



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“MODELO DE INVENTARIO PARA LA MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA  
TEXTIQUIM CIA.LTDA, UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO”**

**AUTOR: JENIFER CRISTINA GONZÁLEZ GARZÓN**

**TUTOR: ING. YAKCLEEM MONTERO SANTOS MSC.**

**IBARRA – ECUADOR**

**2019**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DEL CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1722970397-7		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	GONZÁLEZ GARZÓN JENIFER CRISTINA		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Imbabura – Ibarra		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:jcgonzalezg@utn.edu.ec">jcgonzalezg@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	N/A	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0991169946
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	Modelo de inventario para la materia prima de la empresa TextiQuim Cia.Ltda, ubicada en la ciudad de Quito		
<b>AUTOR (ES):</b>	GONZÁLEZ GARZÓN JENIFER CRISTINA		
<b>FECHA:</b>			
<b>PROGRAMA</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería Industrial		
<b>TUTOR / DIRECTOR:</b>	Ing. Yakcleem Montero Santos, Msc.		

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objetivo de la presente es original y se la desarrollo, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, 15 de Julio de 2019

AUTOR



---

Jenifer Cristina González Garzón  
C.C: 172297039-7



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CESION DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Jenifer Cristina González Garzón , con cedula de identidad Nro. 1722970397, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos primordiales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador ,artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“MODELO DE INVENTARIO PARA LA MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA TEXTIQUIM CIA.LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO”**, qué ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO INDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 15 de Julio de 2019

AUTOR

---

Jenifer Cristina González Garzón  
C.C: 172297039-7



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DECLARACIÓN**

Yo, Jenifer Cristina González Garzón, con cedula de identidad Nro. 1722970397, declaro bajo juramento que el trabajo de grado con el tema: **“MODELO DE INVENTARIO PARA LA MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA TEXTIQUIM CIA.LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO”**, corresponde a mí autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Además, a través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente

Ibarra, 15 de Julio de 2019

AUTOR

---

Jenifer Cristina González Garzón  
C.C: 172297039-7



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

MSc. Yackleem Montero Santos director del Trabajo de Grado desarrollado por la señorita estudiante  
**JENIFER CRISTINA GONZÁLEZ GARZÓN**

**CERTIFICA**

Que, el proyecto de trabajo de grado titulado “**MODELO DE INVENTARIO PARA LA MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA TEXTIQUIM CIA.LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO**”, Ha sido elaborado en su totalidad por la señorita estudiante **Jenifer Cristina González Garzón** bajo mi dirección, para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**. Luego de ser revisada, considero que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente

Ibarra, 15 de Julio de 2019

---

**MSC. YACKLEEM MONTERO SANTOS**  
**DIRECTOR TRABAJO DE GRADO**

## DEDICATORIA

*Para las personas que me enseñaron a ser quien soy, quienes me han apoyado incondicionalmente durante todo este proceso y quienes, de una u otra forma, han sido parte de esta etapa de mi vida.*

*Cristina González*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios y a mi familia:*

*Por darme la oportunidad de superarme y por su apoyo incondicional.*

*A mis padres:*

*Gracias por no dejarme caer, alentarme en todo momento, por estar pendiente de mí a pesar de la distancia y, sobre todo, por la valiosa frase de "No llere antes de luchar".*

*A mi tutor Ing Yakcleem:*

*Por revisarme varias veces (muchas) mi tesis, por tener full paciencia durante este tiempo y por apoyarme para terminar.*

*A mi amiga Mariela:*

*Quien ha estado conmigo en todo momento, bueno y malo, quien me ha tenido paciencia y me a acsitado en este tiempo; con quien compartí malas noches y días inolvidables.*

*A los Ingenieros:*

*Quienes han compartido su conocimiento durante mi carrera, me apoyaron en los diferentes proyectos y estuvieron ahí para aconsejarme como amigos.*

*Cristina González*

## ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE USO.....	ii
CESION DE DERECHOS DE AUTOR.....	iv
DECLARACIÓN .....	v
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PROBLEMA .....	3
1.2. OBJETIVOS: .....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. ALCANCE.....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO II.....	8
2. MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. INVENTARIO .....	8
2.2. GENERALIDADES DE LOS INVENTARIOS.....	9
2.2.1. Inconvenientes por la posesión de inventario.....	10
2.3. FUNCIONES DEL INVENTARIO.....	11
2.4. TIPOS DE INVENTARIO.....	14
2.4.1. Según su función.....	14

2.4.2.	Según su naturaleza.....	15
2.4.3.	Según su criterio operativo .....	16
2.5.	GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	17
2.5.1.	Objetivos de la gestión de inventarios .....	18
2.5.2.	Importancia de la gestión de inventarios .....	19
2.5.3.	Problemas en la gestión de inventarios.....	20
2.6.	COSTOS DE LOS INVENTARIOS.....	21
2.6.1.	Costos del artículo o de adquisició .....	22
2.6.2.	Costos de ordenar.....	22
2.6.3.	Costo de mantenimiento o retención.....	23
2.6.4.	Costos de falta de existencias .....	25
2.7.	ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIOS .....	25
2.8.	MÉTODOS PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS.....	27
2.8.1.	ROTACIÓN DE INVENTARIO.....	27
2.8.2.	Clasificación ABC ( <i>Always Better Control</i> ).....	28
2.8.3.	Coeficiente de variación (CV) .....	30
2.8.4.	Coeficiente de variabilidad (VC).....	32
2.8.5.	Modelos de gestión de inventario .....	33
	A. <i>Demanda independiente contra demanda dependiente</i> .....	34
2.8.5.1.	Modelos de inventario para demanda independiente.....	35
	A) <i>Cantidad económica de pedido (EOQ = Economic Order Quantity)</i> .....	35
	B) <i>Sistema de revisión continua (Q)</i> .....	39
	C) <i>Sistema de periodo fijo (P)</i> .....	40
	D) <i>Inventario de seguridad (SS-Safety Stock)</i> .....	42
2.8.5.2.	Métodos heurísticos .....	43
	A) <i>Silver Meal (SM)</i> .....	44
	B) <i>Algoritmo de Wagner-Whitin (WW)</i> .....	45
	C) <i>Balanceo de periodo fragmentado (BPF)</i> .....	47
2.9.	PRONÓSTICOS .....	49
2.9.1.	Importancia .....	50
2.9.2.	Pasos para efectuar un pronóstico de demanda.....	50

2.9.3.	Tipos de pronósticos .....	51
2.9.3.1.	<i>Métodos cualitativos de pronóstico</i> .....	52
2.9.3.2.	<i>Métodos cuantitativos de pronóstico</i> .....	53
2.9.4.	Métodos causales o asociativos .....	54
2.9.4.1.	<i>Redes neuronales artificiales (RNA)</i> .....	55
2.9.5.	Errores en los pronósticos .....	56
A)	<i>Sesgados</i> .....	57
B)	<i>Aleatorios</i> .....	57
CAPÍTULO III.....		59
3.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL .....	59
3.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	59
3.1.1.	Misión .....	60
3.1.2.	Visión.....	60
3.1.3.	Valores .....	60
3.1.4.	Ubicación .....	60
3.1.5.	Clientes .....	61
3.1.6.	Proveedores.....	62
3.1.7.	Organigrama .....	62
3.2.	ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LOS INVENTARIOS.....	64
3.2.1.	Descripción del proceso.....	64
3.2.2.	Análisis de inventarios .....	65
3.2.3.	Costos asociados a los inventarios de materia prima.....	65
3.2.4.	Índice de rotación.....	66
3.2.5.	Clasificación ABC .....	66
CAPÍTULO IV.....		69
4.	MODELO DE INVENTARIO .....	69
4.1.	OBTENCIÓN DE DATOS .....	69
4.2.	CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE VARIACION (CV) .....	70
4.3.	CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD (VC).....	70
4.4.	ELABORACIÓN DE PRONÓSTICOS.....	71
A)	<i>Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)</i> .....	71

