder de mercado ya que suelen ser productos especializados. Tienen un nivel moderado de dependencia.

## 2.4 INVENTARIOS

Los inventarios, representan de manera técnica un activo dentro del balance de la organización, la mayoría de ejecutivos creen que conservarlos representa un alto costo y por esta razón buscan reducirlo al nivel más mínimo posible, en contraparte, desde la perspectiva del profesional logístico, la administración del inventario desempeña un rol preponderante para la efectividad de la operaciones de la empresa; la meta de conservar una inversión baja en los stocks<sup>3</sup> comúnmente se ve confrontada con la ideología de los equipos comerciales interesados en que la organización disponga de un nivel de inventario alto para poder atender las cantidades de productos demandados por los usuarios o consumidores.

### 2.4.1 ROTACIÓN DE INVENTARIOS

---

<sup>3</sup> Inventarios

Resulta trascendental que la gerencia de la empresa conciba que el control de los inventarios está relacionado de forma directa con el rendimiento financiero de la organización; el principal indicador de este rendimiento es la rotación de inventarios, formulado como sigue (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009):

$$\text{Rotación de Inventarios} = \frac{\text{Costo de los bienes vendidos durante un periodo}}{\text{Valor promedio de inventario durante un periodo}}$$

Esta fórmula puede verse variada y en vez de costos, puede calcularse en término de unidades:

$$\text{Rotación de Inventarios} = \frac{\text{Numero de unidades vendidas en un periodo}}{\text{Unidades promedio en inventario en un periodo}}$$

La rotación denota las veces que los inventarios han sido restaurados en un determinado periodo de tiempo, por lo general un año; dicho número simbolizará un indicador de la calidad de la gestión de aprovisionamiento, inventarios y compras de una determinada organización.

#### **2.4.2 PLANIFICACIÓN DE INVENTARIOS**

El control de los inventarios demanda recursos limitados como el humano y el financiero por lo que resulta acertado emplear, de los recursos antes mencionados, las unidades disponibles para ejecutar la vigilancia de las existencias de manera efectiva, o enfocar dicho control en los componentes más críticos del inventario.

El principio de Pareto es un instrumento válido para determinar el menor número de ítems que constituyen la parte más amplia del capital. En la mayoría de escenarios de control de inventarios existen un gran número de partes, que hace que, diseñar un único modelo y ofrecer un mismo tratamiento para cada una de estas resulte poco acertado; de este modo la clasificación ABC otorga un distintivo esencial a un grupo definido de SKUs en base al grado de importancia de estos para su metodología (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009).

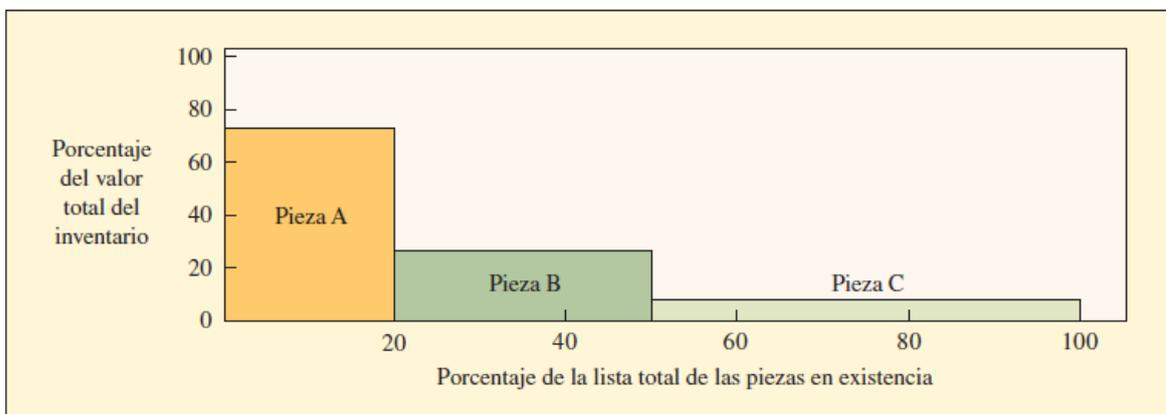
### 2.4.3 CLASIFICACIÓN ABC DE INVENTARIOS

Generalmente la utilización del inventario se muestra basado en términos monetarios y lo más probable es hallar que un número minúsculo de ítems constituye un alto valor monetario y en contraparte que muchos ítems representan un volumen bajo de unidades monetarias. La táctica ABC clasifica a este listado en tres marcadas categorías según su valor: los artículos que constituyen casi el 15% más alto se los marca como A, el 35% siguiente son los artículos B y el 50% restante, los ítems C.

Existen situaciones en donde la segmentación no puede realizarse con claridad específica, no obstante, el objetivo es conseguir discriminar lo relevante de lo que no lo es, y así de esta forma se pueda ofrecer un tratamiento apropiado basado en las necesidades de cada categoría de productos. Clasificar los productos por su costo es la más utilizado, aun así, se pueden mencionar otros criterios para su aplicación(Ortega, Clasificación ABC, 2017):

- ✓ Clasificación ABC por nivel de rotación.
- ✓ Clasificación ABC por nivel de ventas.
- ✓ Clasificación ABC por nivel de caducidad.
- ✓ Clasificación ABC por tiempo de espera (lead time).

**Figura 2.4 Clasificación ABC de Inventarios**



**Fuente: (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009)**

### 2.4.4 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

Estas pruebas de bondad de ajuste constituyen ensayos para demostrar lo bien que un modelo estadístico se ajusta a un grupo de observaciones, de manera general estas pruebas sintetizan la disconformidad entre los valores observados y los valores esperados en el modelo propuesto. Algunos de los métodos que pueden emplearse son prueba de hipótesis, test de normalidad de residuos, test de Kolmogorov-Smirnov para comprobar si dos muestras se obtienen de dos muestras idénticas y la prueba de chi cuadrada para medir si los datos observados en una muestra aleatoria se ajustan con un nivel de significancia a determinada distribución de probabilidad sea esta uniforme, normal, exponencial, Poisson, o alguna otra (Ross, 2014).

#### 2.4.5 PRUEBA CHI-CUADRADA $X^2$

Este es un procedimiento utilizado para evaluar la bondad de ajuste de una distribución a los datos obtenidos de una muestra, para efectuarla, se procede a clasificar los datos obtenidos en  $k$  clases, y se registra el número de observaciones de cada clase, considerando los datos:

**$k$ :** Número de clases,  $k > 2$

**$n$ :** Tamaño de la muestra

**$o_i$ :** Frecuencia obtenida u observada en la clase  $i$

**$e_i$ :** Frecuencia esperada en la clase  $i$ , cuando  $H_0$  es correcta

**$e_i$ :**  $n \cdot p_i$

**$p_i$ :** Área bajo la curva  $f_o(x)$  en el intervalo  $lim_{sup} - lim_{inf}$  de la clase  $i$

Si  $f_o(x)$  es continua, entonces:

$$p_i = \int_{lim_{inf} i}^{lim_{sup} i} f_o(x) dx$$

Se determina si las frecuencias observadas  $o_i$  concuerdan con las esperadas  $e_i$  a través de una prueba de hipótesis con el siguiente estadístico:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Cuyas hipótesis a contrastar son:

$$H_0: e_i = o_i \forall i; i = 1 \dots k$$

$$H_1: \exists i / e_i \neq o_i$$

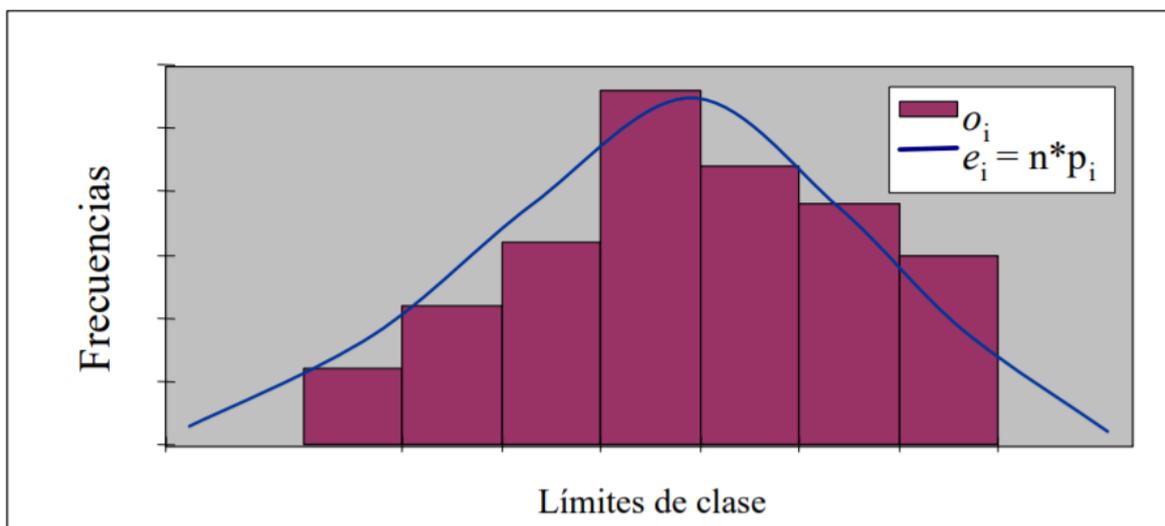
Mientras que la región de rechazo de la hipótesis nula está definida por:

$$X^2 > X_{\alpha, k-r-1}^2$$

Este valor  $X_{\alpha, k-r-1}^2$  se encuentra tabulado y corresponde al valor de una Chi-cuadrado de  $k-1$  grados de libertad cumpliendo la probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que este sea  $\alpha$ .

Si se encuentran pequeñas diferencias entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas ( $o_i - e_i$ ), entonces el estadístico es pequeño, por otra parte, si las diferencias encontradas son grandes, lo que se traduce como que lo observado no se ajusta a lo propuesto, entonces se obtendrá un valor grande del estadístico y por tal la región de rechazo  $RR$  de la hipótesis nula se ubicará en la cola posterior de la distribución Chi-cuadrada al nivel de significancia  $\alpha$ .

**Figura 2.5 Prueba de bondad de ajuste**



**Fuente: (Ross, 2014)**

## 2.5 TEORÍA DE INVENTARIOS

Los intentos iniciales de desarrollar una teoría de inventario fueron enfocados en la problemática para definir la dimensión económica de las cantidades a comprar o producir, de este modo la teoría de inventarios surge con el objetivo de diseñar políticas de inventarios que logren complacer la demanda y sus variaciones y a la vez permitan reducir costos financieros y de almacenamiento, disminuyendo costos por faltantes e intentando lograr un equilibrio entre ambos escenarios extremos, es decir busca definir e implementar políticas de inventarios para conocer las cantidades óptimas a pedir en el momento oportuno, respondiendo a las preguntas ¿Cuánto pedir? y ¿Cuándo pedir? (Lizarazo Sayas & Perez Quintero, 2017).

Según la forma de predecir la demanda, los modelos de inventarios pueden ser clasificados en las siguientes dos categorías:

- ✓ **Determinísticos:** Aquellos que emplean demanda definida con precisión para periodos futuros de tiempo.
- ✓ **Estocásticos o probabilísticos:** Aquellos que emplean métodos para el pronóstico de la demanda ya que esta no puede ser definida con exactitud.

### 2.5.1 COSTOS DE LOS INVENTARIOS

Dentro de la toma de decisiones respecto a los inventarios se deben considerar los costos mencionados a continuación (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009):

- ✓ **Costos por mantenimiento:** Se refiere a los costos por almacenamiento, manejo, seguros, desperdicios, obsolescencia, depreciación, impuestos y el costo de oportunidad financiero.
- ✓ **Costos por configuración de pedido:** Aquellos incurridos para la colocación de una orden de pedido al proveedor o para definir la configuración específica de producción de un determinado equipo industrial.
- ✓ **Costos por compra:** Atañen al precio de compra del producto multiplicándolo por el número de unidades solicitadas.

- ✓ **Costos por faltantes:** Aquellos que la compañía deberá adjudicarse al no contar con disponibilidad de los ítems requeridos en el tiempo que surge la necesidad, cuantificar estos costos generalmente es una tarea difícil.

### 2.5.2 SISTEMAS DE INVENTARIOS

Los sistemas de inventarios ofrecen la organización empresarial y las políticas a implementar para conservar y fiscalizar las existencias de los productos, los sistemas tienen la tarea de definir el punto del tiempo en que se ordenan los pedidos y mantener los registros de los SKUs y número de unidades requeridas, el sistema además es responsable por la trazabilidad de los pedidos elevados a compra desde su emisión al proveedor hasta la entrega de esta al solicitante final (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009).

Si la demanda es determinística o probabilística define que tan complejo es el sistema de inventarios, demanda que puede variar con el tiempo; dentro de un modelo de inventario, el comportamiento de la demanda puede asumir uno de los siguientes cuatro tipos:

- ✓ **Determinísticos:**

1. Determinístico y de tiempo constante (estático).
2. Determinístico y de tiempo variable (dinámico).

- ✓ **Estocásticos o probabilísticos:**

3. Probabilístico y de tiempo estacionario.
4. Probabilístico y de tiempo no estacionario.

Entre estas situaciones, la cuarta es la más compleja y la de mayor probabilidad de ocurrencia, en contraposición con la primera categoría que analíticamente es la más sencilla y la menos probable que ocurra en la práctica (Taha, 2011).

Es oportuno recalcar que, para la correcta aplicación de cualquier modelo, que fuese escogido por la administración para la planificación de sus inventarios, será necesario que todos los datos de las diferentes variables involucradas en el modelo sean expresados en la misma unidad de tiempo para la que se ejecuta el modelo.

### 2.5.3 MODELOS DE INVENTARIOS

Un modelo de inventario podría demandar revisiones periódicas, por mencionar, pedir al inicio de cada semana o cada mes (Modelo P) convirtiéndose en un modelo de cantidad de Periodo Fijo. En contra parte, el modelo puede basarse en revisiones continuas, emitiendo un nuevo pedido en el momento que el nivel del inventario se reduzca a un determinado punto de volver a pedir (Modelo Q) conocido igualmente como Modelo de Cantidad de Pedido Fija o EOQ (Taha, 2011).

**Tabla 2.2 Comparación de modelos de cantidad de pedido fija vs. periodo fijo**

RASGO	MODELO (Q) O DE CANTIDAD DE PEDIDO FIJA	MODELO (P) O DE PERIODO FIJO
<b>Cantidad de Pedido</b>	Q, constante (la misma cantidad es pedida siempre)	q, variable (cambia de un pedido a otro)
<b>Dónde hacerlo</b>	R, cuando la posición del inventario baja al nivel de volver a pedir	T, cuando llega el tiempo o periodo de revisión
<b>Registros</b>	Cada vez que se realiza un egreso o ingreso de inventario	Sólo se cuenta en el periodo de revisión
<b>Tamaño del inventario</b>	Menos que el modelo de periodo fijo	Más grande que el modelo de cantidad de pedido fija
<b>Tiempo para mantenerlo</b>	Más alto debido a los registros perpetuos	
<b>Tipo de pieza</b>	Piezas de precio más alto, críticos o importantes	

**Fuente: (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009)**

### 2.5.4 MODELOS DE INVENTARIOS DETERMINÍSTICOS

Estos modelos nacen del supuesto primordial que la demanda de un ítem del que se lleva inventario es conocida. Pronósticos o pedidos reales de los clientes sirven para estimar la demanda de estos artículos. Cuando se percibe la demanda con cierto grado de certidumbre se habla de un modelo determinístico. Existen varios modelos determinísticos, sin embargo, en la presente investigación se mencionan aquellos que guardan relación con el objeto del proyecto.

### 2.5.5 MODELOS DE INVENTARIOS PROBABILÍSTICOS

Estos modelos presentan una demanda o tiempo de entrega (lead time) desconocido o aleatorio, por lo que estos factores son expresados a través de una variable aleatoria. Un modelo de inventario probabilístico o estocástico se sirve de

una distribución de probabilidad para determinar el valor de la demanda u otra variable no conocida, para lo cual es de vital importancia el aporte de la estadística.

### **2.5.6 INVENTARIO DE SEGURIDAD**

El stock de seguridad, conocido por algunos como el “colchón de reserva”, hace referencia a los inventarios que se conservan adicional a la demanda esperada a fin de minimizar los conflictos por desatinos de aprovisionamiento o aumentos inesperados de su demanda. Diversos criterios pueden ser utilizados para definir el inventario de seguridad, a mencionar, es usual que la empresa defina que se acopien suministros para un número determinado de meses o semanas, sin embargo, siempre resultará más eficaz emplear un enfoque de probabilidad considerando la demanda y su potencial variabilidad.

Este enfoque de probabilidad es fácil de emplear para definir el stock de seguridad, este considera la premisa de que la demanda posee una distribución normal con una media y desviación estándar durante el periodo de tiempo en estudio; es oportuno considerar que dicho enfoque únicamente estima la probabilidad de inexistencias de inventario y no el número de unidades faltantes.

Considerando los datos:

Z = Estadístico de la distribución normal basado en el nivel de servicio esperado

$\sigma$  = Desviación estándar de la demanda

L = Lead Time o tiempo de espera

Para definir las unidades a considera como stock de seguridad es válido utilizar la fórmula siguiente (Ortega, Administración de la Cadena de Suministro, 2017):

$$SS = Z * \sigma * \sqrt{L}$$

### **2.5.7 MODELO DE REVISIÓN CONTINUA O EOQ**

El EOQ, un modelo determinístico estático, pretende hallar el punto específico R, en el que un pedido deberá ser lanzado, y también la cantidad Q de dicho pedido. El punto R conocido como punto de reorden, permanentemente es un número

expresado en unidades específicas. Lo ideal es ejecutar una orden de pedido de Q unidades en cuanto el inventario disponible (en existencias y por recibir) alcance el punto R.

Dentro de este modelo, aunque muchas sean inexistentes, se considera los supuestos siguientes (Anderson, Camm, Martin, Sweeney, & Williams, 2011):

- ✓ El producto presenta una demanda constante y uniforme durante el periodo.
- ✓ El tiempo de espera o Lead Time permanece invariable.
- ✓ El precio unitario del producto permanece invariable.
- ✓ El costo de conservar el stock está basado en el promedio de inventario.
- ✓ Los costos de pedir permanecen invariables.
- ✓ Toda la demanda del SKU es satisfecha (pedidos acumulados no admitidos).