<i>B) Redes Neuronales – R versión 3.6</i> .....	72
<i>C) Pronóstico Visionario</i> .....	73
4.5. ELABORACIÓN DE MODELO DE INVENTARIO .....	74
4.5.1. Cantidad económica de pedido (EOQ) .....	75
4.5.2. Métodos Heurísticos .....	76
CONCLUSIONES .....	80
RECOMENDACIONES .....	81
BIBLIOGRAFÍA .....	82
ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.- Índice de rotación .....	28
Ecuación 2.- Coeficiente de variación .....	31
Ecuación 3.- Desviación estándar .....	32
Ecuación 4.-Demanda promedio.....	32
Ecuación 5.-Coeficiente de variabilidad .....	32
Ecuación 7.- Costo total del inventario.....	37
Ecuación 8.- Costo por ordenar .....	37
Ecuación 9.- Costo de almacenamiento .....	37
Ecuación 10.- Ecuación del EOQ .....	38
Ecuación 11.- Punto de reorden .....	40
Ecuación 12.- Demanda diaria.....	40
Ecuación 13.- Nivel objetivo de inventario .....	41
Ecuación 14.- Inventario de seguridad.....	42
Ecuación 15.- Silver Meal: .....	44
Ecuación 16.- Wagner Whitin: .....	45
Ecuación 17.- Balanceo de Periodo Fragmentado es:.....	47
Ecuación 18.- Error del pronóstico .....	56
Ecuación 19.- Desviación absoluta de la media.....	57
Ecuación 20.- Error medio cuadrático .....	57
Ecuación 21.- Raíz cuadrada del error cuadrático medio .....	58
Ecuación 22: Porcentaje del error medio absoluto (MAPE).....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa clasificación de los Costos de inventario .....	22
Figura 2 .-Gráfico típico de un análisis ABC .....	29
Figura 3.- Diversos patrones de demanda.....	31
Figura 4 .-Modelos de gestión de inventarios.....	34
Figura 5 .-Lote económico.....	38
Figura 6 .-Modelo básico de cantidad de pedido fijo.....	39
Figura 7 .-Sistema de periodo fijo (P).....	41
Figura 8 .-Métodos cuantitativos .....	54
Figura 9 .-Ejemplo de red neuronal .....	56
Figura 10.- Certificaciones TextiQuim .....	59
Figura 11 .- Ubicación empresa TextiQuim .....	61
Figura 12 .-Organigrama empresa TextiQuim.....	63
Figura 13 .-Análisis ABC de TextiQuim Cia. Ltda. ....	67
Figura 14 .- Diagrama dispersión-Coeficiente de Variabilidad.....	70
Figura 15 .-Programa SPSS .....	72
Figura 16 .-Programa R.....	73
Figura 17 .-Comparación de métodos para pronóstico .....	74
Figura 18.- Cálculo del EOQ en POM.....	75
Figura 19 .-Comparación de métodos heurísticos.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .-Problemas en la gestión de inventarios .....	20
Tabla 2 .-Variables de decisión (CV) .....	33
Tabla 3 .- Valores del nivel de servicio (Z) más comunes.....	43
Tabla 4 .-Tipos de pronósticos.....	52
Tabla 5 .-Métodos cualitativos de pronóstico .....	53
Tabla 6 .-Ejemplo de composición de productos.....	65
Tabla 7 .-Costos de los inventarios .....	65
Tabla 8 .-Análisis ABC de TextiQuim Cia. Ltda.....	68
Tabla 9.- Datos para el cálculo del EOQ .....	75
Tabla 10.- Cálculo de EOQ.....	76
Tabla 11 .-Comparación resultados métodos heurísticos .....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A .-Flujograma del proceso de gestión de inventarios .....	87
Anexo B .-Costos asociados a los inventarios de materia prima .....	88
Anexo C .-Índice de rotación de las materias primas durante el último año .....	89
Anexo D .-Clasificación de ABC.....	90
Anexo E .-Ejemplo de obtención de datos históricos .....	91
Anexo F .-Datos históricos, coeficiente de variación y coeficiente de variabilidad.....	92
Anexo G .-Ejemplo de resultados de pronósticos en el software SPSS.....	96
Anexo H .-Programación de Redes neuronales para el pronóstico de la demanda.....	97
Anexo I .- Pronóstico .....	98
Anexo J .-Aplicación del algoritmo de Silver Meal .....	100
Anexo K .-Aplicación del método de Wagner Whitin (Datos Excel).....	103
Anexo L .-Aplicación del método de Balance de Periodo Fragmentado.....	106
Anexo M .-Resultado del costo total del inventario por cada método.....	109

## RESUMEN

Dentro de toda organización el adecuado manejo de los inventarios permite la reducción de costos y más aún cuando de ellos dependen los resultados de las actividades posteriores en el flujo de la cadena de suministros. La empresa TextiQuim Cia.Ltda. actualmente no cuenta con un modelo por lo cual sus costos totales de inventario son altos, es por ello por lo que se plantea el diseño de un modelo de inventario para la materia prima de la empresa.

El diseño del modelo de inventario se inició con la obtención de datos históricos de pedidos de los principales SKU de materia prima, con los cuales se evaluó la situación actual de la empresa. Seguido se aplicó la clasificación ABC de los inventarios, de lo cual se obtuvo como resultado 10, 9 y 29 artículos para las categorías A, B y C respectivamente. Posteriormente, se elaboró el pronóstico para 12 meses, con el empleo de los softwares SPSS mediante programación lineal y R versión 3.6 con su paquete *nnfor* para redes neuronales, asumiendo los resultados de este último debido a que presentó un menor error de pronóstico.

Con los datos históricos se calculó el coeficiente de variabilidad, dando como resultado la aplicación del método EOQ para los ítems cuyo coeficiente de variabilidad fue menos a 0,2; y la aplicación de métodos heurísticos para los ítems cuyo coeficiente de variabilidad superó el 0,2. Los métodos heurísticos aplicados fueron: Silver Meal, Wagner Whitin y Balanceo de Periodo Fragmentado, de los que se obtuvo un costo total de inventario de \$4 182,02, \$3 706,68 y \$3 831,43 respectivamente. Mediante la comparación de los resultados obtenidos se determinó que el modelo de inventario que permite reducir mayormente los costos totales de inventario es Wagner Whitin, el cual mostró una disminución en dólares de \$5 450,92; es decir una reducción de 57,89%, respecto al valor de hacer un pedido mensual durante el periodo.

**Palabras clave:** Modelo de inventarios, clasificación ABC, coeficiente de variabilidad, pronóstico de la demanda, costos de inventario, EOQ, Silver Meal, Wagner Whitin, Balanceo de Periodo Fragmentado

## ABSTRACT

In any organization the proper management of inventories allows the reduction of costs and even more when they depend on the results of subsequent activities in the flow of the supply chain. 'TextiQuim Cia.Ltda' factory currently does not have a model that is why their total inventory costs are high, for this reason an inventory model was proposed for the raw material of the company.

In order to design the inventory model, historical order data were obtained from the main raw material SKU, to evaluate the current situation of the company. The ABC classification of the inventories was then applied, resulting in 10, 9 and 29 items for categories A, B and C respectively. Later, the forecast for the next 12 months was elaborated, with the use of SPSS software by means of linear programming and R version 3.6 with its nnfor package for neural networks, assuming the results of this last one due to the fact that it presented a minor forecast error.

With the historical data, the variability coefficient was calculated, resulting in the application of the EOQ method for items whose variability coefficient was less than 0,2; and the application of heuristic methods for items whose variability coefficient exceeded 0,2. The heuristic methods applied were: Silver Meal, Wagner Whitin and Balancing Fragmented Period, from which a total inventory cost of \$4 182,02, \$3 700.68 and \$3 831,43 were respectively obtained. By comparing these results, it was determined that the inventory model that allows the greatest reduction in total inventory costs is Wagner Whitin, with a decrease of \$5 450,92; that is, a reduction of 57,89% with respect to the value of placing a monthly order during the period.

**Keywords:** Inventory model, ABC classification, variability coefficient, demand forecast, inventory costs, EOQ, Silver Meal, Wagner Whitin, Balancing Fragmented Period.

*V. Roberto Rodríguez*  
*Ri*



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

“La administración del inventario se puede considerar como una de las funciones administrativas de producción más importantes, en virtud de que requiere una buena parte de capital y de que afectan la entrega de los bienes a los consumidores; tiene un fuerte impacto en todas las áreas del negocio, particularmente en la producción, mercadotecnia y finanzas” (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2011)

“Los inventarios son las existencias de materias primas, bienes medio terminados-llamados trabajos en proceso- y bienes terminados que tiene una organización para satisfacer las necesidades de sus operaciones. Así los inventarios representan una inversión considerable y una posible fuente de desperdicio que se debe controlar con gran atención” (Stoner, Freeman, & Gilbert, 2000)

“El desafío no radica en reducir los inventarios a su mínima expresión para abatir los costos, ni en tener inventario en exceso para satisfacer todas las demandas; sino en mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente posible” (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

TextiQuim Cia.Ltda. es una empresa ubicada en la ciudad de Quito, la cual se dedica a la elaboración y comercialización de productos químicos biodegradables; por su actividad comercial gran parte de su capital es invertido en inventarios, los que deben ser administrados correctamente a fin de optimizar los recursos, mantener los tiempos de producción y evitar la

insatisfacción de los clientes; siendo los inventarios de materia prima el principal objeto de estudio en el presente trabajo.

En este sentido, el objetivo general del presente trabajo de titulación es diseñar un modelo de inventario para la materia prima el cual se ajuste a las necesidades de la empresa y permita una adecuada administración de los mismo; a fin de generar recomendaciones que coadyuven en la gestión, considerando que los inventarios de materias primas son de vital importancia en la empresa ya que de estos dependen los tiempos de producción y respuesta al mercado.

La importancia de este trabajo está centrada en el hecho de que la empresa no cuenta con un modelo adecuado de los inventarios el cual le permita conocer los niveles de rotación de materia prima, determinar un stock de seguridad y, en algunos de los casos, pérdidas de tiempo en las operaciones como producción y distribución de los productos generando malestar y reclamo de los clientes; observando así que la empresa debe tener un estricto control de sus inventarios para evitar los problemas expuestos.

Por ello dicho estudio se basa en el diseño de un modelo de inventario; el cual, mediante investigación bibliográfica, el pronóstico y el cálculo del coeficiente de variabilidad se adaptará a las necesidades de la empresa, además de aportar con recomendaciones y así dar respuesta rápida a las necesidades de sus clientes.

Al ser TextiQuim una empresa productora, los inventarios deben ser controlados de manera estricta, garantizando así la producción diaria, cubriendo la demanda y el cumplimiento de los plazos de entrega de los pedidos. Con el fin de cumplir esta meta se desarrollará el presente trabajo, el cual se encuentra estructurado de la siguiente forma:

## 1.1. PROBLEMA

Actualmente existe un gran mercado competitivo a nivel mundial, obligando a los empresarios a buscar alternativas para producir con menores costos y mayores márgenes de ganancias que les permitan mantener la operatividad de sus empresas, logrando establecer confianza entre sus clientes y posicionarse en el mercado. (Cabriles, 2014)

La generación de ingresos para una empresa es por lo general la venta de bienes o servicios, para lo cual se necesita un adecuado modelo de inventarios que permita cumplir con la demanda, evitando así la disconformidad de los clientes. La Corporación Interamericana de Inversiones (CII) recomienda que las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) evalúen como mínimo las operaciones de entrada y salida de los productos utilizando algunas técnicas básicas de control de inventarios, las cuales pueden controlar los costos, mejorar los ingresos, evitar pérdidas económicas e insatisfacciones por parte de los clientes. (CONNECT AMERICAS, 2016)

El inventario es uno de los activos más costosos de muchas empresas, el cual al ser reducido puede disminuir sus costos, pero esto podría generar la falta de un artículo el cual puede ser razón para detener la producción y dejar insatisfechos a los clientes, o a su vez contar con un inventario de gran magnitud el cual, después de un tiempo, sea un inventario obsoleto y refleje pérdidas para la empresa. “El objetivo de la administración de inventarios es encontrar un equilibrio entre la inversión en el inventario y el servicio al cliente”. Sin un inventario bien administrado nunca se podrá lograr una estrategia de bajo costo. (Heizer & Render, 2010)

Basándose en los trabajos de grado de (Granda & Rodríguez, 2013) y (Martinez, 2017) que abarcan temas similares al planteado en el presente y por evaluación propia del gerente de la empresa se concluyó que al no contar con un modelo de inventario para materia prima la empresa tiende a afrontar problemas como:

- No existen datos del nivel de rotación del inventario, impidiendo identificar a los artículos de lenta rotación.
- Retrasos, multas y reclamos por entregas fuera de tiempo.
- No está determinado el stock de seguridad
- Entrega de pedidos incompletos
- Dificultad para pronosticar la demanda.
- Pérdidas económicas por obsolescencia de inventario

Se observa la necesidad que tiene la empresa de contar con un modelo de inventario para materia prima mediante el análisis de la situación actual hasta la determinación del modelo que se ajuste a las necesidades de la empresa y permita mejorar los niveles de inventario.

## **1.2. OBJETIVOS:**

### **1.2.1. Objetivo general:**

- Diseñar un modelo de inventario para la materia prima en la empresa TextiQuim, logrando así, el cumplimiento de los plazos de entrega.

### **1.2.2. Objetivos específicos:**

- Revisar la información documental de los diferentes modelos de inventarios para el sustento del estudio.
- Diagnosticar el estado actual de la administración de los inventarios de materia prima de la empresa TextiQuim.
- Diseñar un modelo de inventarios para la materia prima de la empresa TextiQuim.