Considerando los datos:

TC = Costo total del inventario

D = Demanda (anual)

C = Costo por unidad

Q = Cantidad a ordenar (cantidad económica de pedido, EOQ o  $Q_{opt}$ )

A = Costo de hacer un pedido o costo de preparación

H = Costo de mantenimiento y almacenamiento anual por unidad promedio de inventario (comúnmente  $H = iC$ , donde i es un porcentaje del costo de manejo)

Dado que el costo representa el interés primordial para este modelo, se presenta la ecuación de costo total a continuación:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}A + \frac{Q}{2}H$$

Posteriormente, lo que se pretende este modelo es definir la cantidad óptima de pedido, la cual se obtiene mediante la fórmula:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DA}{H}}$$

Dado que este modelo considera una demanda y un tiempo de espera invariable no será necesario contar con stock de seguridad y considerando los datos:

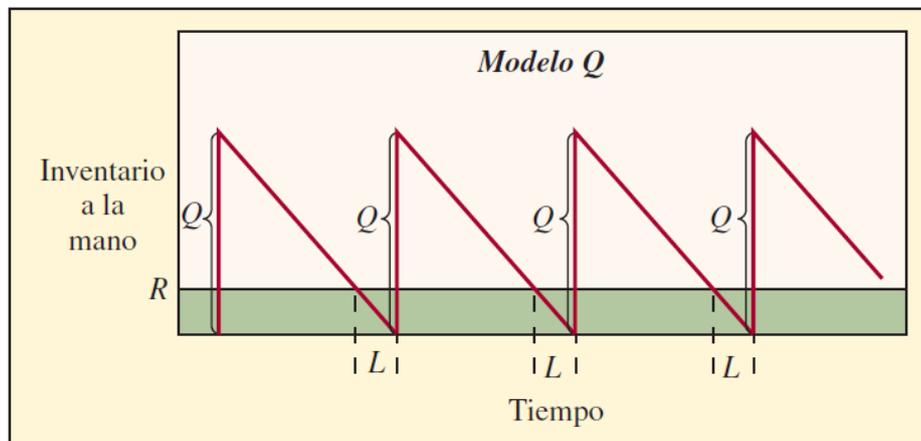
$\bar{d}$  = Demanda promedio diaria

L = Tiempo de espera (lead time)

El punto de reorden, R, únicamente estará definido por:

$$R = \bar{d}L$$

**Figura 2.6 Modelo de revisión continua o EOQ**



**Fuente: (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009)**

### 2.5.8 MODELO EOQ PROBABILÍSTICO CON STOCK DE SEGURIDAD

La variación con stock de seguridad del modelo de revisión continua EOQ, incluye la consideración que el conflicto de quiebre de stock pueda ocurrir durante el tiempo de colocar y receptor el pedido, además considera la posibilidad de una alta variación de la demanda, evento que pudiera ser determinado por medio de un análisis de datos basado en la demanda histórica y que para la correcta aplicación del modelo se estima que la misma guarde una distribución normal.

Como se había expresado en páginas anteriores, el stock de seguridad guarda relación con el nivel del servicio a ofrecer; la cantidad óptima o económica de pedido

(Q) es obtenida considerando de igual forma la demanda y los costos correspondientes, pero en esta variación el punto de reorden R incluirá el nivel de servicio esperado, con la finalidad de que la cantidad a pedir pueda satisfacer la demanda entre el tiempo de recepción y el inventario de seguridad.

La principal diferencia entre un modelo que incluye demanda conocida y otro en donde coexiste la incertidumbre de tal información, es la inclusión del cálculo del punto donde se debe volver a pedir, para esto es necesario considerar los datos:

$\bar{d}$  = Demanda promedio durante el tiempo de espera (lead time)

L = Tiempo de espera (lead time)

Z = Factor de seguridad para un nivel de servicio especificado

$\sigma_L$  = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

Y con estos plantear nueva fórmula del punto de Reorden R (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009):

$$R = \bar{d}L + Z\sigma_L$$

El inventario de seguridad está representado por el término  $Z\sigma_L$ , de tal forma que si dicho inventario es positivo la consecuencia será volver a ordenar en menor tiempo, en contraparte, R al no considerar este stock de seguridad solamente será la demanda promedio durante el tiempo de espera o Lead Time. Siempre que el inventario de seguridad sea más alto, el nuevo pedido será lanzado más pronto.

Durante el tiempo de reposición, la demanda es un pronóstico o una estimación de la utilización esperada del inventario durante tal periodo, así, para obtener  $\bar{d}$ , un promedio simple estaría dado por:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

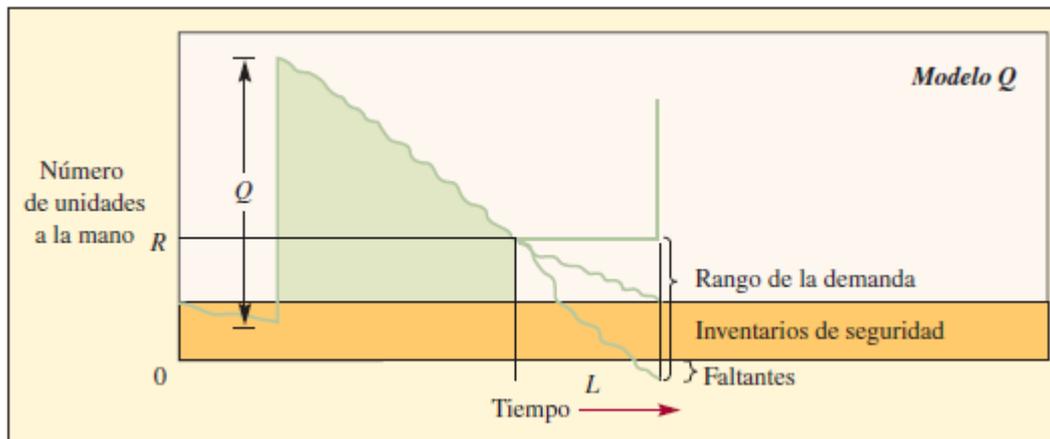
Para obtener la desviación estándar de la demanda se aplica la fórmula:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n}}$$

Dado que  $\sigma_d$  hace referencia a un día, si se ampliase el tiempo de entrega a más de un día, se podría utilizar la inferencia estadística de que la desviación estándar de una sucesión de eventos independientes es equivalente a la raíz cuadrada de la suma de las varianzas. Por lo tanto:

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_L^2}$$

**Figura 2.7 Modelo EOQ con stock de seguridad**



**Fuente: (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009)**

### 2.5.9 MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA O FOP

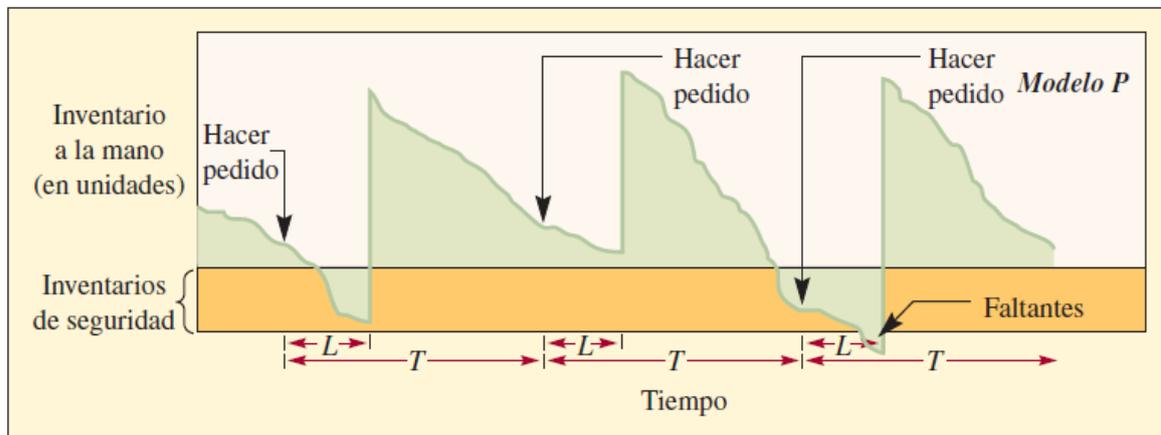
El modelo de Periodo Fijo es un modelo de revisión periódica, que propone la revisión del inventario únicamente en ciertos momentos, creando periodicidades, se recomienda hacer uso de este sistema cuando los proveedores hacen visitas a los clientes de forma rutinaria y toman pedidos de las diferentes clases de productos o cuando el equipo de compras pretende optimizar costos asociados a los pedidos como por ejemplo el transporte, este modelo facilita la planificación de stocks.

Este modelo define la cantidad de pedidos que alternan de uno a otro periodo y depende del grado de utilización del SKU, para lo cual será necesario un nivel más elevado de stock de seguridad que en el modelo EOQ, ya que este último modelo considera una revisión continua del inventario en existencia y genera un pedido al

alcanzar el punto de reorden, a diferencia del modelo FOP que admite el estudio del inventario al momento de la revisión.

De ocurrir un alza en la demanda, el inventario pudiera llegar a cero justamente luego de haberse colocado la orden, situación que pudiera no ser observada sino hasta el siguiente periodo de revisión, también se debe tener en cuenta el tiempo que tomará en llegar el nuevo pedido, lo que genera una probabilidad de que las existencias se agoten entre el periodo de revisión  $T$  y el lead time o tiempo de espera  $L$ ; por esta razón es oportuno considerar la opción de reserva de seguridad para proteger la gestión ante el agotamiento del inventario entre los periodos de revisión y de espera de llegada de los productos.

**Figura 2.8 Modelo de Revisión Periódica**



**Fuente: (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009)**

### 2.5.10 MODELO FIXED ORDER PERIOD CON STOCK DE SEGURIDAD

Como se declaró en el apartado 2.5.9, el modelo FOP es de revisión periódica, en donde las órdenes de compra se colocan al momento ( $T$ ) de la revisión, la diferencia radica en que el modelo descrito en el punto 0 incluye la consideración de la reserva de seguridad que considerando los datos:

$q$  = Cantidad a ordenar

$T$  = Número de días entre revisiones

$L$  = Tiempo de espera en días (lead time)

$\bar{d}$  = Demanda diaria promedio

Z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

$\sigma_{T+L}$  = Desviación estándar de la demanda entre el periodo de revisión y entrega

I = Nivel de inventario actual (incluye las unidades pedidas)

Formula a esta reserva como (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009):

$$\text{Reserva de Seguridad} = Z\sigma_{T+L}$$

Y por otra parte, la cantidad óptima a ordenar estará calculada por:

$$\text{Cantidad de Pedido} = \frac{\text{Demanda promedio durante el periodo vulnerable}}{\text{Reserva de Seguridad}} + \text{Existencias disponibles} - \text{(más el pedido en caso de haber alguno)}$$

$$q = \bar{d}(T + L) + Z\sigma_{T+L} - I$$

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T+L} \sigma^2 d_i}$$

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(T + L)\sigma_d^2} \quad \text{ó} \quad \sigma_{T+L} = \sqrt{(T + L)} * \sigma_D$$

### 2.5.11 MODELO DE INVENTARIO DE PERIODO ÚNICO

El modelo de inventario de periodo único se aplica para ítems en circunstancias en las que colocar un único pedido sea eficiente; en donde el planificador decidirá, basado en información estadística e histórica, cuantas unidades requerir; conociendo que al finalizar el periodo el SKU pudo haberse consumido totalmente o el remanente pudiera venderse a un valor de salvamento determinado; este sistema es útil para ser aplicado con artículos de temporada o de estacionalidades minúsculas (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009).

Considerando los datos:

$C_o$  = Costo por unidad de la demanda sobrestimada.

$C_u$  = Costo por unidad de la demanda subestimada.

$P$  = Probabilidad de que no se vendan las unidades

$\mu$  = Promedio de la población

$Z = Z_p$  = Valor  $Z$  de la distribución normal

$\sigma$  = Desviación estándar

Este modelo determina que el inventario debe ser incrementado hasta que la probabilidad de no vender o consumir lo que se ordena sea igual o menor que el coeficiente  $C_u/(C_o + C_u)$ , es decir:

$$P \leq \frac{C_u}{C_o + C_u}$$

Por otra parte, la siguiente formula se emplea para determinar las unidades a ordenar:

$$Q^* = \mu + Z(\sigma)$$

## **2.5.12 PLANIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES MRP**

El modelo de planificación de requerimiento de materiales, o MRP debido a sus siglas en inglés Materials Requirements Planning es un sistema que se utiliza para planificar materiales y controlar el inventario y la producción; constituye un elemento clave para el control ya que ayuda a la empresa a mantener un control eficiente de la producción con el objetivo de entregar a tiempo los productos a sus clientes, además de establecer un ordenamiento en el accionar de la compañía y administrar las necesidades de los recursos para cumplir con los plazos de entrega. Los tres objetivos fundamentales del MRP son: tener siempre inventario optimo, reducir el nivel de riesgo del inventario y planificar de forma anticipada.

Para que un MRP garantice la eficiencia de su programación, será necesario definir algunas variables tales como SKU de producción, características del SKU, cantidades necesarias de suministros para la fabricación de dicho SKU y los tiempos de producción y espera. Este modelo predice en los diferentes puntos del tiempo los insumos y suministros que requiere el equipo de producción, tanto en cantidad, tiempo y tipo.

Una de las ventajas del MRP es que mejora la eficiencia del proceso de producción, para que este resulte de fluidez sencilla y permita la optimización de costos, además ayuda a mantener controlados los inventarios y permite también minimizar aquellos gastos superfluos de la operación.

Para la ejecución de una planificación de requerimiento de materiales es necesario considerar 3 elementos que se desglosan a continuación

✓ **Plan Maestro de Producción o Master Production Shedule (MPS)**

Muestra las necesidades en tiempo y cantidad del producto final o con una demanda considerada independiente.

✓ **Lista de Materiales o Bill of Materials (BOM)**

Especifica el número de materia prima o componentes necesarios para lograr una unidad de producto final, así como la composición de dicho producto.

✓ **Registro de Inventario o Inventory Record File (IRF)**

Es un registro que almacena la información del stock utilizable y el lead time asociado a cada producto necesario para la construcción del MRP.

El procedimiento empleado para desarrollar la planificación de requerimiento de materiales incluye una política de pedido lote a lote, dicho de otra forma, se piden unidades de manera exacta cada que estas se necesitan; a diferencia de los modelos estocásticos que incluyen en su formulación una probabilidad de ocurrencia de dichas necesidades (demanda). La alternativa propuesta por el MRP, sin embargo, no garantiza los mejores costos en la planificación, más aún cuando el costo de ordenar es relativamente superior al costo de conservar o almacenar inventario.

## **2.6 SOFTWARE DE OPTIMIZACIÓN**

El uso de sistemas de información en las diferentes etapas que conforman un proceso dentro de la organización ha contribuido para un exponencial incremento en el grado de optimización de los recursos financieros y humanos. Diferentes sectores de la economía, principalmente el industrial, han encontrado en la tecnología un aliado, esta es una de las razones por las que la aplicación de softwares o tecnologías de optimización se ha tornado frecuente entre aquellas empresas que mantienen una cultura basada en la optimización de sus procesos logísticos para la creación de beneficios o utilidades como base principal de su existencia.

### **2.6.1 SISTEMA GENERAL DE MODELAJE ALGEBRAICO GAMS**

GAMS, es un software de elevado nivel que permite un modelado de programación matemática y optimización. Recolecta lenguaje con algoritmos de solución integrados y de rendimiento preponderante. Es un programa, cuyo diseño se basa en la aplicación de modelado a gran escala, que admite la construcción de complejos modelos que de manera fácil pueden adaptarse a situaciones nuevas. GAMS es un software diseñado para modelar y optimizar principalmente problemas lineales, no lineales y mixtos.

Su lenguaje de programación resulta equivalente a los lenguajes de programación común, por tal su utilización resulta poco compleja. Dentro del software, a partir de técnicas de descomposición, se construyen algoritmos complejos a través de la combinación equilibrada de elementos de declaración y de procedimiento; esto resulta útil para modelos que buscan representar problemas poco usuales y que generalmente incorporan problemas de rendimiento. Para el uso de este software es necesaria una licencia de uso, pero existe además la versión académica en la que, cierta cantidad limitada de datos y variable, es posible procesar (GAMS Development Corp, 2021).

Este software permite diseñar problemas de optimización en lenguaje algebraico, permite obtener resultados para el análisis y procesamiento, más sin embargo no resuelve el problema de optimización, sino que, en su lugar utiliza los denominados

solucionadores o SOLVERS que están conectados e incluidos en GAMS. Todos los SOLVERS están incluidos en el módulo de GAMS, sin embargo, algunos de estos requieren de alguna licencia comercial para ser utilizados. Entre algunos SOLVERS que se pueden encontrar en este software destacan: CPLEX, NLPEC, GUROBI 9, SBB, XPRESS, entre otros.

# CAPÍTULO 3

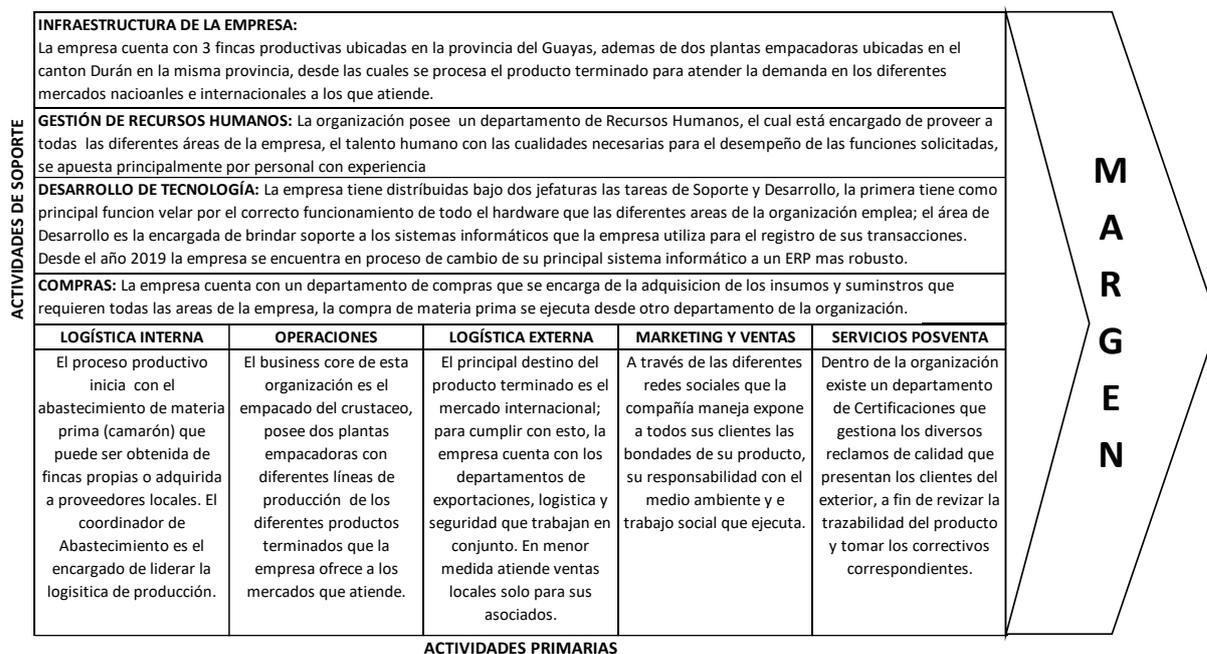
## 3. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO

### 3.1 CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA ESTUDIADA

La organización que se analiza en este trabajo es una organización de tipo industrial, que cumple con procesos de cultivo de camarón dentro de sus fincas productivas para luego empacar y congelar dicho producto y destinarlo para la venta a los mercados internacionales principalmente.