### **1.3. ALCANCE**

El presente proyecto abarca el diseño del modelo de inventario de materia prima para el área de producción, no incluye el área de empaque, para la empresa TextiQuim, esto se logrará a través de la identificación de diferentes indicadores de los inventarios entre otros: el nivel de rotación, el stock disponible, precio del inventario y números de ítems; con el análisis de los datos históricos de los pedidos y la selección de un modelo que satisfaga las necesidades de la empresa.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

En un mercado competitivo las empresas deben buscar diversas estrategias que les permita mantener su nivel, optando por mejoras en diversas áreas como la logística, los inventarios, recursos humanos, etc.; a fin de mantener a sus clientes, mejorar sus tiempos de respuesta a la demanda y hacerle frente a la competencia en el mercado.

La prioridad focalizada en la empresa TextiQuim está en los inventarios de materia prima; considerando que los inventarios dentro de toda organización son un elemento primordial ya que dependen de esto la capacidad y los tiempos de respuesta a la demanda del mercado y hacia los clientes, y más aún, los de materia prima, los cuales determinan los tiempos de producción y de despacho de los pedidos.

El inventario es una inversión importante de capital en activos, los cuales pueden variar su valor por el paso del tiempo debido a los gastos que implica conservar, manejo de materiales, personal administrativo, bodega de almacenaje, entre otros; o perder su valor por obsolescencia, daños o por un inventario que nunca rotó.

Es por esto que las decisiones de inventario dentro de una empresa son un punto importante ya de esto depende que la empresa mantenga la cantidad adecuada de inventarios y que alcance sus prioridades competitivas; mantener el equilibrio entre la atención al cliente y la inversión en el mismo.

La presente investigación brinda la oportunidad a la empresa estudiada de que mejore su rendimiento en los pedidos, teniendo un precedente de gestión de inventarios, además que permite ampliar el conocimiento adquirido durante el transcurso de la carrera.

De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo el presente proyecto está alineado con el Objetivo 5: “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria”, el cual plantea que es preciso contar con una industria competitiva, eficiente y de calidad; adquiriendo fuerza con respecto al desarrollo del conocimiento en la formación de talento humano, desarrollo de la investigación e innovación, así como el impulso a emprendimientos vinculados con las prioridades nacionales.

#### POLÍTICAS:

5.1. Generando trabajo y empleos dignos fomentando el aprovechamiento de las infraestructuras construidas y las capacidades instaladas.

5.4 Incrementar la productividad y generación de valor agregado creando incentivos diferenciados al sector productivo, para satisfacer la demanda interna, y diversificar la oferta exportable de manera estratégica.

5.5 Diversificar la producción nacional con pertinencia territorial, aprovechando las ventajas competitivas, comparativas y las oportunidades identificadas en el mercado interno y externo, para lograr un crecimiento económico sostenible y sustentable.

5.6 Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnología, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, ara impulsar el cambio de la matriz productiva mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades. (CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN, 2017)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se recopilará la información bibliográfica para definir conceptos, herramientas y métodos que ayudarán a la fundamentación teórica y sustento del tema propuesto.

#### 2.1. INVENTARIO

Enfocado al área de producción, el inventario es el conjunto de bienes y productos destinados a la producción y venta, el cual forma parte de uno de los activos más importantes de la empresa ya que estos requieren de una gran inversión de capital. (Vera, 2009)

En la (IAS: *International Accounting Standards Board*, 2004) número 2, párrafo 6 encontramos definido al inventario como los activos poseídos para ser vendidos en el curso normal de la operación, en proceso de producción con vistas a la venta o en forma de materiales o suministros para ser consumidos en el proceso de producción o en la prestación de servicios.

El inventario está formado por todo el stock de la empresa que no se ha vendido, las materias primas que permiten crear nuevos productos y todos aquellos productos que se encuentran en el proceso de producción de la empresa y próximamente ya estarán disponibles para su venta proporcionando así beneficios a la organización. (Emprende pyme, 2016)

Para (Sipper & Bulfin, 1998) el inventario es un "amortiguador" entre dos procesos: el abastecimiento y la demanda en donde se considera que el proceso de abastecimiento contribuye con bienes al inventario, mientras que la demanda consume el mismo inventario.

Los inventarios se los define como bienes tangibles que las empresas poseen para la ejecución de su actividad comercial sea esta la venta de bienes o la prestación de servicios, los cuales están comprendidos en materias primas, productos en procesos y productos terminado, además de materiales, repuestos, empaques, envases y demás; los cuales son considerados como los activos más costosos y por ello deben ser administrados correctamente.

## **2.2. GENERALIDADES DE LOS INVENTARIOS**

El inventario o también llamado stock o existencias está formado por el conjunto de artículos que la empresa guarda en sus almacenes para darles un destino, ya sea en el proceso productivo para la venta a los clientes como en el caso de las distribuidoras; definiéndose como una acumulación de materiales en el espacio (almacén) y en el tiempo (periodos). (Miera & Gómez, 2015)

Esta provisión de materiales cumple con los objetivos de disponer (Torres, 2014):

- De la cantidad necesaria
- En el momento oportuno
- En el lugar preciso
- Con el mínimo costo

Por regla general el tiempo de permanencia de los inventarios en una empresa será inferior a la duración de un ejercicio económico, a excepción de las empresas cuya actividad precisa un periodo superior a un año para completar su proceso productivo, como son las constructoras, forestales, inmobiliarias, entre otras.

Los inventarios se caracterizan por ser bienes tangibles, los cuales pueden ser almacenados y se los utiliza una sola vez, a diferencia de otros bienes que se utilizan reiteradamente en un proceso o en varios como por ejemplo las maquinas. (Miera & Gómez, 2015)

La constitución de inventarios comporta dos tipos de factores:

- Positivos. - Dota a la empresa de flexibilidad operativa, permitiéndole producir a un ritmo distinto, ofrecer la posibilidad de cumplir pedidos de mayor volumen, recibir beneficios por compras en volumen y mejorar la calidad de servicio
- Negativos. - Los costos que se generan por la posesión de inventario en el almacén suelen ser muy altos y pueden poner en riesgo la supervivencia de la empresa. (Cervera, 2012)

### **2.2.1. Inconvenientes por la posesión de inventario:**

Los inconvenientes principales son:

- Costos. - Mantener un inventario implica costos, siendo preciso reducir los:

- a) Costos financieros. - Entendiendo por tal la rentabilidad que se hubiera sacado al dinero invertido en inventario de haberle dado otro uso.
- b) Costo de almacenamiento. - Por el alquiler de las instalaciones u los acondicionamientos
- Obsolescencia. - Este riesgo varía por el tipo de producto y puede ser de varias clases:
  - a) Tecnológica: Afecta principalmente a áreas como la informática, ocio digital, entre otros.
  - b) Caducidad del producto: Cuando sobrepasa la fecha de consumo preferente como en el caso de los alimentos perecederos (lácteos, pan, fruta, etc.), prensa o medicamentos.
  - c) Cambio de moda: Afecta principalmente al área textil, calzada, etc.
- Pérdida desconocida. - Puede ser ocasionada por: oxidación en el caso de metales, evaporación y pérdida de peso, robos o inconformidades que no permiten el reproceso. (Torres, 2014)

### **2.3. FUNCIONES DEL INVENTARIO**

Dentro de toda organización los inventarios cumplen varias funciones y ayudan de una u otra forma a atender a la demanda tanto interna como externa de una empresa, así como a asegurar la continuidad de las operaciones de la empresa (Negrón, 2009). Después de recalcar

esta razón principal por la que es necesario mantener inventarios, ahora podemos mencionar otras funciones como son:

- Predictibilidad. - Consiste en la estimación de lo que sucederá teniendo en cuenta las consecuencias presentes o situaciones creadas para acontecimientos futuros; en las predicciones es mayor la incertidumbre ya que se fundamentan en lo cualitativo, subjetivo, juicio, que en las estadísticas. (Maya, 2014)
- Fluctuaciones de la demanda. - En muchas organizaciones existe un cierto grado de incertidumbre en el nivel de ventas que un producto alcanzará dentro de un intervalo de tiempo entre pedido, manteniendo inventarios de seguridad que permitan responder a la demanda imprevista. (Negrón, 2009)
- Fallas en aprovisionamiento. - Cuando se obtiene materiales de un proveedor, este puede tener varias razones de demora como: escasez de materiales, huelgas, pedido extraviado o envío de materiales defectuosos o incorrectos; al contar con un inventario se puede cubrir y evitar que la producción se detenga o atrasos en los pedidos. (Viveros, 2007)
- Protección de precios e inflación. - Se puede mantener inventarios por especulación. Económicamente hablando sabemos que existen periodos con altos riesgos de devaluación o inflaciones repentinas, por lo que las empresas prefieren asegurar su capital manteniendo inventario de aquellos materiales que puedan tener un aumento de precio.

- Aprovechar descuentos por volumen. - Las compras de grandes lotes a menudo se pueden presentar con descuentos, haciendo que sea más rentable ordenar pedidos de compra por cantidades muy altas. (Negrón, 2009)
- Proporcionar variedad. - El proceso de crecimiento económico en muchos países aumenta la cantidad y variedad de productos demandados, lo que desafía a las empresas a innovar en los productos, haciendo prácticas y mejoras empleando sus inventarios. (Gutiérrez, 2014)
- Reducir el coste de pedido. - Como costes por pedido podemos mencionar a los costes de transporte los cuales suelen tener una tarifa fija independientemente del volumen de mercancía a transportar, siendo el ahorro conseguido la diferencia del transporte y el almacenamiento el cual por lo general es menor. (Miera & Gómez, 2015)
- Desconectar partes del proceso productivo. - Al contar con un inventario de materiales en un centro de trabajo, este centro posee cierta autonomía para operar.
- Permitir flexibilidad en los programas de fabricación. - Las existencias de inventarios reducen la presión del sistema de producción, al tener un plazo mayor de entrega se puede planificar la producción para obtener un flujo más regular y un menor coste operativo por la producción de lotes más grandes. (Viveros, 2007)

## 2.4. TIPOS DE INVENTARIO

Conocer las características de los stocks almacenados permite gestionar de mejor manera y este conocimiento se puede conseguir más fácilmente si se enmarca dentro de una clasificación; para clasificar los inventarios se consideran varios criterios, mencionados a continuación:

**2.4.1. Según su función**, independientemente de la actividad de la empresa sea esta industrial o comercial, podemos detallar los siguientes tipos:

- Inventario activo, normal o de ciclo. - También llamados inventario de trabajo; está conformado por aquellos artículos que la empresa emplea para atender la demanda durante un periodo de tiempo determinado. (Miera & Gómez, 2015)
- Inventario de seguridad. - Se crea para evitar la falta de existencia durante el plazo de aprovisionamiento y evitar una rotura de inventario y para hacer frente a demandas imprevistas; funciona como un “colchón” complementario al inventario activo. (Cervera, 2012)
- Inventario de presentación. - Forman parte de la venta directa, son las que están a la vista del consumidor como sucede en los supermercados. (Serrano M. J., 2015)
- Inventario estacional. - Conocido también como inventario de temporada, son artículos que presentan una demanda muy variable, es decir, su consumo no es constante durante todo el año; o su creación es por motivos estratégicos como en rebajas.

- Inventario especulativo. - Son las existencias acumuladas ante un posible aumento de precios o de demanda, a fin de disminuir costos ya que se debe tener en cuenta que, si la demanda sube, el precio también tiende a subir.
- Inventario en tránsito. - Es el inventario que se encuentra circulando entre las diferentes fases del proceso; se refiere también al inventario que se encuentran en los depósitos o *cross docking* entre el vendedor y el comprador. (Miera & Gómez, 2015)
- Inventario de recuperación. - Son los artículos usados y que tienen una nueva utilización, como envases y embalajes, equipos en desuso del cual sus partes pueden servir de repuestos para otros equipos o productos recibidos por devolución por determinadas características.
- Inventario muerto o inútil. - Son artículos que no sirven para cubrir las necesidades, pueden ser artículos nuevos o viejos los cuales deben ser desechados o vendidos como chatarra. (Serrano M. J., 2015)

**2.4.2. Según su naturaleza,** es el criterio utilizado en el plan general de contabilidad a fin de clasificar las existencias, estas se dividen en:

- Materias primas. - Son las materias que se utilizan para la elaboración de otros productos, originalmente son recursos naturales que se procesan y se distribuyen a otras empresas para que se manufacturen en productos para el consumo. (Riquelme, 2017)

- **Productos en curso.** - Conocidos también como productos en proceso, son aquellos artículos que se encuentran en fase de formación o transformación, pero que aún no se ha completado. Es un concepto empleado en los departamentos de contabilidad para los registros y control de materias primas y los productos terminados. (Kokemuller, 2016)
- **Productos semiterminados.** - Estos productos son destinados a la venta para que otras empresas las integren a su proceso de manufactura y elaboren sus productos. (Miera & Gómez, 2015)
- **Productos terminados.** - Son los productos fabricados por la empresa y que se destinan para el consumo o la venta.
- **Envases y embalajes.** - Se utilizan para el despacho de los productos en presentaciones más pequeñas o para la venta en unidades de consumo. Los embalajes son palés, cajas, bolsas, entre otros; que ayudan a la distribución del punto de venta para el consumidor final.
- **Componentes.** - Productos adquiridos para incorporarlos al producto que se están fabricando. (Serrano M. J., 2015)

**2.4.3. Según su criterio operativo,** desde el punto de vista de gestión de los inventarios se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- **Inventario óptimo.** - Es el que permite cubrir la demanda prevista o esperada y al mismo tiempo conseguir la mejor relación entre coste y capital.

- Inventario cero. - Está basado en la filosofía JIT, justo a tiempo; trata de aprovisionarse de la cantidad justa en el momento justo, consiste en trabajar bajo demanda, produciendo solo cuando sea necesario y manteniendo un inventario en cero.
- Inventario físico. - Artículos disponibles en almacén en un momento determinado el cual, por definición, nunca puede ser negativo.
- Inventario neto. - Es la diferencia entre el inventario físico y la demanda no satisfecha, esta cantidad si puede ser negativa.
- Inventario disponible. - Es la suma del inventario físico y los pedidos en curso a los proveedores. (Miera & Gómez, 2015)

## **2.5. GESTIÓN DE INVENTARIOS**

La gestión de inventarios se ha convertido en un elemento estratégico ya que por el lado de los ingresos estos afectan directamente con el nivel de servicio y el tiempo de respuesta a los clientes mejorando la eficiencia, y por el lado de los costos es muy posible la reducción de costos sin afectar el nivel de servicio lo cual es clave para las empresas en los tiempos actuales. (Cardona, Orejuela, & Rojas, 2018)

Hacer un servicio más rápido y eficaz para el cliente es posible mediante la gestión de inventarios ya que permite prever el volumen de ventas para un periodo de tiempo (semana,

mes, campaña, entre otros); obteniendo de esta forma una producción racional, reduciendo costos de almacenaje. (Serrano M. J., 2014)

Un adecuado modelo de gestión de inventarios debe tener en cuenta las características de la demanda de los artículos que gestiona, sobre todo cuando no presentan un patrón de demanda estable, ni un periodo de aprovisionamiento constante. (Griñon, Carboneras, Guillem, & Gato, 2007)

### **2.5.1. Objetivos de la gestión de inventarios**

Los principales objetivos que persigue la gestión de inventarios son:

- Reducir al mínimo los niveles de existencias
- Asegurar el suministro de producto en el momento adecuado al área de producción o al cliente.