Desde el 2018 la empresa ha estado inmersa en el proceso de cambio de su sistema de información, se espera que el nuevo ERP agilice los procesos transaccionales y brinde la certeza de la información procesada permitiendo un análisis efectivo al tomar decisiones, se estima que el nuevo software inicie su fase final de implementación dentro del primer trimestre del año 2022. De forma gráfica se encuentra la cadena de valor de esta empresa en la Figura 3.1

**Figura 3.1 Cadena de valor de la empresa estudiada**



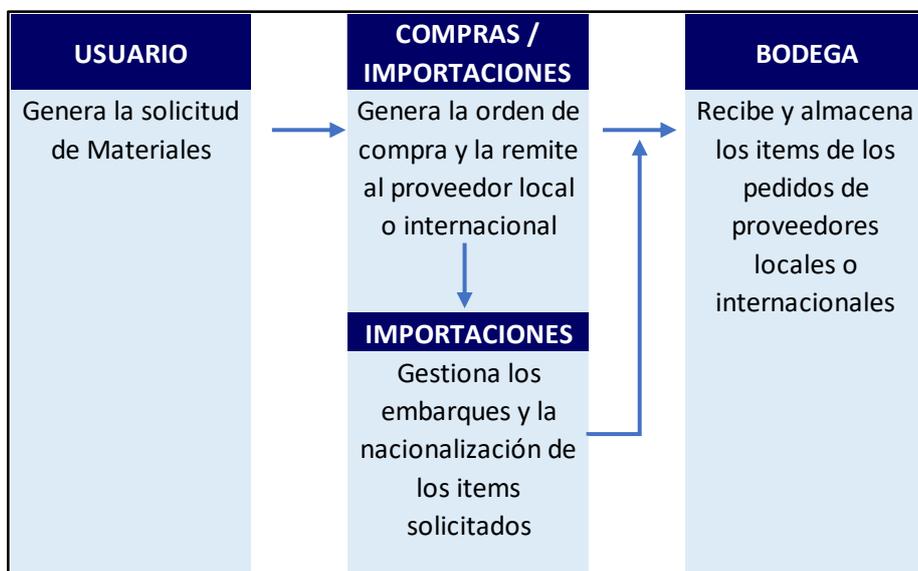
**Fuente: Autor**

### 3.2 CADENA DE SUMINISTRO DE LA EMPRESA ESTUDIADA

Dentro de la compañía en estudio, es inexistente un área departamental bajo un nombre que haga referencia a la cadena de suministro con una sola línea de reporte directo cuyo foco sea el suministro de la organización, por el contrario, las funciones que atañan a la cadena de suministros son ejecutadas por los departamentos de compras, importaciones y bodega como áreas independientes reportando todas a la gerencia financiera de la empresa. Cada una de las áreas que intervienen mantienen manuales de procedimientos independientes para cada departamento en lugar de un solo manual que integre las funciones de la cadena de suministro de la organización.

El departamento de compras es el encargado de planificar y procesar las adquisiciones, a excepción de la materia prima, de todos insumos, suministros y refacciones que las diferentes áreas de la organización demandan para su correcto funcionamiento, la competencia de este departamento inicia desde que la solicitud de materiales por parte del solicitante o usuario es generada, hasta que el SKU de requisición es adquirido local o internacionalmente, almacenado y asentado en los registros del sistema de inventario como disponible para el consumo. En la Figura 3.2 se puede observar de manera gráfica el flujo del proceso mencionado.

**Figura 3.2 Proceso de aprovisionamiento de insumos, suministros y refacciones**



**Fuente: Autor**

### **3.2.1 GESTIÓN DE PLANIFICACIÓN Y COMPRAS**

En este punto se estudia de manera conjunta las funciones de planificación y compras de insumos, suministros y refacciones, ya que estas competencias recaen sobre el departamento de compras de la empresa. Este departamento está conformado por cuatro integrantes, entre los que figuran tres compradores y un jefe departamental, siendo este último quien posee la responsabilidad de la gestión de planificación, pues tiene la misión de garantizar el cumplimiento de los niveles de stock mínimos y la reposición de los inventarios, además de las funciones naturales de compras como revisión de pedidos, negociación directa con proveedores locales y la confección de órdenes de pedido o compra.

Existen pedidos que se crean una vez que el equipo de compras ha recibido la solicitud de materiales por parte del usuario y ha validado que los ítems incluidos en dicha solicitud no cuenten con stock disponible en alguna de las diferentes bodegas con las que cuentan la empresa.

Existen otros tipos de pedidos de suministros que no precisan contar con una solicitud de materiales por parte de un usuario, sino que, por el contrario; son ejecutados por cantidades determinadas por el juicio experto del jefe de compras que se fundamenta, de manera no técnica, en la rotación y la frecuencia de compra.

La selección de los ítems que merecen esta atención por parte del líder de compras no responde a una evaluación o clasificación técnica, sino por el contrario son todos aquellos suministros que este líder ha logrado identificar, a lo largo de los años, como importantes y de alta rotación. Para la configuración de las unidades de pedido, este actor del departamento de compras realiza revisiones periódicas y en cada una de estas, toma como base la información de consumos de periodos mensuales anteriores para luego estimar una media y multiplicar dicho valor por el número de periodos (meses) que se desea cubrir. La periodicidad de la revisión no ha sido configurada para ninguno de los ítems pedidos bajo este esquema, tampoco los meses de cobertura de cada revisión, ni un proveedor por defecto al que se le deba emitir la orden de pedido. Para la ejecución del análisis descrito en este párrafo, el responsable de esta tarea utiliza la información obtenida del sistema informático de la organización y herramientas de ofimática como Microsoft Excel.

La ejecución de la planificación y compra del material del empaque que emplea la organización para su proceso productivo, no difiere de las prácticas mencionadas en los párrafos anteriores; por una parte existen requisiciones puntuales de un determinado material de empaque (caja de cartón principalmente) elevadas por un usuario del equipo de ventas y que serán adquiridas de manera reactiva por el equipo de compras, y por otra parte existe un grupo de estos ítems cuya rotación ha sido identificada de igual manera en base a la experiencia del departamento de compras y son adquiridas para cubrir las necesidades estimadas de periodos mensuales futuros a la fecha de la revisión.

El sistema de información que emplea la compañía no cuenta con un módulo que permita ejecutar una planificación analítica de las compras de materiales, razón por la que el análisis para determinar la cantidad de cada pedido es ejecutado a través de herramientas de Microsoft Office, la empresa espera acceder a una herramienta más robusta para la preparación de pedidos con la implementación de su nuevo ERP que tiene previsto iniciar en su fase de implementación durante el primer trimestre de 2022, tal como se mencionó en el apartado 3.1.

### **3.2.2 GESTIÓN DE PROVEEDORES**

La empresa en análisis ejecuta su abastecimiento de suministros, insumos y refacciones soportando su gestión en varios proveedores tanto nacionales como internacionales, por lo que resulta complejo estudiar de forma generalizada acerca de las condiciones de la negociación de la compañía con su universo de proveedores.

Dentro del grupo de ítems pertenecientes a la familia de Material de empaque son proveedores locales los que han logrado atender y satisfacer las necesidades de la organización y como se mencionó en el párrafo anterior las condiciones de compra-venta varían de un proveedor a otro; criterios como condiciones de pago, tiempos de espera y condiciones de entrega deben ser analizados por cada proveedor que suministra este tipo de insumos a la compañía.

**Tabla 3.1 Compras en dólares a proveedores de material de empaque de enero a noviembre de 2021**

Proveedor	Compras en dólares	Participación
PROVEEDOR 1	\$ 3,419,652.76	31%
PROVEEDOR 2	\$ 2,241,041.90	20%
PROVEEDOR 3	\$ 1,474,463.29	13%
PROVEEDOR 4	\$ 1,430,407.20	13%
PROVEEDOR 5	\$ 802,218.36	7%
PROVEEDOR 6	\$ 392,537.09	4%
PROVEEDOR 7	\$ 348,172.50	3%
LOS DEMÁS	\$ 1,001,223.00	9%
<b>SUMAN</b>	<b>\$ 11,109,716.10</b>	<b>100%</b>

**Fuente: Autor**

En la Tabla 3.1 se pueden observar las compras en dólares de material de empaque realizadas por la empresa a los diferentes proveedores durante el periodo de enero a noviembre de 2021 así como su correspondiente porcentaje de participación por suplidor, siendo el PROVEEDOR 1 (mencionado así por asuntos de confidencialidad de la empresa) quien cuenta con mayor participación en las compras de la organización, y a quien se debe brindar un tratamiento diferenciado dentro del análisis de los proveedores.

Esta primera segmentación servirá como instrumento para la toma de decisiones por parte del actor encargado de planificación y compras, inherentes hacia qué suplidor direccionar en mayor medida sus recursos para una gestión efectiva de proveedores que permita el abastecimiento ininterrumpido del suministro que proporciona a la organización.

Este proveedor ha atendido ordenes de la organización en estudio desde el año 2008, y a decir del comprador que gestiona las órdenes a este proveedor, jamás se han presentado inconvenientes de calidad con los ítems suministrados. No existe algún contrato de exclusividad con este proveedor, tampoco otro para la atención de un determinado número de unidades, sino que al igual que el resto de proveedores de insumos, se colocan ordenes por ítems dependiendo de los requerimientos de compra de la organización.

Algunas de las condiciones de entrega que, a diciembre 2021, este proveedor ofrece a la organización en estudio son:

- ✓ Lugar de entrega: Bodega del comprador
- ✓ Tiempo de entrega: Una semana
- ✓ Condiciones de pago: 90 días desde la fecha de la factura
- ✓ Días de despacho: Sin restricción

### **3.2.3 GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO**

La empresa que se estudia cuenta con varias bodegas propias en las diferentes locaciones donde ejecuta sus operaciones, y alquiladas en puntos estratégicos para el abastecimiento de los insumos; cada una de estas bodegas almacenan diferentes tipos de suministros. El equipo de almacenamiento está liderado por un gerente de bodegas, un jefe de bodega, siete supervisores y un número variable de bodegueros entre personal fijo y eventual dependiendo de las operaciones de los almacenes.

La bodega de material de empaque está conformada por un supervisor de bodega y quince bodegueros; está localizada en una de las plantas empacadoras que posee la organización y tiene como función principal el acopio del material de empaque y demás labores que se desagregan de esta función tales como la recepción del material, disposición de los ítems en el espacio físico designado para este fin, despacho de pedidos a la línea de producción, toma de inventario físico, prescindir del material en mal estado, entre otras.

Analizando el proceso actual en estudio, dentro de la cadena de suministro, la competencia del equipo de bodega de material de empaque inicia al recibir los ítems de parte del transportista designado por el proveedor que atiende el pedido, para posterior revisión, ubicación e ingreso al sistema de inventarios.

Debido a las diferentes certificaciones de calidad de producto y de proceso con los que cuenta la empresa, el área de bodega de material de empaque es sujeta a diferentes auditorías periódicas a lo largo de cada periodo fiscal, auditorías que a la actualidad han resultado con calificaciones favorables; no obstante durante los tres primeros trimestres de 2021, el equipo de producción de la compañía ha realizado

observaciones de no conformidades tales como: ítems de rotación sin stock, y elevados tiempos de respuesta en los despachos. Respecto a las políticas de almacenamiento, el supervisor del mencionado almacén menciona la inexistencia de un documento que contenga tales declaraciones.

### **3.2.4 PROBLEMAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO**

En numerales anteriores se ha mencionado que, dentro de la organización en estudio, no existe un departamento o área con una denominación que englobe el concepto y el deber ser de la cadena de suministro, más sin embargo las funciones que corresponden a esta recaen, de manera tácita e independiente sobre los departamentos de compras, importaciones y bodega, siendo el primero el encargado de la planificación de la demanda.

Debido a la inexistencia de esta área integrada, es de fácil acceso notar la carencia de indicadores de gestión que brinden de manera objetiva un informe detallado de la gestión realizada por la áreas que ejecutan las funciones de suministro3.3 de manera independiente; durante el desarrollo del apartado 3.3 se expondrán algunos indicadores de gestión cuantificados por el autor de este proyecto, sin embargo es oportuno mencionar algunos de los problemas que los clientes internos han mencionado percibir respecto a la gestión de abastecimiento de material de empaque de la empresa:

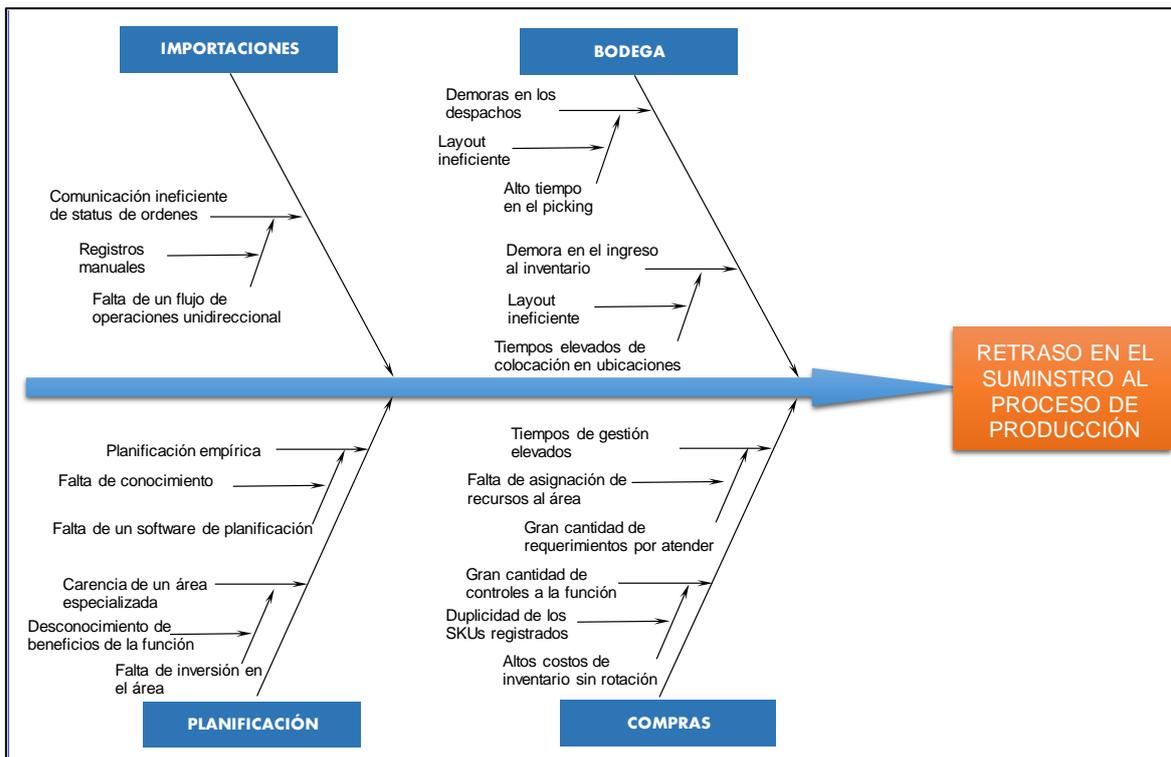
1. Elevado nivel de inventario de material de empaque sin rotación
2. Tiempos de espera (lead time) altos
3. Tiempos de espera de despachos altos
4. Planificación con errores frecuentes debido a la falta de un software
5. Limitación de acceso a la información de interés

Los inconvenientes antes citados son aquellos que de manera general los usuarios han logrado identificar a simple inspección, aun así, detrás de estos problemas existen causas que durante el desarrollo del trabajo actual se buscarán identificar y desagregar a fin de que sirvan como instrumento de análisis para encontrar una solución integral y cuyo alcance contenga el principal problema que será declarado por el autor en base a la información recopilada.

### 3.2.5 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Este diagrama, creación del señor Karou Ishikawa, constituye una herramienta para el control de la calidad, este instrumento de análisis será aplicado a los departamentos que ejecutan tareas de la cadena de suministro dentro de la empresa estudiada para analizarla desde sus principales ejes y determinar el problema principal que aqueja esta función de la organización en estudio, que se declara como “Retraso en el suministro al proceso de producción”; en este diagrama se observarán los problemas mencionados en el apartado 3.2.4 y las causas identificadas para estos.

**Figura 3.3 Diagrama de Ishikawa**



**Fuente: Autor**

El objetivo de confeccionar este diagrama reside en brindar una visión ampliada de las principales causas que afectan al problema principal declarado, así también como las situaciones que alimentan dichas causas, para con esto facilitar la búsqueda de soluciones efectivas, que apoyen a la optimización de los procesos y que a su vez permitan minimizar o solventar la problemática identificada. El desarrollo de este trabajo se centrará en solventar los problemas declarados en la ramificación de PLANIFICACION mostrada en la Figura 3.3.

### 3.3 INDICADORES DE GESTIÓN Y POLÍTICAS DE INVENTARIO

Como ya se había mencionado en apartados anteriores, la empresa estudiada no cuenta con indicadores de gestión que permitan entender de forma objetiva la situación de las áreas que ejecutan las funciones de la cadena de suministro, por lo que, basado en la información conseguida del ERP en los apartados siguientes se presentarán indicadores confeccionados por el autor.

#### 3.3.1 CLASIFICACIÓN ABC

Los ítems con los que se transaccionan dentro de la empresa en estudio no cuentan con una clasificación ABC, por lo que a fin de poder analizar este indicador el autor del presente trabajo ha confeccionado el mismo a partir de la información obtenido del ERP de la organización, es oportuno mencionar que la clasificación ABC se realiza por cada categoría o familia de productos, en base al costo total de la demanda de ítems para el periodo 2021, para la clasificación se emplea el criterio de Pareto, en donde todos aquellos ítems que representen un monto total menor o igual al 80% acumulado serán identificados como A, entre 81% y 90% como B y a partir del 91% acumulado serán reconocidos como C. En la Tabla 3.2 se muestran los cinco principales ítems de la familia material de empaque con clasificación A.