Los objetivos que persigue la empresa a través de la gestión de inventarios son:

- Establecer un inventario suficiente, evitando que el área de producción se detenga por falta de materias primas y otros suministros; para ellos se deben calcular las necesidades
- Determinar el volumen óptimo de pedido, considerando el nivel máximo de producción, la capacidad del almacén, los costes del capital invertido, entre otros.

- Minimizar la inversión del inventario, reduciendo los costes de almacenamiento por daños o pérdidas en los productos, como obsolescencia o bajas por artículos caducos.
  - Establecer un sistema de información eficiente entre las secciones implicadas (compras, producción, ventas, entre otros) y obtener informes periódicos sobre los inventarios y su valor.
  - Cooperar con el departamento de compras, a fin de reducir los costos por levantar un pedido, conseguir descuentos por compras en volumen y un transporte eficiente.
- (Serrano M. J., 2014)

### **2.5.2. Importancia de la gestión de inventarios**

La principal razón por la que toda empresa debe contar con una adecuada gestión de inventarios es conseguir un equilibrio en la relación entre las compras y las ventas y, por tanto, mejorar la rentabilidad reduciendo los costos asociados a los inventarios. (Cervera, 2012)

La gestión de inventarios permite minimizar el impacto adverso del manejo de los inventarios, encontrando un punto medio entre la escases de artículos y el exceso de artículos, tratando de cubrir tres factores principales (Ramos, 2015):

- No hacer esperar al cliente
- Mantener un ritmo regular de producción, aun con una fluctuación en la demanda
- Comprar los insumos a precios bajos.

Una buena gestión de los inventarios es definir perfectamente:

- Mercadería a pedir
- Fechas de pedido
- Lugar de almacenamiento
- Forma de evaluar el nivel de stock
- Reaprovisionamiento

### 2.5.3. Problemas en la gestión de inventarios

La siguiente tabla nos indica alguna de las debilidades que las empresas deben enfrentar en relación con la gestión de inventarios:

*Tabla 1 .-Problemas en la gestión de inventarios*

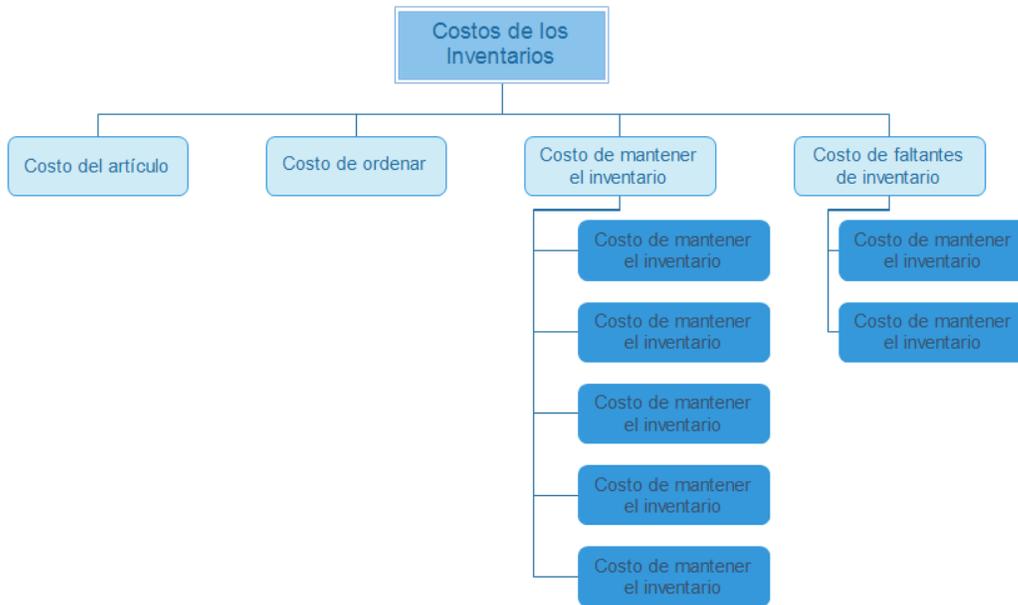
<p>Nivel de incertidumbre</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Error en las previsiones.</li> <li>• Variabilidad de los plazos de recepción de los productos de proveedores, fabricación, etc,</li> <li>• Cambios de la demanda               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estabilidad y tendencia</li> <li>▪ Pedidos especiales</li> </ul> </li> <li>• Cambios en las condiciones del mercado</li> </ul>
<p>Infrautilizaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excesos de producción               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tamaño del lote de producción</li> <li>▪ Inventario de seguridad</li> <li>▪ Colchón tiempo de espera</li> <li>▪ Falta de estandarización</li> <li>▪ Fallos de planificación</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Excedente de mano de obra</li> </ul>
Ineficacia administrativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de comunicación comercial-gestión de inventarios</li> <li>• Falta de comunicación producción-compras</li> <li>• Tratamiento de pedidos</li> <li>• Error en la definición del nivel del servicio</li> <li>• Falta de selección de productos especiales</li> <li>• Errores de imputación de costes</li> </ul>
Tiempos de espera entre procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallos de programación</li> <li>• Fallos en la calidad</li> </ul>
<i>Buffers</i> de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos incontrolados</li> <li>• Cuellos de botella</li> <li>• Fallos de mantenimiento</li> <li>• Mermas</li> </ul>
Exceso de movimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposición de planta</li> <li>• Almacenes saturados</li> </ul>

*Fuente. - María Luisa Suárez Cervera/Gestión de inventarios*

## 2.6. COSTOS DE LOS INVENTARIOS

El costo o coste es el gasto económico ocasionado por la producción de algún bien o la oferta de algún servicio, incluyendo la compra, pagos, gastos, entre otras actividades. El manejo de inventarios implica equilibrar la disponibilidad de artículos con los costes asociados a un sistema de gestión de inventarios, los cuales se agrupan en (GEO-TUTORIALES, 2015):



*Figura 1.- Mapa clasificación de los Costos de inventario*  
*Fuente: Elaboración propia*

**2.6.1. Costos del artículo o de adquisición,** hace referencia al valor que se paga al proveedor por la adquisición del artículo y está consignado en factura y sumado todos los gastos hasta que la mercancía llega al almacén del comprador, o en el caso de producir los artículos, es el costo total de fabricación. (Cortes, 2014)

**2.6.2. Costos de ordenar,** llamado también como costo de pedido, este costo consta primordialmente de aquellos costos administrativos y de oficina, asociados a los pasos y actividades que se realizan para emitir la orden de compra hasta la culminación con la entrega de los productos; estos costes incluyen el transporte, proceso y manejo de las ordenes, contabilización, auditoria, entre otros; los cuales son independientes del tamaño de lote. (García, Gestión Logística en centros de distribución, bodegas y almacenes, 2011)