**Tabla 3.2 Principales ítems de material de empaque con clasificación A**

SKU	Producto	Costo Demanda	%	% Acumulado	ABC
5020329	FONDO PLÁSTICO 266 X 166 X 82	\$1,424,088.25	8%	8%	A
5010289	MASTER SALMUERA S/I 6 X 2KG	\$ 808,249.50	4%	12%	A
5010096	MASTER SALMUERA 20 KG	\$ 725,836.86	4%	16%	A
5020383	TAPA S/I 2 KILOS SALMUERA	\$ 715,666.32	4%	20%	A
5020304	CAJA VAN CHINO 1,4KG 6 ESQ	\$ 693,371.52	4%	24%	A
	<b>DEMANDA TOTAL FAMILIA</b>	\$18,354,333.78			

**Fuente: Autor**

Los cinco productos presentados en la mencionada tabla fueron expuestos al líder de compras de la empresa, a fin de solicitar la selección de uno de estos para el desarrollo de una propuesta de optimización, dicho actor inclinó su decisión por el tercer ítem de la lista, el SKU 5010096, debido a su percepción de que el mismo constituye un producto de mayor impacto por su alto costo unitario de compra en comparación con los otros cuatro de la lista, por lo que en adelante el desarrollo de del presente trabajo se centrará en el SKU escogido por el líder de compras.

Para complementar el principio de Pareto, dentro de la misma familia de productos se analiza el número de ítems por categoría, obteniendo que, de un total de 466 artículos, 41 conforman la categoría A, 28 ítems son considerados como B y 397 SKU's son calificados como C. En la Tabla 3.3 se muestra de forma resumida los datos obtenidos.

**Tabla 3.3 Número de ítems de material de empaque**

Categoría	No. de ítems	%
A	41	9%
B	28	6%
C	397	85%
<b>Suman</b>	466	

*Fuente: Autor*

### 3.3.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Una vez definido en el punto 3.3.1 que el ítem de categoría A seleccionado para el desarrollo del presente trabajo es el 5010096, se procede a realizar un análisis de la demanda del mismo para el periodo enero a diciembre 2021; debido a que el lead time de los proveedores para este tipo de productos es corto, se realiza un análisis considerando frecuencias semanales. En la Tabla 3.4 se exponen los datos obtenidos del ERP de la empresa, organizados de manera semanal y la fecha de inicio de cada semana.

**Tabla 3.4 Demanda semanal del SKU 5010096 del periodo 2021**

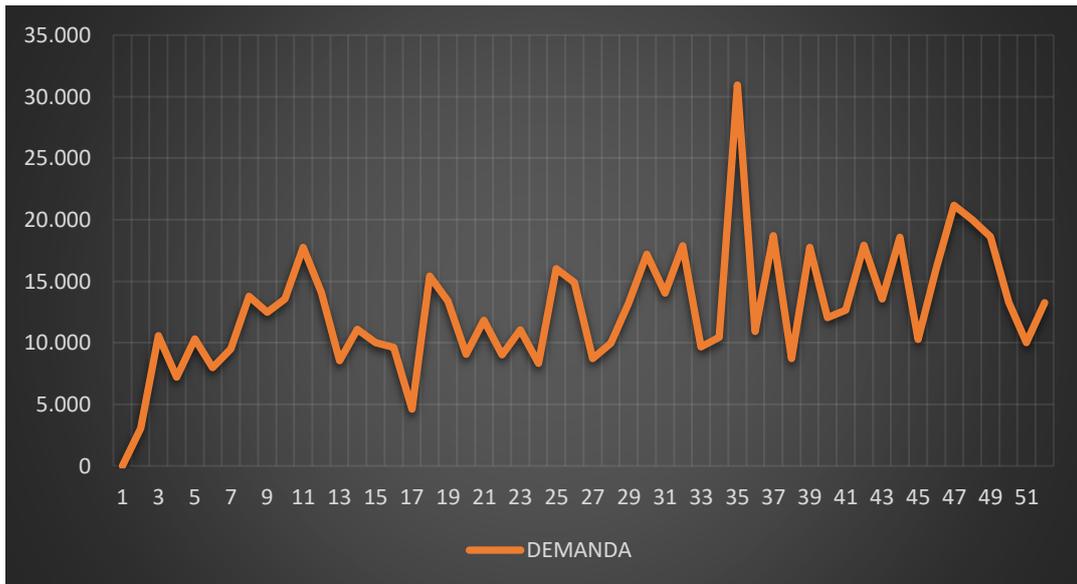
INICIO SEMANA	SEMANA	DEMANDA
01/01/21	1	0
11/01/21	2	3,065
18/01/21	3	10,565
25/01/21	4	7,214
01/02/21	5	10,300
08/02/21	6	7,988
15/02/21	7	9,520
22/02/21	8	13,777
01/03/21	9	12,482
08/03/21	10	13,570
15/03/21	11	17,765
22/03/21	12	14,089
29/03/21	13	8,535
05/04/21	14	11,111

12/04/21	15	10,010
19/04/21	16	9,637
26/04/21	17	4,627
03/05/21	18	15,419
10/05/21	19	13,382
17/05/21	20	9,086
24/05/21	21	11,850
31/05/21	22	9,037
07/06/21	23	11,070
14/06/21	24	8,340
21/06/21	25	16,037
28/06/21	26	14,918
05/07/21	27	8,739
12/07/21	28	9,973
19/07/21	29	13,235
26/07/21	30	17,178
02/08/21	31	14,059
09/08/21	32	17,865
16/08/21	33	9,660
23/08/21	34	10,440
30/08/21	35	30,944
06/09/21	36	10,941
13/09/21	37	18,705
20/09/21	38	8,740
27/09/21	39	17,735
04/10/21	40	12,033
11/10/21	41	12,639
18/10/21	42	17,947
25/10/21	43	13,572
01/11/21	44	18,589
08/11/21	45	10,268
15/11/21	46	16,081
22/11/21	47	21,153
29/11/21	48	19,991
06/12/21	49	18,609
13/12/21	50	13,286
20/12/21	51	10,007
27/12/21	52	13,262

**Fuente: ERP de la organización estudiada**

Una vez obtenidos los datos, resulta necesario elaborar un diagrama de línea que brinde una visión ampliada de la demanda a lo largo del periodo estudiado y brinde también un enfoque general de su comportamiento

**Figura 3.4 Demanda por semana de SKU 5010096 de año 2021**



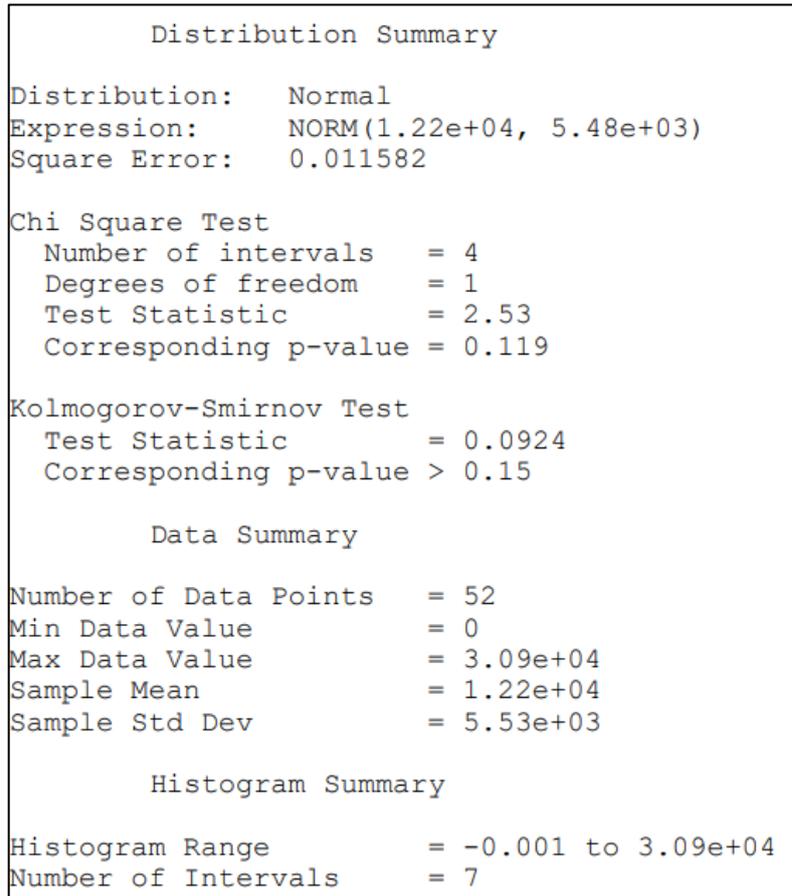
**Fuente: Autor**

En la Figura 3.4 es posible apreciar el comportamiento de la demanda del ítem seleccionado, con alzas y bajas entre los puntos de frecuencia y un marcado pico en la semana 35.

Si bien es cierto, la Figura 3.4 ofrece una visión macro del comportamiento de la demanda durante un periodo fiscal, será de imperioso analizar el tipo de distribución que sigue la misma previo a la elección de algún modelo de planificación de compras o inventarios que contribuya a la optimización de las operaciones.

Considerando lo mencionado en el apartado 2.4.4 respecto de la prueba de bondad de ajuste, a través de la utilización de la herramienta Input Analyzer del software Arena se obtiene el análisis estadístico de los datos de la demanda, misma que proyectó los resultados presentados en Figura 3.5 y de los cuales se puede destacar que la distribución a la que de mejor forma se ajustan los datos estudiados es la distribución normal con un valor estadístico de Ji-cuadrado de 0.119.

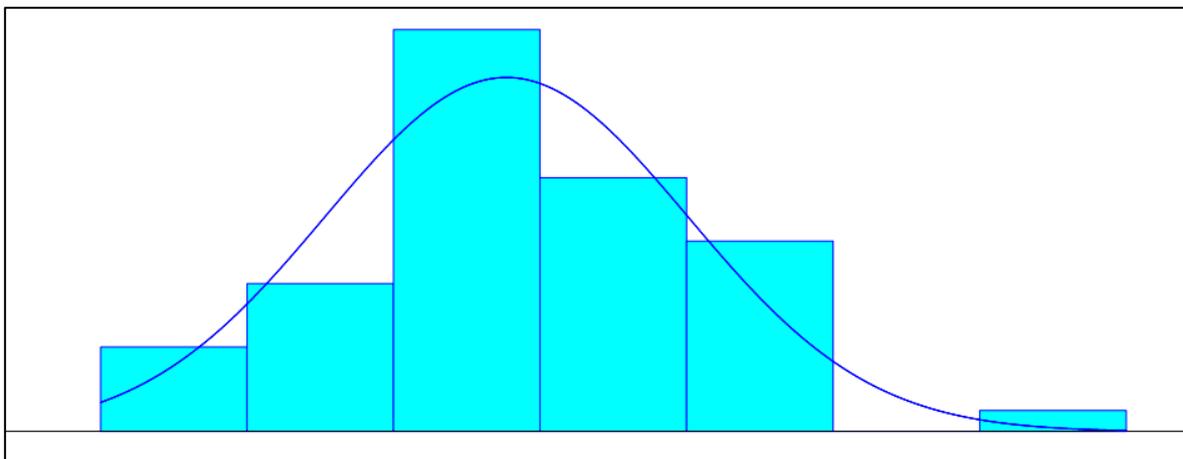
**Figura 3.5 Resultados de Input Analyzer de la demanda del SKU 5010096**



**Fuente: Autor**

En la Figura 3.6, obtenida también de la herramienta Input Analyzer se puede observar igualmente de manera gráfica la adhesión de los datos a esta distribución estadística.

**Figura 3.6 Prueba de bondad de ajuste del ítem 5010096**



**Fuente: Autor**

### 3.3.3 SALDOS EN INVENTARIO

Para la evaluación de la política de inventarios, conocer las existencias con los que cuenta la empresa es otro de los puntos clave, debido a que estas representan uno de los rubros principales que incrementan los costos del inventario, estos costos de las existencias son considerados también dentro de los análisis que a nivel administrativo se realizan para comprobar la salud financiera de la organización. En la Tabla 3.5 se presentan las existencias del SKU analizado durante el periodo de evaluación, en la que se visualiza que la mayor cantidad de inventario se concentra hacia el final de dicho período.

**Tabla 3.5 Inventario inicial por semana del SKU 5010096 del año 2021**

INICIO SEMANA	SEMANA	SALDOS
01/01/21	1	7,700
11/01/21	2	5,820
18/01/21	3	7,412
25/01/21	4	8,715
01/02/21	5	7,845
08/02/21	6	9,397
15/02/21	7	8,660
22/02/21	8	6,569
01/03/21	9	8,120
08/03/21	10	9,530
15/03/21	11	8,469
22/03/21	12	8,270
29/03/21	13	8,511
05/04/21	14	7,726
12/04/21	15	8,276
19/04/21	16	12,332
26/04/21	17	13,750
03/05/21	18	8,441
10/05/21	19	10,885
17/05/21	20	8,820
24/05/21	21	8,565
31/05/21	22	8,754
07/06/21	23	7,410
14/06/21	24	9,000
21/06/21	25	7,004
28/06/21	26	7,342
05/07/21	27	7,595
12/07/21	28	8,775
19/07/21	29	6,863

26/07/21	30	14,349
02/08/21	31	10,969
09/08/21	32	8,275
16/08/21	33	7,650
23/08/21	34	9,095
30/08/21	35	9,701
06/09/21	36	13,778
13/09/21	37	8,985
20/09/21	38	15,265
27/09/21	39	9,854
04/10/21	40	18,009
11/10/21	41	14,893
18/10/21	42	37,603
25/10/21	43	9,105
01/11/21	44	9,925
08/11/21	45	8,825
15/11/21	46	8,142
22/11/21	47	15,215
29/11/21	48	15,750
06/12/21	49	2,640
13/12/21	50	13,757
20/12/21	51	91,517
27/12/21	52	80,695

**Fuente: ERP de la organización estudiada**

### 3.3.4 COSTOS ASOCIADOS AL INVENTARIO

Lo primero que se debe conocer cuando se estudia los costos asociados al inventario, es el costo unitario del ítem que se pretende analizar para su optimización; el ítem definido para el desarrollo del presente proyecto, el SKU 5010096, no ha presentado gran variación en su precio durante el último trimestre del año 2021, por lo que para efectos de este estudio se considerará el costo unitario de la última orden de compra, fijado en \$1.95.

Como se ha citado en apartados anteriores, la responsabilidad del suministro no recae sobre un área funcional con un líder a cargo, sino que por el contrario está distribuida entre diferentes áreas departamentales, lo que ha ocasionado que algunos de los costos relacionados al control del inventario no hayan sido cuantificados.

De forma general, el líder de compras ha mencionado que en base a su juicio experto se puede definir el costo de colocación de una orden de compra en \$15, valor que está compuesto por los rubros detallados en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6 Conformación del costo de colocar órdenes de compra**

Rubro	Valor
Costo por cotizar	\$ 4,50
Costo por planificar	\$ 5,00
Costo por impresión	\$ 0,50
Otros costos de compras	\$ 5,00
<b>Suman (A)</b>	<b>\$ 15,00</b>

**Fuente: Jefe de compras de la organización estudiada**

El costo de mantenimiento del inventario es otro rubro que no ha sido determinado por la organización, no obstante, para efectos del presente estudio se ha calculado la tasa de mantenimiento mensual del inventario. A partir de la información obtenida de los costos incurridos por la empresa para el mantenimiento del inventario y el valor monetario de los inventarios almacenados se ha podido fijar la tasa de mantenimiento del inventario  $i$  como se presenta en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7 Tasa de mantenimiento de inventario**

Rubro	Tasa
Tasa mensual de mantenimiento de inventario	2.2200 %
Tasa semanal de mantenimiento de inventario ( $i$ )	0.5513%

**Fuente: Autor**

### 3.3.5 CUANTIFICACIÓN DE LA POLÍTICA ACTUAL

Anterior a la elección de un determinado modelo de planificación, se torna útil comprender la situación actual cuantificada de la función de planificación ejecutada por el departamento de compras de la empresa, para que esta sirva como base para la comparación respecto a la aplicación de posibles modelos de inventarios y compras a seleccionar.

En la Tabla 3.10 se muestra el MRP con costos de política actual ejecutada en la empresa durante el periodo 2021, dando como resultado un costo de colocación y mantenimiento de inventario para el SKU en estudio por un total de \$ 7.796.

Los rubros que se muestran en la tabla de MRP, de manera específica, se explican a continuación:

- ✓ **Demanda:** Muestra los valores de la demanda del SKU en estudio, para cada periodo de tiempo.
- ✓ **Inventario inicial disponible:** Refleja las existencias iniciales de inventario del ítem analizado para cada semana.
- ✓ **Necesidades netas:** Constituyen las necesidades reales de abastecimiento de inventario teniendo en cuenta el stock disponible; se calcula:

$$\textit{Necesidades netas} = \textit{Demanda} - \textit{Inventario disponible}$$

- ✓ **Movimiento de inventario:** Muestra como un valor positivo las unidades receiptadas por pedidos ordenados en periodos anteriores y como un valor negativo aquellos ajustes de inventario por algún recuento.
- ✓ **Inventario Final:** Representa la cantidad del insumo estudiado al final de cada período analizado y luego de todas las transacciones ejecutadas, se transforma en inventario inicial para el inmediato siguiente periodo.
- ✓ **Colocación de orden:** Muestra el número de unidades requeridas al proveedor en cada periodo de tiempo.
- ✓ **Número de órdenes colocadas:** Representa el número de órdenes de compra colocadas por el ítem en estudio en cada periodo de tiempo.
- ✓ **Costo de adquirir:** Es el valor monetario total de las unidades solicitadas en la colocación de orden por cada periodo de tiempo.

- ✓ **Costo de mantener:** Muestra en unidades monetarias el costo por conservar o mantener inventario, en donde considerando:

***Costo de mantenimiento***

$$= \text{Tasa de mantenimiento } (i) \\ * \text{Costo esperado del artículo } (C)$$

Se calcula como:

***Costo de mantener***

$$= \text{Inventario inicial disponible} * \text{Costo de mantenimiento}$$

- ✓ **Costo de ordenar:** Representa las unidades monetarias incurridas para la colocación de las órdenes de compra en cada período, se calcula como:

$$\text{Costo de Colocar} = \text{No. de ordenes colocadas} * \text{Costo de colocación } (A)$$

- ✓ **Costo total:** Refleja la sumatoria del costo de adquirir, más el costo de mantener y más el costo de ordenar.

***Tabla 3.8 Resumen de costos de la política actual del SKU 5010096***

Rubro	Monto	Participación
Costo De Adquirir	\$1,466,429.25	99.47%
Costo de Mantener	\$7,316.18	0.50%
Costo de Ordenar	\$480.00	0.03%
Costo Total	\$1,474,225.43	100.00%

***Fuente: Autor***

***Tabla 3.9 Costos de mantener y ordenar de la política actual del SKU 5010096***

Rubro	Monto
Costo de Mantener	\$7,316.18
Costo de Ordenar	\$480.00
Costo Total	\$7,796.18

***Fuente: Autor***

**Tabla 3.10 MRP con costos de la política actual del SKU 5010096**

	Concepto	Demanda	Inventario Inicial Disponible	Necesidades Netas	Movimiento inventario	Inventario Final	Colocación de orden	Numero de Ordenes colocadas	Costo De Adquirir	Costo de Mantener	Costo de Ordenar	Costo Total
01/01/21	1	0	7,700	0	-1,880	5,820	4,657		\$9,081	\$83	\$0	\$9,164
11/01/21	2	3,065	5,820	0	4,657	7,412	11,868		\$23,143	\$63	\$0	\$23,205
18/01/21	3	10,565	7,412	3,153	11,868	8,715	6,344	1	\$12,371	\$80	\$15	\$12,465
25/01/21	4	7,214	8,715	0	6,344	7,845	11,852		\$23,111	\$94	\$0	\$23,205
01/02/21	5	10,300	7,845	2,455	11,852	9,397	7,251		\$14,139	\$84	\$0	\$14,224
08/02/21	6	7,988	9,397	0	7,251	8,660	7,429		\$14,487	\$101	\$0	\$14,588
15/02/21	7	9,520	8,660	860	7,429	6,569	15,328		\$29,890	\$93	\$0	\$29,983
22/02/21	8	13,777	6,569	7,208	15,328	8,120	13,892		\$27,089	\$71	\$0	\$27,160
01/03/21	9	12,482	8,120	4,362	13,892	9,530	12,509	2	\$24,393	\$87	\$30	\$24,510
08/03/21	10	13,570	9,530	4,040	12,509	8,469	17,566	1	\$34,254	\$102	\$15	\$34,371
15/03/21	11	17,765	8,469	9,296	17,566	8,270	14,330	1	\$27,944	\$91	\$15	\$28,050
22/03/21	12	14,089	8,270	5,819	14,330	8,511	7,750		\$15,113	\$89	\$0	\$15,201
29/03/21	13	8,535	8,511	24	7,750	7,726	11,661	1	\$22,739	\$91	\$15	\$22,845
05/04/21	14	11,111	7,726	3,385	11,661	8,276	14,066		\$27,429	\$83	\$0	\$27,512
12/04/21	15	10,010	8,276	1,734	14,066	12,332	11,055	1	\$21,557	\$89	\$15	\$21,661
19/04/21	16	9,637	12,332	0	11,055	13,750	0	1	\$0	\$133	\$15	\$148
26/04/21	17	4,627	13,750	0	-682	8,441	17,863		\$34,833	\$148	\$0	\$34,981
03/05/21	18	15,419	8,441	6,978	17,863	10,885	11,317		\$22,068	\$91	\$0	\$22,159
10/05/21	19	13,382	10,885	2,497	11,317	8,820	8,831		\$17,220	\$117	\$0	\$17,337
17/05/21	20	9,086	8,820	266	8,831	8,565	12,039	1	\$23,476	\$95	\$15	\$23,586
24/05/21	21	11,850	8,565	3,285	12,039	8,754	7,693		\$15,001	\$92	\$0	\$15,093
31/05/21	22	9,037	8,754	283	7,693	7,410	12,660	2	\$24,687	\$94	\$30	\$24,811
07/06/21	23	11,070	7,410	3,660	12,660	9,000	6,344	1	\$12,371	\$80	\$15	\$12,465
14/06/21	24	8,340	9,000	0	6,344	7,004	16,375		\$31,931	\$97	\$0	\$32,028
21/06/21	25	16,037	7,004	9,033	16,375	7,342	15,171	1	\$29,583	\$75	\$15	\$29,674
28/06/21	26	14,918	7,342	7,576	15,171	7,595	9,919		\$19,342	\$79	\$0	\$19,421
05/07/21	27	8,739	7,595	1,144	9,919	8,775	8,061		\$15,719	\$82	\$0	\$15,801
12/07/21	28	9,973	8,775	1,198	8,061	6,863	20,721		\$40,406	\$94	\$0	\$40,500
19/07/21	29	13,235	6,863	6,372	20,721	14,349	13,798	5	\$26,906	\$74	\$75	\$27,055
26/07/21	30	17,178	14,349	2,829	13,798	10,969	11,365		\$22,162	\$154	\$0	\$22,316
02/08/21	31	14,059	10,969	3,090	11,365	8,275	17,240	1	\$33,618	\$118	\$15	\$33,751
09/08/21	32	17,865	8,275	9,590	17,240	7,650	11,105		\$21,655	\$89	\$0	\$21,744
16/08/21	33	9,660	7,650	2,010	11,105	9,095	11,046		\$21,540	\$82	\$0	\$21,622



- ✓ **Demanda:** Presenta los datos de la demanda obtenidos del ERP de la organización en estudio.
- ✓ **Inventario inicial disponible:** Muestra las existencias iniciales de inventario del periodo 1, para los demás periodos los valores provienen de la simulación ejecutada.
- ✓ **Necesidades netas:** Constituyen las necesidades reales de abastecimiento de inventario teniendo en cuenta el stock disponible; se calcula:

$$\textit{Necesidades netas} = \textit{Demanda} - \textit{Inventario disponible}$$

- ✓ **Movimiento de inventario:** Presenta las unidades receiptadas por órdenes colocadas, según la planificación simulada, en periodos anteriores.
- ✓ **Inventario Final:** Representa la cantidad del insumo estudiado al final de cada período analizado según la simulación realizada y luego de todas las transacciones ejecutadas, se convierte en inventario inicial para el inmediato siguiente periodo.
- ✓ **Colocación de orden:** Muestra el número de unidades a requerir, según la aplicación del modelo planteado.
- ✓ **Número de órdenes colocadas:** Representa el número de órdenes de compra colocadas para cada periodo de tiempo según la aplicación del modelo planteado.

### **3.4.2 EVALUACIÓN DEL MODELO DE REVISIÓN CONTINUA CON STOCK DE SEGURIDAD**

Con el dato del inventario inicial de la primera semana del año 2021, representado como periodo 1, el dato de la demanda media semanal, el lead time declarado en el punto 3.2.2 (1 semana) y un nivel de servicio esperado igual al 95% se aplican las fórmulas declaradas en el punto 2.5.8 para lograr la cantidad óptima de pedido

$Q^*$ , así como el punto de reorden correspondiente  $R$  para el SKU estudiado bajo el modelo de revisión continua o EOQ probabilístico.

Una de las particularidades a considerar, para la aplicación de este modelo, es que en el análisis de la demanda presentado en el punto 3.3.2 se puede observar de manera gráfica en la Figura 3.4 que para el segundo semestre del periodo estudiado las últimas 26 semanas presentan una tendencia a la alza con valores que fluctúan en un rango superior al que se muestra para las primeras 26 semanas, por lo que para una mejor aplicación del modelo y sus fórmulas teóricas, se segmenta la simulación del mismo en dos semestres o periodos de 26 semanas cada uno, tomando el valor de la demanda media semanal  $U_D$  correspondiente para cada periodo de análisis. En la Tabla 3.11 se presentan los datos empleados y los valores obtenidos de la aplicación de este modelo para el SKU 5010096, objeto de este estudio.

**Tabla 3.11 Datos y valores obtenidos en la aplicación del modelo EOQ para el SKU 5010096**

Rubro	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
	SKU	SKU	
D	Demanda Anual (52 semanas)	659,045	659,045
$U_D$	Demanda media semanal (d)	10,515	14,833
$\alpha$	Nivel de Servicio Esperado	95%	95%
A	Costo de Colocación	\$ 15	\$ 15
h	Costo de Almacenar (semanal)	\$ 0.011	\$ 0.011
L	Lead time (tiempo de espera) en semanas	1	1
$\sigma_D$	Desviación Estándar de la Demanda	4,034	5,017
$\sigma_L$	Desviación St durante L $\sqrt{L} \cdot \sigma_D$	4,034	5,017
Z	Estadístico Z	1.645	1.645
$q^*$	Cantidad de pedido Optima	5,417	6,434
R	Punto de Reorden	17,150	23,085
UL	Demanda media durante Lead Time L.UD	10,515	14,833
S	Stock de Seguridad $Z \cdot \sigma_L$	6,635	8,253
T	Tiempo medio e/revisiones en semanas $Q/UD$	0.52	0.43
	No. de veces que stock llega a R en la semana	1.94	2.30

*Fuente: Autor*

Para un mejor entendimiento de los valores obtenidos del presente modelo se especifica a continuación el cálculo desarrollado para obtener la cantidad óptima de pedido para el primer semestre estudiado del periodo 2021:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DA}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2U_D A}{h}}$$

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2(10,515)(15)}{0,011}}$$

$$Q_{opt} = 5416,98 \approx 5,417$$

Así como su correspondiente punto de reorden:

$$R = U_D L + Z\sigma_L$$

$$R = 10,515(1) + 1.645(4,034)$$

$$R = 10,515 + 6,635.93$$

$$R = 17150,93 \approx 17,150$$

La aplicación de este modelo supone la colocación de 108 órdenes en un periodo de 52 semanas, además de quiebres de stock<sup>4</sup> en 8 semanas diferentes durante el mismo periodo de tiempo.

Al igual que en el punto 3.3.5, se presentan los costos asociados de mantener inventario y colocar ordenes que representan un total de \$4,453.71 (\$2,826.69 + \$1,627.03) para el SKU estudiado, valores que se muestran en el desglose de MRP presentado en la Tabla 3.12.

---

<sup>4</sup> Falta de inventario

**Tabla 3.12 MRP con costos del modelo EOQ del SKU 5010096**

	Demanda	Inventario Inicial Disponible	Necesidades Netas	Movimiento inventario	Inventario Final	Colocación de orden	Numero de Ordenes colocadas	Costo De Adquirir	Costo de Mantener	Costo de Ordenar	Costo Total	
01/01/21	1	0	7,700	0	0	7,700	10,515	2	\$20,504	\$83	\$29	\$20,616
11/01/21	2	3,065	7,700	0	10,515	15,150	10,515	2	\$20,504	\$83	\$29	\$20,616
18/01/21	3	10,565	15,150	0	10,515	15,100	10,515	2	\$20,504	\$163	\$29	\$20,696
25/01/21	4	7,214	15,100	0	10,515	18,401	0	0	\$0	\$162	\$0	\$162
01/02/21	5	10,300	18,401	0	0	8,101	10,515	2	\$20,504	\$198	\$29	\$20,731
08/02/21	6	7,988	8,101	0	10,515	10,628	10,515	2	\$20,504	\$87	\$29	\$20,620
15/02/21	7	9,520	10,628	0	10,515	11,623	10,515	2	\$20,504	\$114	\$29	\$20,648
22/02/21	8	13,777	11,623	2,154	10,515	8,361	10,515	2	\$20,504	\$125	\$29	\$20,658
01/03/21	9	12,482	8,361	4,121	10,515	6,394	10,515	2	\$20,504	\$90	\$29	\$20,623
08/03/21	10	13,570	6,394	7,176	10,515	3,339	10,515	2	\$20,504	\$69	\$29	\$20,602
15/03/21	11	17,765	3,339	14,426	10,515	-3,911	10,515	2	\$20,504	\$36	\$29	\$20,569
22/03/21	12	14,089	0	14,089	10,515	-3,574	10,515	2	\$20,504	\$0	\$29	\$20,533
29/03/21	13	8,535	0	8,535	10,515	1,980	10,515	2	\$20,504	\$0	\$29	\$20,533
05/04/21	14	11,111	1,980	9,131	10,515	1,384	10,515	2	\$20,504	\$21	\$29	\$20,555
12/04/21	15	10,010	1,384	8,626	10,515	1,889	10,515	2	\$20,504	\$15	\$29	\$20,548
19/04/21	16	9,637	1,889	7,748	10,515	2,767	10,515	2	\$20,504	\$20	\$29	\$20,554
26/04/21	17	4,627	2,767	1,860	10,515	8,655	10,515	2	\$20,504	\$30	\$29	\$20,563
03/05/21	18	15,419	8,655	6,764	10,515	3,751	10,515	2	\$20,504	\$93	\$29	\$20,626
10/05/21	19	13,382	3,751	9,631	10,515	884	10,515	2	\$20,504	\$40	\$29	\$20,574
17/05/21	20	9,086	884	8,202	10,515	2,313	10,515	2	\$20,504	\$10	\$29	\$20,543
24/05/21	21	11,850	2,313	9,537	10,515	978	10,515	2	\$20,504	\$25	\$29	\$20,558
31/05/21	22	9,037	978	8,059	10,515	2,456	10,515	2	\$20,504	\$11	\$29	\$20,544
07/06/21	23	11,070	2,456	8,614	10,515	1,901	10,515	2	\$20,504	\$26	\$29	\$20,560
14/06/21	24	8,340	1,901	6,439	10,515	4,076	10,515	2	\$20,504	\$20	\$29	\$20,554
21/06/21	25	16,037	4,076	11,961	10,515	-1,446	10,515	2	\$20,504	\$44	\$29	\$20,577
28/06/21	26	14,918	0	14,918	10,515	-4,403	10,515	2	\$20,504	\$0	\$29	\$20,533
05/07/21	27	8,739	0	8,739	10,515	1,776	14,833	2	\$28,924	\$0	\$35	\$28,959
12/07/21	28	9,973	1,776	8,197	14,833	6,636	14,833	2	\$28,924	\$19	\$35	\$28,978
19/07/21	29	13,235	6,636	6,599	14,833	8,234	14,833	2	\$28,924	\$71	\$35	\$29,030
26/07/21	30	17,178	8,234	8,944	14,833	5,889	14,833	2	\$28,924	\$89	\$35	\$29,047
02/08/21	31	14,059	5,889	8,170	14,833	6,663	14,833	2	\$28,924	\$63	\$35	\$29,022
09/08/21	32	17,865	6,663	11,202	14,833	3,631	14,833	2	\$28,924	\$72	\$35	\$29,031
16/08/21	33	9,660	3,631	6,029	14,833	8,804	14,833	2	\$28,924	\$39	\$35	\$28,998

23/08/21	34	10,440	8,804	1,636	14,833	13,197	14,833	2	\$28,924	\$95	\$35	\$29,054
30/08/21	35	30,944	13,197	17,747	14,833	-2,914	14,833	2	\$28,924	\$142	\$35	\$29,101
06/09/21	36	10,941	0	10,941	14,833	3,892	14,833	2	\$28,924	\$0	\$35	\$28,959
13/09/21	37	18,705	3,892	14,813	14,833	20	14,833	2	\$28,924	\$42	\$35	\$29,001
20/09/21	38	8,740	20	8,720	14,833	6,113	14,833	2	\$28,924	\$0	\$35	\$28,959
27/09/21	39	17,735	6,113	11,622	14,833	3,211	14,833	2	\$28,924	\$66	\$35	\$29,025
04/10/21	40	12,033	3,211	8,822	14,833	6,011	14,833	2	\$28,924	\$35	\$35	\$28,993
11/10/21	41	12,639	6,011	6,628	14,833	8,205	14,833	2	\$28,924	\$65	\$35	\$29,024
18/10/21	42	17,947	8,205	9,742	14,833	5,091	14,833	2	\$28,924	\$88	\$35	\$29,047
25/10/21	43	13,572	5,091	8,481	14,833	6,352	14,833	2	\$28,924	\$55	\$35	\$29,014
01/11/21	44	18,589	6,352	12,237	14,833	2,596	14,833	2	\$28,924	\$68	\$35	\$29,027
08/11/21	45	10,268	2,596	7,672	14,833	7,161	14,833	2	\$28,924	\$28	\$35	\$28,987
15/11/21	46	16,081	7,161	8,920	14,833	5,913	14,833	2	\$28,924	\$77	\$35	\$29,036
22/11/21	47	21,153	5,913	15,240	14,833	-407	14,833	2	\$28,924	\$64	\$35	\$29,022
29/11/21	48	19,991	0	19,991	14,833	-5,158	14,833	2	\$28,924	\$0	\$35	\$28,959
06/12/21	49	18,609	0	18,609	14,833	-3,776	14,833	2	\$28,924	\$0	\$35	\$28,959
13/12/21	50	13,286	0	13,286	14,833	1,547	14,833	2	\$28,924	\$0	\$35	\$28,959
20/12/21	51	10,007	1,547	8,460	14,833	6,373	14,833	2	\$28,924	\$17	\$35	\$28,976
27/12/21	52	13,262	6,373	6,889	14,833	7,944	14,833	2	\$28,924	\$69	\$35	\$29,027
<b>SUMAN</b>									\$1,264,639	\$2,826	\$1,627	\$1,269,092

*Fuente: Autor*

### 3.4.3 EVALUACIÓN DEL MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA CON STOCK DE SEGURIDAD

De igual forma que en el apartado anterior, con los datos del inventario inicial de la primera semana del año 2021, la demanda media semanal, el lead time declarado de 1 semana y un nivel de servicio esperado equivalente al 95% se utilizan las fórmulas presentadas en el punto 2.5.10 de esta investigación a fin de obtener las cantidades  $Q^*$  a pedir para el ítem en revisión bajo la aplicación del modelo de revisión periódica o FOP con stock de seguridad. Para que la evaluación resulte efectiva y considerando la unidad de tiempo en la que presenta la información tratada, los datos de análisis son expresados en la misma unidad, considerando así la demanda media semanal  $U_D$  y el lead time  $L$  equivalente a 1 unidad de tiempo, es decir una semana ó 7 días; para la evaluación del tiempo entre revisiones  $T$  se considera también una semana. En este modelo, el stock de seguridad está contenido en el cálculo de la cantidad a ordenar  $Q^*$ , también se precisa el nivel de servicio esperado en 95% tal como en la evaluación del modelo anterior.

En el modelo adicional a plantear revisiones de inventario T cada semana, se emplea el inventario inicial obtenido del ERP de la organización para el periodo 1, mientras que para los siguientes periodos se muestran los valores de inventarios obtenidos de la simulación.