- Paletización
- Embalajes

- Documentación y tramites del pedido
- Identificación, marcación y colocación de etiquetas
- Formación de ofertas y promociones
- Expedición y reexpedición
- *Picking y packing*
- Deterioros y perdidas por manipulación
- Tramites de exportación
- Salarios
- Sistemas de información

**2.6.3. Costo de mantenimiento o retención,** son costos que se incurren al tener un inventario durante un período de tiempo, generalmente se lo determina como un cargo porcentual del valor en dólares por unidad de tiempo; el costo de mantenimiento “consta de los costos explícitos e implícitos asociados con el mantenimiento y la propiedad de los inventarios” (García, 2011). Algunos de recursos destinados para el mantenimiento del inventario son:

- Capital, conocido también como costo de interés o de oportunidad, se refiere al capital comprometido en el inventario y la oportunidad perdida resultante de invertir ese capital en otras áreas de la empresa, este costo es uno de los mayores componentes dentro del costo de mantenimiento. (Coyle, Jonh, Novack, & Gibson, 2013)
- Almacenamiento, estos costes incluyen los costes operativos por guardar los materiales en el almacén:

- Costo del espacio
  - Costo de mano de obra
  - Costo de energía
  - Costo de infraestructura y equipos
  - Costo de mantenimiento de la infraestructura y equipos
- Obsolescencia, considerando la naturaleza de algunos de los productos o materias primas que presentan un riesgo de obsolescencia o caducidad, los cuales implican tener en cuenta estos costos por pérdida a causa del vencimiento o vigencia de los productos. Estos costos deben ser valorados por las empresas cuyos productos tienden a satisfacer demandas estacionales o empresas que en sus procesos involucran alimentos o sustancias con posibilidad de obsolescencia, ya que estos pueden acarrear cuantiosas pérdidas por una inadecuada gestión.
  - Seguro, valores están determinados por el valor de las pólizas de seguros los cuales suelen ser un porcentaje del valor promedio de los inventarios, para proteger el capital invertido en los artículos que conforman el inventario y que pueden estar expuestos a deterioro, accidentes, pérdida, entre otros; estos costos buscan minimizar el impacto de pérdida (Gomez & Marín, 2014)
  - Impuesto, gastos que se deben enfrentar por la adquisición de diversos artículos, así como por poseerlos, entre estos podemos mencionar los impuestos de aduanas, títulos de compras, entre otros. (Cortes, 2014)

**2.6.4. Costos de falta de existencias,** se incurren en estos costos cuando se agotan las existencias de un artículo y se debe esperar hasta que se vuelvan a surtir el inventario, estos costos se desglosan en los siguientes:

- Costo por pérdida de ventas o cliente, es cuando el cliente decide cancelar su pedido o cuando se rechazan pedidos; estos costos son muy difíciles de calcular puesto que las cantidades que el cliente solicita pueden variar y al no ser cubiertas se vuelven inciertas para la empresa.
- Costo de pedido pendiente, se da cuando el pedido por parte del cliente se mantiene, pero sufre un retraso por la falta de artículos creando costos adicionales de personal, ventas, transporte, manejo, en algunos casos multas, entre otros. (GEO-TUTORIALES, 2015)
- Costo de paro de línea, son los costos asociados a la pérdida de tiempo de las máquinas y de mano de obra ante la ausencia de los inventarios, principalmente de materia prima, estos deben ser medidos teniendo en cuenta el desempeño y uso de los recursos. (Gomez & Marín, 2014)

## **2.7. ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIOS**

La administración de inventarios se da para mantener los niveles de disponibilidad de bienes al momento de requerir su uso ya sea para transformación o para su venta, basada en métodos y técnicas que permiten evaluar y brindan información para conocer las necesidades de reabastecimiento óptimo. (Jiménez, 2008)

La administración de inventarios se centra en cuatro aspectos básicos que son:

- Evaluación de artículos del inventario que merecen una atención especial.
- Tratar de proteger a los artículos de los inventarios de los cambios en los costos
- Número de unidades a producir en un periodo determinado
- Momento de crear un nuevo inventario

Además, la administración de inventarios tiene como meta:

- Maximizar el servicio al cliente
- Maximizar la eficiencia de las unidades de compra y producción
- Minimizar la inversión en inventarios

El objetivo principal de la administración de inventarios es de mantener la cantidad adecuada de artículos en almacén para que la empresa pueda cumplir con sus prioridades competitivas de la forma más eficiente por medio de la planificación y control de los inventarios. (Caballero, 2013)

La administración de inventarios es un proceso que requiere información sobre las demandas esperadas o pronósticos, inventario disponible y en pedido de los artículos que la empresa necesita en todos sus procesos y el momento y tamaño indicados de las cantidades de reorden.

Para cumplir el objetivo de equilibrar la inversión en inventarios y la demanda real del producto las empresas deben desarrollar métodos y técnicas de control de inventarios. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

## **2.8. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS**

Los métodos para la administración de los inventarios proporcionan información que los directivos o personal a cargo de los inventarios requieren para mantener las cantidades de existencias que permitan el logro de ventajas competitivas; estos métodos pueden variar dependiendo de la actividad comercial de la empresa y su volumen de operación. (Márquez, 2016)

Entre los métodos de gestión de inventarios encontramos técnicas o modelos utilizados en la administración y control de estos; considerando que los modelos representan “el conjunto de políticas y controles que supervisa los niveles de inventario y determina cuales son los niveles que deben mantenerse, cuando hay que reabastecer el inventario y de qué tamaño deben ser los pedidos” (Chase & Aquilano, 2008)

### **2.8.1. ROTACIÓN DE INVENTARIO**

Este índice refleja la gestión de inventarios, ya que relaciona las ventas de año con el inventario medio; ambas magnitudes deben ser trabajadas en la misma unidad. En resumen, es el número de veces que un artículo se renueva en el año. (Torres, 2014)

La rotación de inventario o índice de rotación trata de la relación entre las ventas del año y la cantidad medio de inventario de un proceso, como se puede observar en la Ecuación 1.- Índice de rotación. (Inza, 2006):

$$\text{Índice de rotación} = \frac{\text{Demanda anual}}{\text{Inventario promedio}}$$

Por medio de este indicador se puede identificar cuantas veces el inventario se transforma en dinero o en cuentas por cobrar debido a su venta; permitiendo determinar la eficiencia en el uso del capital. Entre más alto sea el valor obtenido se puede dar por hecho que dicho artículo permanece menos tiempo en almacén e incurre en menos costos de almacenamiento, contrario con los artículos que poseen un valor bajo de rotación ya que estos definen un menor capital de trabajo (Gerencie, 2018)

### **2.8.2. Clasificación ABC (*Always Better Control*)**

Vilfredo Pareto observó que un número reducido de artículos en cualquier grupo constituyen la proporción más significativa de la totalidad de este; en los inventarios un pequeño número de artículos dan cuenta de la mayor parte del valor de los inventarios como lo mide el consumo en dólares (demanda multiplicada por el costo), siendo estos divididos en 3 grupos: (Pareto, 1971)

- Clase A contienen cerca de 20% de artículos y 80% del consumo en dólares, representando al grupo significativo
- Clase B o intermedia se tiene el 30% de los artículos y 15% del consumo en dólares

- Clase C abarca 50% de los artículos y solo el 5% del consumo en dólares.