**Tabla 3.13 Datos para la aplicación del modelo FOP para el SKU 50010096**

	Rubro	Valor
D	Demanda Anual (52 semanas)	659,045
U <sub>D</sub>	Demanda media semanal (d)	12,674
α	Nivel de Servicio Esperado	95%
A	Costo de Colocación	\$15
h	Costo de Almacenar (semanal)	\$ 0.011
L	Lead time (tiempo de espera) en semanas	1
T	Tiempo e/revisiones en semanas	1
σ <sub>D</sub>	Desviación Estándar de la Demanda	5,007
σ <sub>L+T</sub>	Desviación St durante L + T	7,080
Z	Estadístico Z	1.645
U <sub>L+T</sub>	Demanda media durante Lead Time L+T.UD	25348
S	Stock de Seguridad Z.σ <sub>L+T</sub>	11646
SR	Stock Requerido U <sub>L+T</sub> + S	36994

**Fuente: Autor**

En la Tabla 3.13 Datos para la aplicación del modelo FOP para el SKU 50010096Tabla 3.13 se muestran los valores obtenidos del ERP de la organización en estudio, así como los que han sido calculados por el autor para la ejecución del modelo. Con el objetivo de facilitar el entendimiento de la obtención de los valores en este modelo, se presenta el cálculo de la cantidad óptima de pedido para el SKU en estudio para el primer período de análisis a continuación:

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(T + L)} * \sigma_D$$

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(1 + 1)} * 5007$$

$$\sigma_{T+L} = 7,080$$

$$q = \bar{d}(T + L) + Z\sigma_{T+L} - I$$

$$q_1^* = 12,674(1 + 1) + Z(0,95) * (7,080) - 7,700$$

$$q_1^* = 25348 + (1,645)(7,080) - 7,700$$

$$q_1^* = 29,294.6 \approx q_1^* = 29,294$$

Una vez que se han obtenidos los valores de las cantidades a pedir del SKU estudiado para cada periodo de análisis (semana) se presenta el MRP de este ítem para un horizonte de 52 de semanas y sus respectivos costos de manteamiento y colocación de órdenes, (\$13,793.39 + \$645.00) mismos que ascienden a un total de \$ 14,438.39 valores que se presentan de manera sintetizada en la Tabla 3.14.

La aplicación de este modelo supone la colocación de 43 órdenes para periodo total de 52 semanas, reflejando 9 semanas en las que no se realizan ordenes, además presenta quiebre de stock únicamente en la semana 49.

**Tabla 3.14 MRP con costos del modelo FOP del SKU 5010096**

Concepto	Demanda	Inventario Inicial Disponible	Necesidades Netas	Movimiento inventario	Inventario Final	Colocación de orden	Numero de Ordenes colocadas	Costo De Adquirir	Costo de Mantener	Costo de Ordenar	Costo Total	
01/01/21	1	0	7,700	0	0	7,700	29,294	1	\$57,123	\$83	\$15	\$57,221
11/01/21	2	3,065	7,700	0	29,294	33,929	29,294	1	\$57,123	\$83	\$15	\$57,221
18/01/21	3	10,565	33,929	0	29,294	52,658	3,065	1	\$5,977	\$365	\$15	\$6,356
25/01/21	4	7,214	52,658	0	3,065	48,509	0	0	\$0	\$566	\$0	\$566
01/02/21	5	10,300	48,509	0	0	38,209	0	0	\$0	\$521	\$0	\$521
08/02/21	6	7,988	38,209	0	0	30,221	0	0	\$0	\$411	\$0	\$411
15/02/21	7	9,520	30,221	0	0	20,701	6,773	1	\$13,207	\$325	\$15	\$13,547
22/02/21	8	13,777	20,701	0	6,773	13,697	16,293	1	\$31,771	\$223	\$15	\$32,009
01/03/21	9	12,482	13,697	0	16,293	17,508	23,297	1	\$45,429	\$147	\$15	\$45,591
08/03/21	10	13,570	17,508	0	23,297	27,235	19,486	1	\$37,998	\$188	\$15	\$38,201
15/03/21	11	17,765	27,235	0	19,486	28,956	9,759	1	\$19,030	\$293	\$15	\$19,338
22/03/21	12	14,089	28,956	0	9,759	24,626	8,038	1	\$15,674	\$311	\$15	\$16,000
29/03/21	13	8,535	24,626	0	8,038	24,129	12,368	1	\$24,118	\$265	\$15	\$24,397
05/04/21	14	11,111	24,129	0	12,368	25,386	12,865	1	\$25,087	\$259	\$15	\$25,361
12/04/21	15	10,010	25,386	0	12,865	28,241	11,608	1	\$22,636	\$273	\$15	\$22,924
19/04/21	16	9,637	28,241	0	11,608	30,212	8,753	1	\$17,068	\$304	\$15	\$17,387
26/04/21	17	4,627	30,212	0	8,753	34,338	6,782	1	\$13,225	\$325	\$15	\$13,565
03/05/21	18	15,419	34,338	0	6,782	25,701	2,656	1	\$5,179	\$369	\$15	\$5,563



perspectiva de la aplicación de este, se propone en este apartado simular el mismo con los mismos datos utilizados en la evaluación presentada en el punto anterior, con la diferencia del tiempo  $t$  entre revisiones igual a 2 semanas.

Aplicada esta variación se presentan en la Tabla 3.15 los datos utilizados para la ejecución de la simulación, valores obtenidos del ERP de la organización y otros calculados por el autor.

**Tabla 3.15 Datos para la aplicación del modelo FOP con  $T$  modificado para el SKU 50010096**

	Rubro	Valor
<b>D</b>	<b>Demanda Anual (52 semanas)</b>	659,045
<b><math>U_D</math></b>	<b>Demanda media semanal (d)</b>	12,674
<b><math>\alpha</math></b>	<b>Nivel de Servicio Esperado</b>	95%
<b>A</b>	<b>Costo de Colocación</b>	\$15
<b>h</b>	<b>Costo de Almacenar (semanal)</b>	\$ 0.011
<b>L</b>	<b>Lead time (tiempo de espera) en semanas</b>	1
<b>T</b>	<b>Tiempo e/revisiones en semanas</b>	2
<b><math>\sigma_D</math></b>	<b>Desviación Estándar de la Demanda</b>	5,007
<b><math>\sigma_{L+T}</math></b>	<b>Desviación <math>\sigma</math> durante <math>L + T</math></b>	8,672
<b>Z</b>	<b>Estadístico Z</b>	2
<b><math>U_{L+T}</math></b>	<b>Demanda media durante Lead Time <math>L+T</math>.UD</b>	38,022
<b>S</b>	<b>Stock de Seguridad <math>Z \cdot \sigma_{L+T}</math></b>	14,264
<b>SR</b>	<b>Stock Requerido <math>U_{L+T} + S</math></b>	52,286

**Fuente: Autor**

Con los valores obtenidos de las cantidades a pedir del SKU estudiado para cada periodo de análisis (semana) se presenta el MRP de este ítem para un horizonte de 52 de semanas y sus respectivos costos de manteamiento y colocación de órdenes, (\$11,502.80 + \$390.00) mismos que ascienden a un total de \$ 11,892.80 valores que se presentan de manera sintetizada en la Tabla 3.16

La aplicación de este modelo supone la colocación de órdenes en todos los periodos de revisión, totalizando 26 órdenes para un periodo total de 52 semanas, reflejando además 26 semanas en las que no se colocan ordenes, además supone quiebres de stock en las semanas 37 y 49.

**Tabla 3.16 MRP con costos del modelo FOP con T modificada del SKU 5010096**

Concepto	Demanda	Inventario Inicial Disponible	Necesidades Netas	Movimiento inventario	Inventario Final	Colocación de orden	Numero de Ordenes colocadas	Costo De Adquirir	Costo de Mantener	Costo de Ordenar	Costo Total	
01/01/21	1	0	7,700	0	0	7,700	44,586	1	\$86,943	\$83	\$15	\$87,040
11/01/21	2	3,065	7,700	0	44,586	49,221	0	0	\$0	\$83	\$0	\$83
18/01/21	3	10,565	49,221	0	0	38,656	3,065	1	\$5,977	\$529	\$15	\$6,521
25/01/21	4	7,214	38,656	0	3,065	34,507	0	0	\$0	\$416	\$0	\$416
01/02/21	5	10,300	34,507	0	0	24,207	17,779	1	\$34,669	\$371	\$15	\$35,055
08/02/21	6	7,988	24,207	0	17,779	33,998	0	0	\$0	\$260	\$0	\$260
15/02/21	7	9,520	33,998	0	0	24,478	18,288	1	\$35,662	\$365	\$15	\$36,042
22/02/21	8	13,777	24,478	0	18,288	28,989	0	0	\$0	\$263	\$0	\$263
01/03/21	9	12,482	28,989	0	0	16,507	23,297	1	\$45,429	\$312	\$15	\$45,756
08/03/21	10	13,570	16,507	0	23,297	26,234	0	0	\$0	\$177	\$0	\$177
15/03/21	11	17,765	26,234	0	0	8,469	26,052	1	\$50,801	\$282	\$15	\$51,098
22/03/21	12	14,089	8,469	5,620	26,052	20,432	0	0	\$0	\$91	\$0	\$91
29/03/21	13	8,535	20,432	0	0	11,897	31,854	1	\$62,115	\$220	\$15	\$62,350
05/04/21	14	11,111	11,897	0	31,854	32,640	0	0	\$0	\$128	\$0	\$128
12/04/21	15	10,010	32,640	0	0	22,630	19,646	1	\$38,310	\$351	\$15	\$38,676
19/04/21	16	9,637	22,630	0	19,646	32,639	0	0	\$0	\$243	\$0	\$243
26/04/21	17	4,627	32,639	0	0	28,012	19,647	1	\$38,312	\$351	\$15	\$38,678
03/05/21	18	15,419	28,012	0	19,647	32,240	0	0	\$0	\$301	\$0	\$301
10/05/21	19	13,382	32,240	0	0	18,858	20,046	1	\$39,090	\$347	\$15	\$39,451
17/05/21	20	9,086	18,858	0	20,046	29,818	0	0	\$0	\$203	\$0	\$203
24/05/21	21	11,850	29,818	0	0	17,968	22,468	1	\$43,813	\$321	\$15	\$44,148
31/05/21	22	9,037	17,968	0	22,468	31,399	0	0	\$0	\$193	\$0	\$193
07/06/21	23	11,070	31,399	0	0	20,329	20,887	1	\$40,730	\$338	\$15	\$41,082
14/06/21	24	8,340	20,329	0	20,887	32,876	0	0	\$0	\$219	\$0	\$219
21/06/21	25	16,037	32,876	0	0	16,839	19,410	1	\$37,850	\$353	\$15	\$38,218
28/06/21	26	14,918	16,839	0	19,410	21,331	0	0	\$0	\$181	\$0	\$181
05/07/21	27	8,739	21,331	0	0	12,592	30,955	1	\$60,362	\$229	\$15	\$60,607
12/07/21	28	9,973	12,592	0	30,955	33,574	0	0	\$0	\$135	\$0	\$135
19/07/21	29	13,235	33,574	0	0	20,339	18,712	1	\$36,488	\$361	\$15	\$36,864
26/07/21	30	17,178	20,339	0	18,712	21,873	0	0	\$0	\$219	\$0	\$219
02/08/21	31	14,059	21,873	0	0	7,814	30,413	1	\$59,305	\$235	\$15	\$59,555
09/08/21	32	17,865	7,814	10,051	30,413	20,362	0	0	\$0	\$84	\$0	\$84
16/08/21	33	9,660	20,362	0	0	10,702	31,924	1	\$62,252	\$219	\$15	\$62,486



- ✓ Costo de Ordenar (A) \$15.00
- ✓ Lead Time (semanas): 1

### **Diseño del Modelo**

Para la ejecución de la simulación se programa un modelo que está definido por los siguientes elementos:

### **Índices**

- ✓ Periodos de tiempo t

### **Parámetros**

- ✓ Demanda en el tiempo t  $D_t$
- ✓ Inventario de seguridad en el tiempo t  $SS_t$

### **Escalares**

- ✓ Inventario inicial en el periodo  $t_0$   $InvIn$
- ✓ Costo de compra del SKU C
- ✓ Tasa de mantenimiento de inventario i
- ✓ Costo de ordenar A
- ✓ Lead time en semanas LT

### **Variables**

- ✓ Costo Total de la Política de Inventario Z
- ✓ Costo de Ordenar ZP
- ✓ Costo Total del SKU ZU
- ✓ Costo de Mantener stock ZH
- ✓ Cantidad del SKU a ordenar en el periodo t  $Q_t$
- ✓ Inventario del item en el periodo t  $S_t$
- ✓ Variable binaria si se realiza un pedido en el periodo t  $B_t$

### **Función Objetivo**

El modelo busca la minimización del costo de la política de inventarios, lo que traducido al lenguaje de programación matemática se expresa como:

$$Costo\ Total = \sum_t B_t * A + \sum_t i * C * (S_t + SS_t) + \sum_t C * Q_t$$

### Restricciones

- ✓ **Satisfacción de demanda:** declara que las existencias en inventario disponible deben ser mayor o igual a la demanda incluyendo el stock de seguridad.

$$S_{t-1} + Q_{t-LT} - SS_t - S_t \geq D_t ; \forall t$$

- ✓ **Lógica binaria:** Es una restricción funcional del modelo, que asegura que cuando no se ejecute una orden de compra en un periodo la cantidad a ordenar  $Q_t$  sean igual a cero.

$$Q_t \leq M * B_t ; \forall t$$

- ✓ **Lógica binaria 2:** Al igual que la anterior es una restricción funcional del modelo que sirve para complementar la anterior restricción, acotando por el límite inferior la cantidad a ordenar  $Q_t$  de modo que toda cantidad ordenar corresponda a un número positivo mayor o igual a 1 o 0 según resulte la variable binaria correspondiente a dicho periodo.

$$Q_t \geq B_t ; \forall t$$

### Ejecución del modelo

Una vez diseñado el modelo de MRP en GAMS, se procede a su ejecución a fin de que el mismo presente los resultados obtenidos con la combinación de las variables declaradas. En la Tabla 3.17 se muestran los costos de la política de inventarios y en la Tabla 3.18 las cantidades a ordenar según la resolución de GAMS.

**Tabla 3.17 Costos de la política de inventarios según modelo ejecutado en GAMS**

Rubro	Monto
Costo de Adquirir	\$ 1,280,067.75

Costo de Mantener	\$ 186.36
Costo de Ordenar	\$ 750.00
Costo Total de la política	\$ 1,281,004.11

Fuente: Autor

**Tabla 3.18 Cantidad a ordenar ( $Q_i$ ) según modelo ejecutado en GAMS**

INICIO SEM	SEMANA	Qt
01/01/21	1	0
11/01/21	2	6,130
18/01/21	3	7,314
25/01/21	4	10,400
01/02/21	5	8,088
08/02/21	6	9,620
15/02/21	7	13,877
22/02/21	8	12,582
01/03/21	9	13,670
08/03/21	10	17,865
15/03/21	11	14,189
22/03/21	12	8,635
29/03/21	13	11,211
05/04/21	14	10,110
12/04/21	15	9,737
19/04/21	16	4,727
26/04/21	17	15,519
03/05/21	18	13,482
10/05/21	19	9,186
17/05/21	20	11,950
24/05/21	21	9,137
31/05/21	22	11,170
07/06/21	23	8,440
14/06/21	24	16,137
21/06/21	25	15,018
28/06/21	26	8,839
05/07/21	27	10,073
12/07/21	28	13,335
19/07/21	29	17,278
26/07/21	30	14,159
02/08/21	31	17,965
09/08/21	32	9,760
16/08/21	33	10,540
23/08/21	34	31,044
30/08/21	35	11,041
06/09/21	36	18,805
13/09/21	37	8,840
20/09/21	38	17,835
27/09/21	39	12,133

<b>04/10/21</b>	<b>40</b>	12,739
<b>11/10/21</b>	<b>41</b>	18,047
<b>18/10/21</b>	<b>42</b>	13,672
<b>25/10/21</b>	<b>43</b>	18,689
<b>01/11/21</b>	<b>44</b>	10,368
<b>08/11/21</b>	<b>45</b>	16,181
<b>15/11/21</b>	<b>46</b>	21,253
<b>22/11/21</b>	<b>47</b>	20,091
<b>29/11/21</b>	<b>48</b>	18,709
<b>06/12/21</b>	<b>49</b>	13,386
<b>13/12/21</b>	<b>50</b>	10,107
<b>20/12/21</b>	<b>51</b>	13,362
<b>27/12/21</b>	<b>52</b>	0

***Fuente: Autor***

# CAPÍTULO 4

## 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Obtenidos los resultados de las simulaciones efectuadas para cada modelo según la teoría de inventarios, resulta conveniente analizar estos y contrastarlos entre sí a fin de emitir un juicio concluyente para proyecto desarrollado. En los siguientes apartados se analizarán dichos resultados.

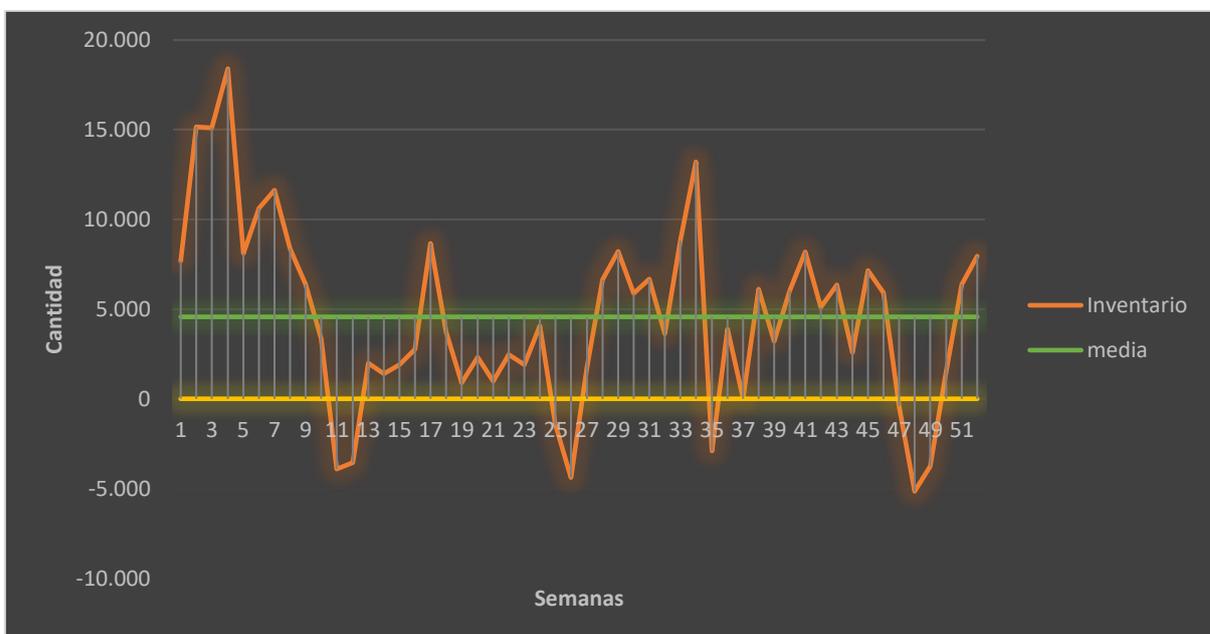
### 4.1 RESULTADOS OBTENIDOS DEL MODELO DE REVISIÓN CONTINUA CON STOCK DE SEGURIDAD

Una vez aplicado el modelo de revisión continua EOQ con stock de seguridad presentada en el apartado 3.4.2 se pueden analizar diferentes puntos, de entre los que resulta conveniente destacar que:

- ✓ El promedio del inventario se sitúa en 4,567 unidades
- ✓ Existió quiebre de stock para 8 semanas

Estos puntos pueden observarse de manera gráfica en la Figura 4.1.

**Figura 4.1 Inventario del SKU 5010096 por semana según EOQ periodo 2021**



**Fuente: Autor**

Es oportuno, además, destacar que la aplicación de este modelo cumple con el nivel de servicio declarado de al menos un 95%, lo cual se demuestra en la Tabla 4.1 donde se observa que el porcentaje de la demanda atendida en el periodo 2021 ascendió a 96.1%

**Tabla 4.1 Cumplimiento de la Demanda según modelo EOQ**

Rubro	Cantidad
<b>Demanda Total</b>	659,045
<b>Demanda Atendida</b>	633,456
<b>Demanda No atendida</b>	(25,589)
<b>Cumplimiento de la Demanda</b>	<b>96.1%</b>

**Fuente: Autor**

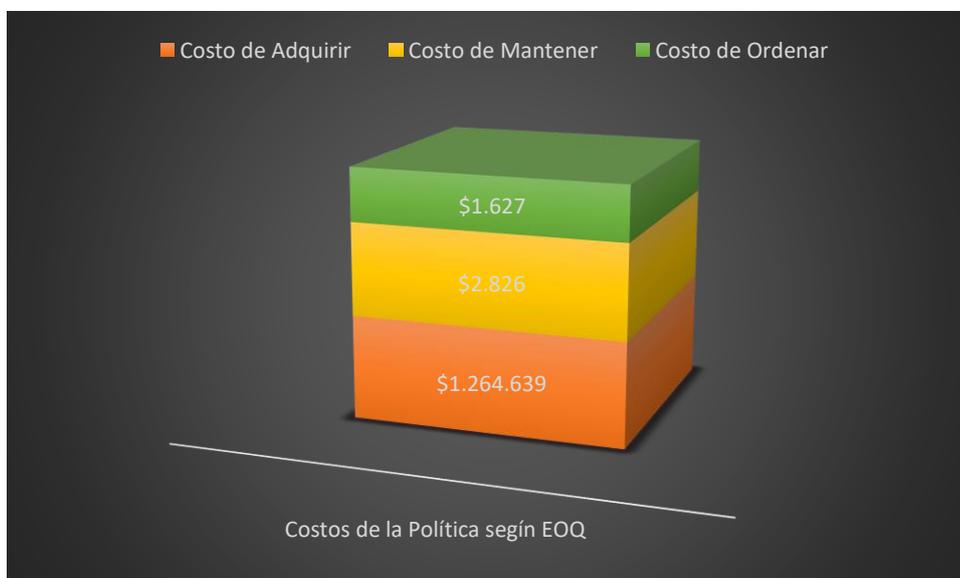
Por otra parte, el costo total de la política de inventarios resultante de la aplicación de este modelo ascendió a \$ 1,269,092; monto que se desglosa en la Tabla 4.2 y puede observarse de manera gráfica en la Figura 4.2.

**Tabla 4.2 Cuantificación de política de inventarios según modelo EOQ**

Rubro	Monto	Participación
<b>Costo de Adquirir</b>	\$ 1,264,639	99.65%
<b>Costo de Mantener</b>	\$ 2,826	0.22%
<b>Costo de Ordenar</b>	\$ 1,627	0.13%
<b>Cuantificación Total de política</b>	<b>\$ 1,269,092</b>	<b>100.00%</b>

**Fuente: Autor**

**Figura 4.2 Costos de la política de inventarios según EOQ**



**Fuente: Autor**

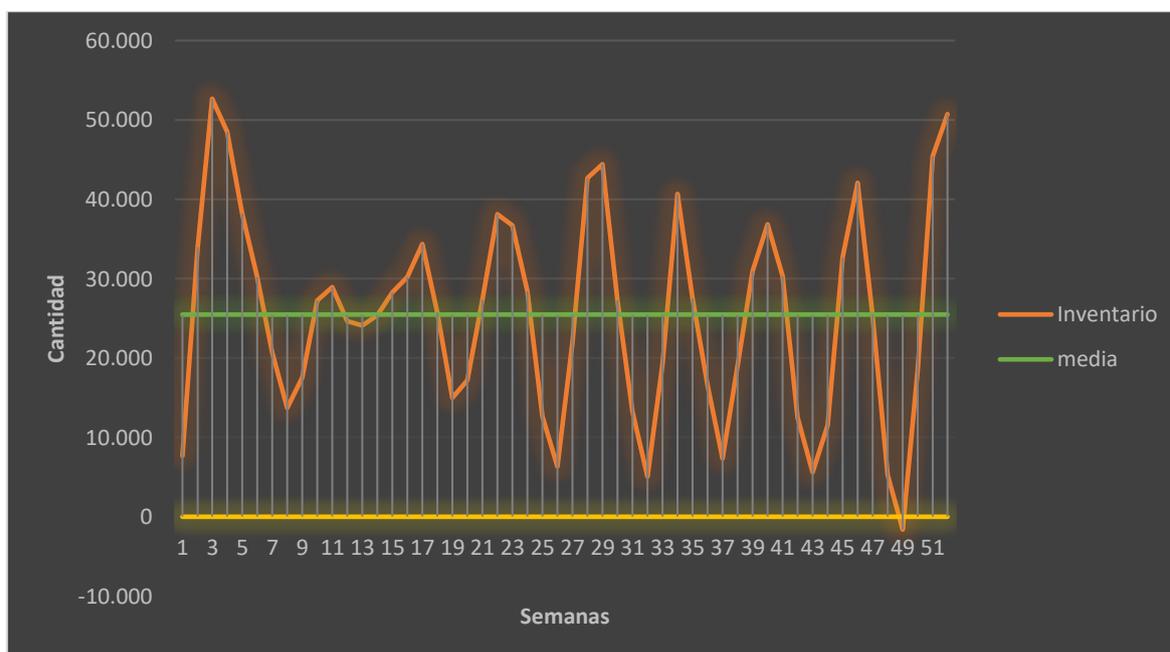
## 4.2 RESULTADOS OBTENIDOS DEL MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA CON STOCK DE SEGURIDAD

Aplicado el modelo de revisión periódica FOP con stock de seguridad desarrollada en el punto 3.4.3 se pueden analizar diferentes puntos, de entre los que resulta conveniente destacar que:

- ✓ El promedio del inventario se sitúa en 25,471 unidades
- ✓ Existió quiebre de stock para 1 semana
- ✓ Se colocan órdenes de compra por un total de 43.

Estos puntos se pueden observar de manera gráfica en la Figura 4.3.

**Figura 4.3 Inventario del SKU 5010096 por semana según FOP periodo 2021**



**Fuente: Autor**

***Dentro de la aplicación de este modelo, se puede observar también que el mismo cumple con el nivel de servicio declarado de al menos un 95%, lo cual se demuestra en la Tabla 2.1***

Tabla 4.3 donde se observa que el porcentaje de la demanda atendida para el periodo 2021 ascendió a 99.8%, en contraposición con un 0.2% de la demanda total no atendida por un total de 1,606 unidades.

**Tabla 4.3 Cumplimiento de la Demanda según modelo FOP**

Rubro	Cantidad
Demanda Total	659,045
Demanda Atendida	657,439
Demanda No atendida	(1,606)
Cumplimiento	99.8%

**Fuente: Autor**

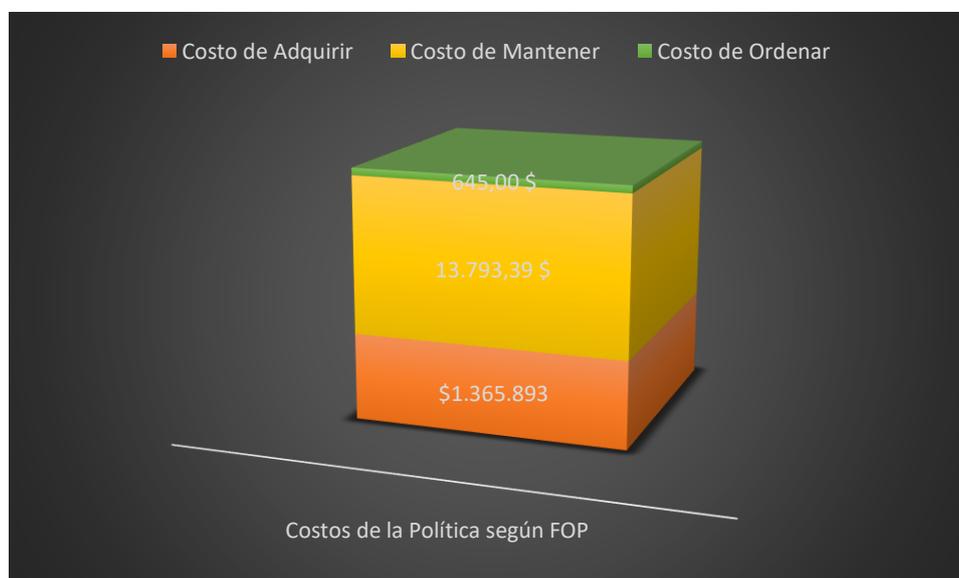
El costo total de la política de inventarios resultante de la aplicación de este modelo ascendió a \$ 1,380,331; en donde el costo de mantener representa el 1% del costo total de dicha política, en concordancia con una media de 25,471 unidades en inventario promedio; estos valores se muestran en la Tabla 4.4 y se pueden apreciar de forma gráfica en la Figura 4.4.

**Tabla 4.4 Cuantificación de política de inventarios según modelo FOP**

Rubro	Monto	Participación
Costo de Adquirir	\$ 1,365,893	98.95%
Costo de Mantener	\$ 13,793.39	1.00%
Costo de Ordenar	\$ 645.00	0.05%
Cuantificación Total de política	\$ 1,380,331	100.00%

**Fuente: Autor**

**Figura 4.4 Costos de la política de inventarios según FOP**



**Fuente: Autor**

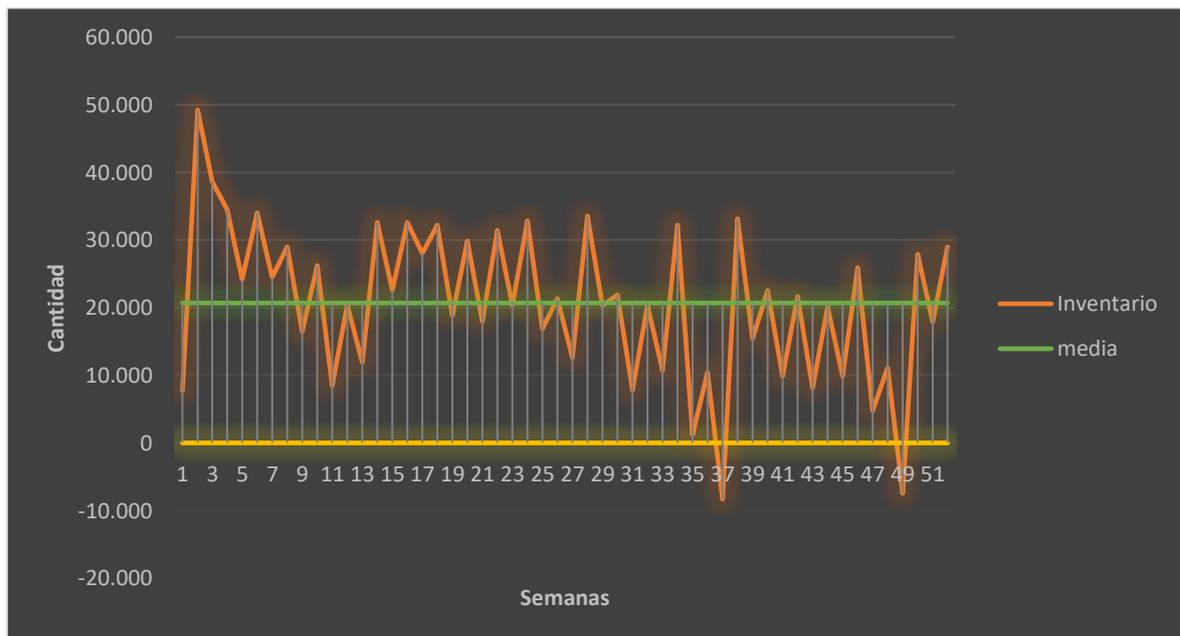
### 4.3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SEGUNDA EVALUACIÓN DEL MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA CON STOCK DE SEGURIDAD

Con la segunda evaluación del modelo de revisión periódica FOP con stock de seguridad, modificando el tiempo entre revisiones  $T$  igual a 2 semanas ejecutada en el punto 3.4.43.4.3 se pueden destacar algunos puntos, de entre los que se puede resaltar que:

- ✓ El promedio del inventario se sitúa en 20,683 unidades
- ✓ Existió quiebre de stock durante 2 semanas
- ✓ Se colocan órdenes de compra por un total de 26.

Estos puntos se pueden observar de manera gráfica en la Figura 4.5.

**Figura 4.5 Inventario del SKU 5010096 por semana según FOP con  $T$  modificada periodo 2021**



**Fuente: Autor**

La aplicación de este modelo con la variación antes descrita, supone que el mismo cumple con el nivel de servicio declarado de al menos un 95%, lo cual se demuestra

en la Tabla 2.1 Tabla 4.5 donde se observa que el porcentaje de la demanda atendida para el periodo 2021 ascendió a 97.6%.

**Tabla 4.5 Cumplimiento de la Demanda según modelo FOP con T modificada**

Rubro	Cantidad
<b>Demanda Total</b>	659,045
<b>Demanda Atendida</b>	643,274
<b>Demanda No atendida</b>	(15,771)
<b>Cumplimiento</b>	97.6%

**Fuente: Autor**

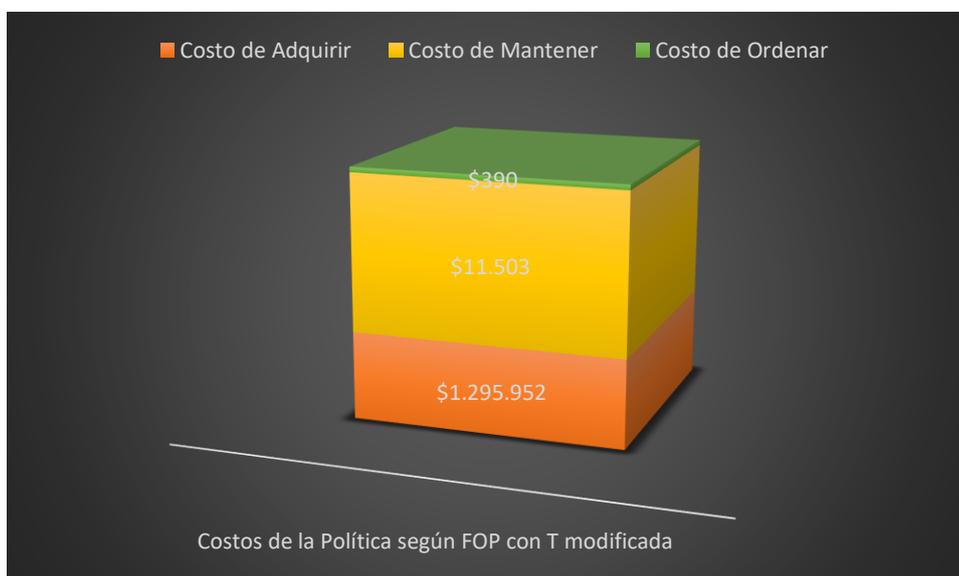
La aplicación de este modelo, reflejó un costo total de la política de inventarios por un total a \$ 1,307,845; en donde el costo de mantener representa el menos del 1% del costo total de dicha política, en concordancia con una media de 20,687 unidades en inventario promedio; estos valores se encuentran en la y se pueden apreciar de forma gráfica en la

**Tabla 4.6 Cuantificación de política de inventarios según modelo FOP con T modificada**

Rubro	Monto	Participación
<b>Costo de Adquirir</b>	\$ 1,295,952	99.09%
<b>Costo de Mantener</b>	\$ 11,503	0.88%
<b>Costo de Ordenar</b>	\$ 390	0.03%
<b>Cuantificación Total de política</b>	<b>\$ 1,307,845</b>	<b>100.00%</b>

**Fuente: Autor**

**Figura 4.6 Costos de la política de inventarios según FOP con T modificada**



*Fuente: Autor*

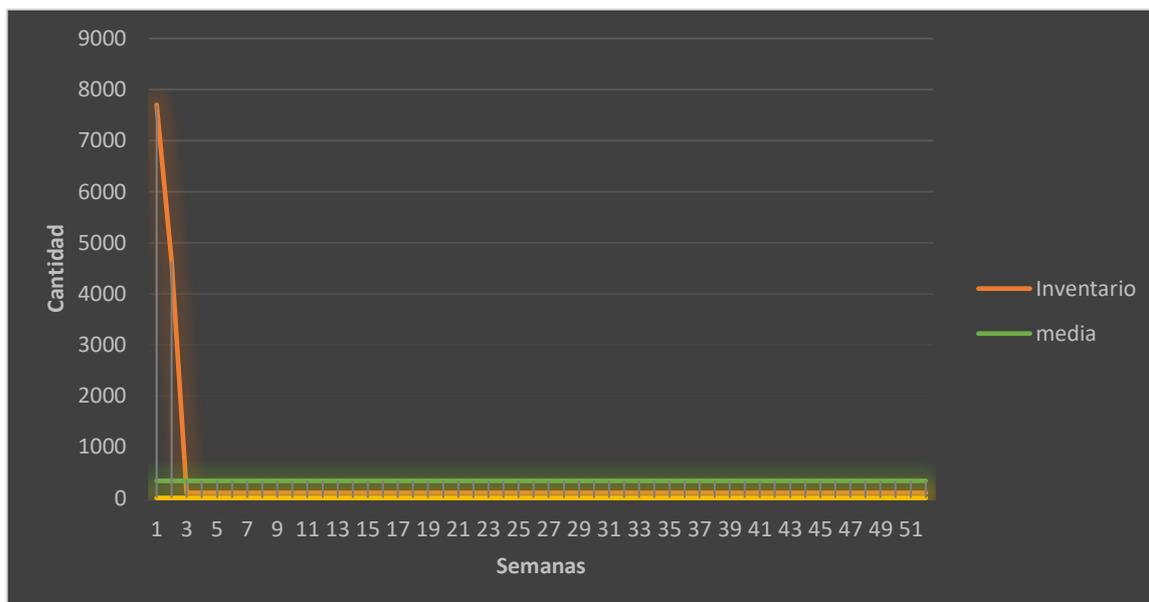
#### **4.4 RESULTADOS OBTENIDOS DEL MODELO DETERMINÍSTICO EN GAMS**

La simulación ejecutada en el punto 3.4.5 de un modelo determinístico a través del software de optimización GAMS permite obtener una visión más amplia de los posibles modelos a emplear para la planificación de las compras y los inventarios, y aun cuando se conoce que la demanda del SKU en estudio no cumple la cualidad de determinística, se evaluó este para cuantificar la política bajo el supuesto escenario de contar con una determinada certeza de la demanda. Bajo esta simulación se puede destacar los siguientes enunciados:

- ✓ El inventario se mantiene alto hacia el inicio de los periodos y en adelante se sitúa en el stock de seguridad declarado en 100 unidades.
- ✓ La media del inventario se sitúa en 333 unidades, no obstante, al existir valores aberrantes en la serie de datos, esta medida de tendencia central no se considera representativa de la población.
- ✓ La demanda se atiende en su totalidad y no existen quiebres de stock.
- ✓ Se colocan órdenes de compra por un total de 50.

De manera gráfica, estos puntos se pueden observar en la Figura 4.7.

***Figura 4.7 Inventario del SKU 5010096 por semana según modelo determinístico periodo 2021***



**Fuente: Autor**

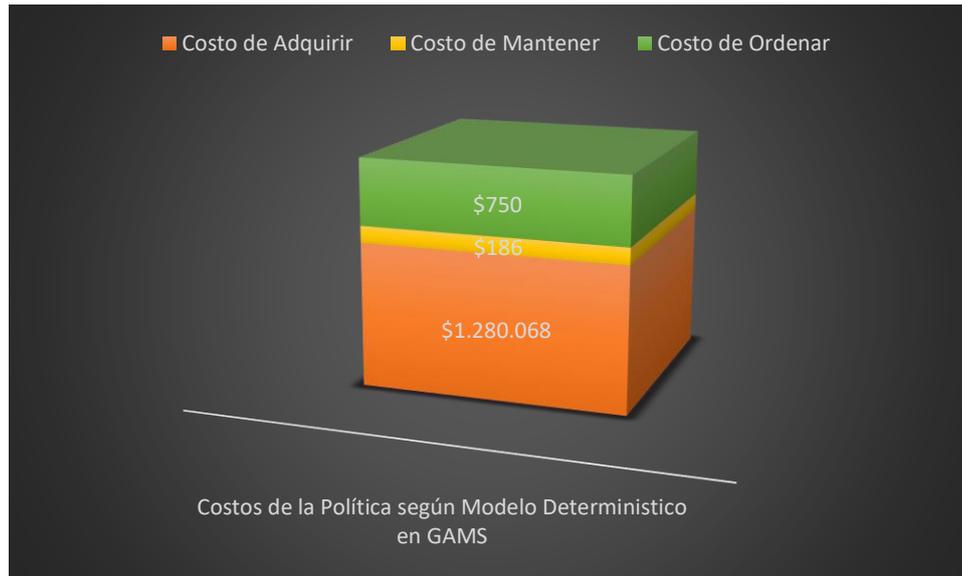
El objetivo formulado del modelo de planificación, busca la minimización de la fórmula de costos de la política de inventarios, dicha simulación reflejó un costo total de \$1,281,004, costo conformado principalmente por el costo de adquisición de los ítems y en donde los costos de mantener y ordenar el inventario representan menos del 0.07% cada uno. En la Tabla 4.7 se presentan de forma desagregada estos valores, mismos que pueden observarse de forma gráfica en la Figura 4.8.

**Tabla 4.7 Cuantificación de política de inventarios según modelo determinístico**

Rubro	Monto	Participación
Costo de Adquirir	\$1,280,068	99.93%
Costo de Mantener	\$186	0.01%
Costo de Ordenar	\$750	0.06%
<b>Cuantificación Total de política</b>	<b>\$1,281,004</b>	<b>100.00%</b>

**Fuente: Autor**

**Figura 4.8 Costos de la política de inventarios según modelo determinístico**



**Fuente: Autor**

## 4.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Cuantificados los resultados de las políticas para cada modelo estudiado, resulta conveniente contrastar los costos obtenidos de las simulaciones planteadas con el costo obtenido de la aplicación de la política actual por parte de la organización a fin de comprender la significancia de la aplicación de modelos de inventarios en el plan de compras de una organización. En orden descendente de izquierda a derecha se muestran los costos totales desagregados de las políticas actual y estudiadas en la Tabla 4.8 en donde se observa que el menor costo de la política de inventarios resulta de la aplicación del modelo de revisión continua o EOQ.

**Tabla 4.8 Costos de las políticas de inventarios analizadas para el SKU 5010096**

	Actual	FOP	FOP (T mod)	Determinístico	EOQ
<b>Costo de Adquirir</b>	\$1,466,429.25	\$1,365,893.10	\$1,295,952.45	\$1,280,067.75	\$1,264,639.35
<b>Costo de Mantener</b>	\$ 7,316.18	\$ 13,793.39	\$ 11,502.80	\$ 186.00	\$ 2,825.69
<b>Costo de Ordenar</b>	\$ 480.00	\$ 645.00	\$ 390.00	\$ 750.00	\$ 1,627.03

<b>Costo Total de la política</b>	<b>\$1,474,225.43</b>	<b>\$1,380,331.49</b>	<b>\$1,307,845.25</b>	<b>\$1,281,003.75</b>	<b>\$1,269,092.06</b>
-----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

*Fuente: Autor*

Por otra parte, es importante también analizar la participación porcentual de cada costo respecto del costo total de cada una de las políticas simuladas, para identificar cual de sus componentes es el de mayor significancia en cada una de estas políticas. En todos los escenarios de análisis se observa que el costo de adquisición de los ítems es el de mayor relevancia, más sin embargo para los costos de mantener y ordenar se presenta una participación que oscila entre el 0.01% y 1.00%. Estos datos están organizados en Tabla 4.9.

**Tabla 4.9 Participación porcentual de tipo de costo de las políticas analizadas**

<b>Costos</b>	<b>Actual</b>	<b>FOP</b>	<b>FOP (T mod)</b>	<b>Determinístico</b>	<b>EOQ</b>
<b>Costo de Adquirir</b>	99.47%	98.95%	99.09%	99.93%	99.65%
<b>Costo de Mantener</b>	0.50%	1.00%	0.88%	0.01%	0.22%
<b>Costo de Ordenar</b>	0.03%	0.05%	0.03%	0.06%	0.13%
<b>Costo Total de la política</b>	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

*Fuente: Autor*

En la Tabla 4.10 se muestran los costos totales de las políticas simuladas y la variación nominal y porcentual de los modelos estudiados respecto del costo de la política real actual, en la que contundentemente se puede observar que para el ejercicio 2021, de haberse aplicado una política basada en la teoría de inventarios, se hubiesen logrado significativos ahorros, en donde el modelo que supone un mayor ahorro es el EOQ con una variación porcentual de 13.91% y un valor nominal de \$ 205,133.37.

**Tabla 4.10 Variaciones de las políticas estudiadas respecto de la actual**

<b>Política</b>	<b>Costo Total de la política</b>	<b>Variación Nominal</b>	<b>Variación Porcentual</b>
<b>Actual</b>	\$ 1,474,225.43	-	-
<b>FOP</b>	\$ 1,380,331.49	\$ 93,893.95	6.37%
<b>FOP (T mod)</b>	\$ 1,307,845.25	\$ 166,380.18	11.29%
<b>Determinístico</b>	\$ 1,281,003.75	\$ 193,221.68	13.11%
<b>EOQ</b>	\$ 1,269,092.06	\$ 205,133.37	13.91%

***Fuente: Autor***

Es oportuno acotar que, aun cuando se esperaba que el modelo determinístico MRP ejecutado en el software de simulación GAMS refleje el mejor costo de las opciones evaluadas, esto no ocurre debido al tratamiento que los modelos analizados entregan a la demanda; siendo que el modelo ejecutado en GAMS supone un cumplimiento de la misma en un 100% en contraposición a un 96.1% que resulta de la aplicación del modelo EOQ, este último de menor costo entre las opciones evaluadas.

#### **4.6 MODELO DE PLANIFICACIÓN DE COMPRAS E INVENTARIO**

Con las evaluaciones presentadas en los puntos desarrollados anteriormente en este trabajo, en donde se observa que la política que supone un mejor costo y un nivel de servicio superior al 96% resulta de la aplicación del modelo de revisión continua EOQ probabilístico, se puede declarar que para el diseño de una planificación de compras e inventario del SKU en estudio, es oportuno la aplicación de este modelo.

## **CAPÍTULO 5**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Finalizado el desarrollo del presente proyecto se puede presentar las siguientes conclusiones:

- ✓ La actual situación del proceso de aprovisionamiento de la empresa estudiada contiene procesos de planificación empíricos, debido a desatinos como falta de información agregada de demanda no atendida, carencia de un software de planificación de compras e inventario, además de un alto

grado de incertidumbre en la información obtenida de su ERP y una cultura organizacional orientada a los hábitos y rutina; que han causado que aun contando con un costo de mantenimiento alto, respecto de las otras políticas evaluadas, de \$ 7,316 al año exista una subjetiva y no cuantificada declaración de insatisfacción por parte del área productiva como cliente interno principal del material de empaque estudiado.

- ✓ La compañía en estudio, dentro del equipo de compras que a su vez funge las funciones de planificación de inventarios, no administra ninguna clase de indicadores de gestión, lo cual no permite asegurar de forma objetiva si la gestión desarrollada por este departamento se encuentra plenamente ejecutada y optimizada.
- ✓ La aplicación de un modelo de la teoría de inventarios para el diseño de un plan de compras permitirá obtener, a la empresa en estudio, mejores resultados que los obtenidos de una política de práctica empírica, inclusive con una satisfacción de demanda con un nivel de servicio desde 95% acorde a las soluciones propuestas.
- ✓ La aplicación del modelo EOQ probabilístico, estudiado de manera cuantitativa, reflejó una disminución en el costo de la política de inventarios respecto de la política actual real con un ahorro esperado anual de \$205.133,00.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Posterior a la obtención de la información mostrada en la presente investigación, es conveniente recomendar lo siguiente:

- ✓ Diseñar e implementar una metodología de planificación de compras e inventarios que considere modelos de la teoría de inventarios a fin de alcanzar mejores resultados, que involucre a la totalidad de los actores del proceso de aprovisionamiento de la empresa.
- ✓ Aplicar técnicas de medición a través de indicadores de gestión que permitan obtener un enfoque objetivo de la situación de la función de aprovisionamiento y cuantificar costos ocultos del inventario como el costo

de los quiebres de stock, a fin de que estos sean incluidos en la cuantificación total de la política de inventarios para su optimización.

- ✓ Analizar el comportamiento de la demanda de otros ítems de material de empaque y agruparlos en categorías por dicho comportamiento, a fin de que puedan ser analizados de forma agregada por categoría y aplicar el modelo de la teoría de inventarios mejor ajustado a cada categoría, optimizando los recursos de planificación.
- ✓ Concebir la presente investigación y el modelo de la teoría de inventarios presentado, como un punto de partida para el análisis estructurado de planificación de compras e inventarios de los ítems restantes que demanda la empresa estudiada.

# BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J., & Martin, K. (2011). *Métodos Cuantitativos Para Los Negocios*. México D.F.: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.
- Casanovas, A. (2011). *Estrategias Avanzadas de Compras y Aprovisionamientos*. Barcelona: Profit Editorial Inmobiliaria.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones*. México: McGraw-Hill.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2021). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe*. CEPAL.
- FULLSTEP. (17 de Noviembre de 2021). *Estrategias para el Area de Compras*. Obtenido de Consultora FULLSTEP: <https://www.fullstep.com/consultoria-de-compras/estrategias-de-compras/>
- GAMS Development Corp. (30 de Noviembre de 2021). *GAMS Software GmbH*. Obtenido de <https://www.gams.com/products/introduction/>
- Lizarazo Sayas, J. E., & Perez Quintero, E. J. (2017). *APLICACIÓN DE TEORÍAS DE INVENTARIOS: MODELO DE SUMINISTRO MEDICAMENTOS PARA "LA CAJA DE PREVISIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA"*. Cartagena: UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.
- Montoya Palacio, A. (2002). *Conceptos Modernos de Administración de Compras*. Bogotá: Grupo Editorial NORMA.
- Ortega, S. (Enero de 2017). *Adminstracion de la Cadena de Suministro*. Guayaquil: ESPOL.
- Ortega, S. (Enero de 2017). Clasificación ABC. *Administración de la Cadena de Suministros*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Ross, S. M. (2014). *Introducción a la Estadística*. Barcelona, España: Editorial Reverté.

Taha, H. A. (2011). *Investigación de Operaciones*. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

TECH. (2021). *Aprovisionamiento Estratégico*. España: TECH Universidad Tecnológica.

The Power MBA. (13 de Noviembre de 2021). *The Power MBA*. Obtenido de The Power MBA: <https://www.thepowermba.com/es/business/etapas-del-ciclo-de-vida-de-un-producto/>

# ANEXOS

**Anexo A.-** Código utilizado en software GAMS para la evaluación de un modelo determinístico

## SETS

t Periodo de tiempo /t0\*t52/ ;

## PARAMETERS

D(t) Demanda en el tiempo t del SKU estudiado

SS(t) Inventario de seguridad en el tiempo t del SKU estudiado

```
$CALL GDXXRW D:\USERS\JLOMA\DOCUMENTS\JLOMA\GAMSDATOS.XLSX  
OUTPUT=TESISDATOS.GDX PAR=D RNG=DATA!C3:D55 Dim=1 Cdim=0 Rdim=1  
$GDXIN TESISDATOS.gdx  
$LOAD D  
$GDXIN
```

```
$CALL GDXXRW D:\USERS\JLOMA\DOCUMENTS\JLOMA\GAMSDATOS.XLSX  
OUTPUT=TESISDATOS.GDX PAR=SS RNG=DATA!F3:G55 Dim=1 Cdim=0 Rdim=1  
$GDXIN TESISDATOS.gdx  
$LOAD SS  
$GDXIN;
```

## SCALARS

InvIn Inventario Inicial del SKU en el tiempo t0

C Costo de compra del SKU estudiado

i Tasa de mantenimiento de inventario

A Costo de ordenar

LT Lead Time en semanas

```
$CALL GDXXRW D:\USERS\JLOMA\DOCUMENTS\JLOMA\GAMSDATOS.XLSX  
OUTPUT=TESISDATOS.GDX PAR=InvIn RNG=DATA!J4 Dim=0  
$GDXIN TESISDATOS.gdx  
$LOAD InvIn  
$GDXIN
```

```
$CALL GDXXRW D:\USERS\JLOMA\DOCUMENTS\JLOMA\GAMSDATOS.XLSX  
OUTPUT=TESISDATOS.GDX PAR=C RNG=DATA!J8 Dim=0  
$GDXIN TESISDATOS.gdx  
$LOAD C  
$GDXIN
```

```
$CALL GDXXRW D:\USERS\JLOMA\DOCUMENTS\JLOMA\GAMSDATOS.XLSX  
OUTPUT=TESISDATOS.GDX PAR=i RNG=DATA!J11 Dim=0  
$GDXIN TESISDATOS.gdx  
$LOAD i  
$GDXIN
```

```
$CALL GDXXRW D:\USERS\JLOMA\DOCUMENTS\JLOMA\GAMSDATOS.XLSX  
OUTPUT=TESISDATOS.GDX PAR=A RNG=DATA!J12 Dim=0  
$GDXIN TESISDATOS.gdx  
$LOAD A  
$GDXIN
```

```
$CALL GDXXRW D:\USERS\JLOMA\DOCUMENTS\JLOMA\GAMSDATOS.XLSX
OUTPUT=TESISDATOS.GDX PAR=LT RNG=DATA!J13 Dim=0
$GDXIN TESISDATOS.gdx
$LOAD LT
$GDXIN
```

#### VARIABLES

```
Z Costo Total de la Politica de Inventarios
ZP Costo de Ordenar
ZU Costo Total del SKU
ZH Costo de Mantener
    Positive Variable
Q(t) Cantidad del SKU a ordenar en el periodo t
S(t) Inventario del articulo en el periodo t;
S.fx('t0')=InvIn;
Binary variable
B(t) si se realiza un pedido en el periodo t
```

#### EQUATIONS

```
COSTOPOL,
COSTOSKU,
COSTOMANT,
COSTOORDENAR,
BINARIA,
FLUJOINV1,
FLUJOINV2,
PEDIDO ;
```

```
COSTOPOL.. Z =E= ZU+ZH+ZP;
COSTOSKU.. ZU =E= SUM((t)$ (ord(t)>1),C*Q(t));
COSTOMANT.. ZH =E= SUM((t)$ (ord(t)>1),i*C*(S(t)+SS(t)));
COSTOORDENAR.. ZP =E= sum(t,A*B(t));
BINARIA(t).. Q(t)=L=1000000*B(t);
FLUJOINV1(t)$ (ord(t)>LT+1).. S(t-1)+Q(t-LT)-SS(t)-S(t)=G=D(t);
FLUJOINV2(t)$ (ord(t)<LT+2 and ord(t)>1).. S(t-1)-SS(t)-S(t)=G=D(t);
PEDIDO(t).. Q(t)=G=B(t);
```

#### MODEL

```
COMPRAS /all/ ;
```

#### SOLVE

```
COMPRAS minimizing Z using MIP;
```

#### display

```
D,SS, InvIn, C, r,a,LT,Q.L,S.L,LT,Z.I,ZU.I,ZH.I,ZP.I,COSTOMANT.L;
```

```
execute_unload 'TESISCOMPRAS.gdx' Z.I,ZU.I,ZH.I,ZP.I,Q.I, S.I;
execute 'gdxxrw.exe TESISCOMPRAS.gdx var=ZP.I rdim=0 cdim=0 rng=RESULTADO!B3';
execute 'gdxxrw.exe TESISCOMPRAS.gdx var=ZU.I rdim=0 cdim=0 rng=RESULTADO!B4';
execute 'gdxxrw.exe TESISCOMPRAS.gdx var=ZH.I rdim=0 cdim=0 rng=RESULTADO!B6';
execute 'gdxxrw.exe TESISCOMPRAS.gdx var=Z.I rdim=0 cdim=0 rng=RESULTADO!B7';
execute 'gdxxrw.exe TESISCOMPRAS.gdx var=Q.I rdim=1 cdim=0 rng=RESULTADO!A10:A62';
execute 'gdxxrw.exe TESISCOMPRAS.gdx var=S.I rdim=1 cdim=0 rng=RESULTADO!C10:C62';
```

**Anexo B.- Fotografía del SKU en estudio**

**SKU 5010096**



***Fuente: Organización estudiada***