En la figura 2 podemos ver lo descrito anteriormente.

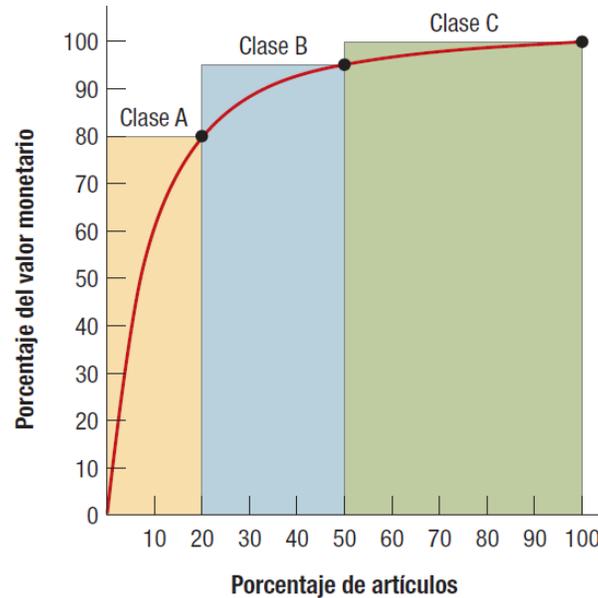


Figura 2 .-Gráfico típico de un análisis ABC

Fuente: Krajewski Lee

Los artículos de inventarios ABC se deber monitorear de la siguiente forma (Nahmias, 2007):

- Artículos A se debe monitorear de forma continua, con evaluaciones más minuciosas de los diversos parámetros de costo necesarios para establecer las políticas de operación, teniendo prioridad y un tratamiento especial
- Artículos B se podrán revisarse periódicamente.
- Artículos C tendrán un grado mínimo de control.

### 2.8.3. Coeficiente de variación (CV)

Para el diseño de un modelo de inventario se debe considerar el patrón que sigue la demanda; este patrón puede ser:

- Demanda constante y conocida. – Es un caso de la demanda muy irreal, debido a que los datos casi nunca cumplen con esta condición. Su utilidad principal radica en que la demanda de este tipo puede utilizar un modelo de EOQ.
- Demanda determinística. – Ocupa el segundo nivel de complejidad, se refiere a la demanda que es variable, pero es conocida con alta precisión. Esta demanda se la puede encontrar en negocios de venta bajo contrato, repuestos de mantenimiento, entre otros casos.
- Demanda aleatoria. - Es una de las situaciones que más se ajusta a la realidad debido a que se asume que la demanda sigue una distribución probabilística, y su tiempo de reposición se puede considerar constante y conocido de acuerdo a la práctica.
- Demanda perpetua, estable o uniforme. - Su promedio se mantiene por largos periodos de tiempo y su fluctuación es baja.
- Demanda con tendencia. – En el caso de que el promedio varíe significativamente en el tiempo se puede determinar que es una demanda con tendencia ya sea creciente o decreciente, lo cual se toma como lineal.
- Demanda periódica o estacional. - Este tipo de demanda se caracteriza por presentar picos en determinadas épocas del año.

- Demanda errática. – Este patrón presenta altas variaciones a lo largo del tiempo, presentando periodos con demanda cero a periodos con altos picos, que, a diferencia de la demanda periódica, estos picos no son predecibles, haciendo que la demanda sea más difícil de administrar. (Vidal Holguín, 2017)

En la figura 3 se muestra algunos patrones de demanda.

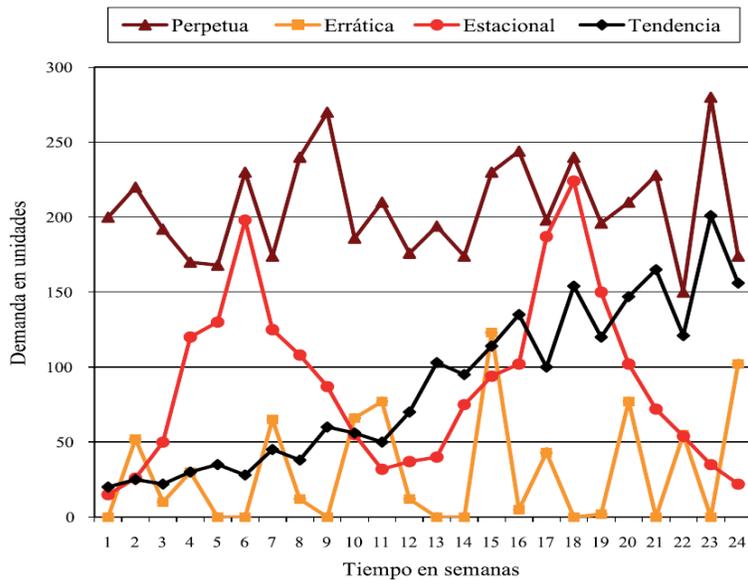


Figura 3.- Diversos patrones de demanda

Fuente: Vidal Holguín, 2017

A fin de determinar si una demanda es perpetua o erradica, se realiza el cálculo del CV, el cual se obtiene al dividir la desviación típica o varianza de la demanda y el valor de la demanda promedio como se muestra en la Ecuación 2.- Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{\text{Desviación estándar de la demanda}}{\text{Demanda promedio}}$$

La desviación estándar y la demanda promedio son muy aplicadas en la estadística y se calcula utilizando las siguientes ecuaciones:

Ecuación 3.- Desviación estándar

$$\text{Desviación Estándar } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_t - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Ecuación 4.-Demanda promedio

$$\text{Demanda promedio } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_t}{n}$$

Si el resultado del CV es mayor o igual a 1 (100%), se cataloga a la demanda como errática, caso contrario, la demanda se considera perpetua o estacionaria. Como observación tenemos que entre menor sea el CV, menor será su grado de aleatoriedad. (Vidal Holguín, 2017)

#### **2.8.4. Coeficiente de variabilidad (VC)**

Es una medida estadística que permite determinar el método de gestión de inventarios a utilizar ya que se trata de una métrica que, a través de su fórmula, proporciona información sobre las medidas de dispersión relativa de un conjunto de datos la cual eliminan las posibles distorsiones.

Este coeficiente se determina asumiendo que la demanda es una variable aleatoria discreta sobre el período de análisis, cada una con probabilidad igual a 1/N. Para el cálculo se emplea la Ecuación 5.-Coeficiente de variabilidad:

$$VC = \frac{\text{Varianza de la demanda por período}}{\text{Cuadrado de la demanda media por período}}$$

Teniendo en cuenta que la varianza y el cuadrado de la demanda media se calculan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$VC = \frac{N \sum_{j=1}^N D_j^2}{\left[ \sum_{j=1}^N D_j \right]}$$

Con su resultado se debe aplicar las siguientes variables de decisión (Silver & Meal, 1973):

*Tabla 2 .-Variables de decisión (VC)*

Si $VC < 0,20$	Utilizar técnicas clásicas
Si $VC > 0,20$	Utilizar métodos heurísticos

*Fuente. - Silver & Meal, 1973*

### **2.8.5. Modelos de gestión de inventario**

La figura 4 muestra los diferentes modelos de gestión de inventarios, aquí se mencionan las técnicas clásicas como las del EOQ y los métodos heurísticos a desarrollar a continuación (Flores & Parra, 2012):

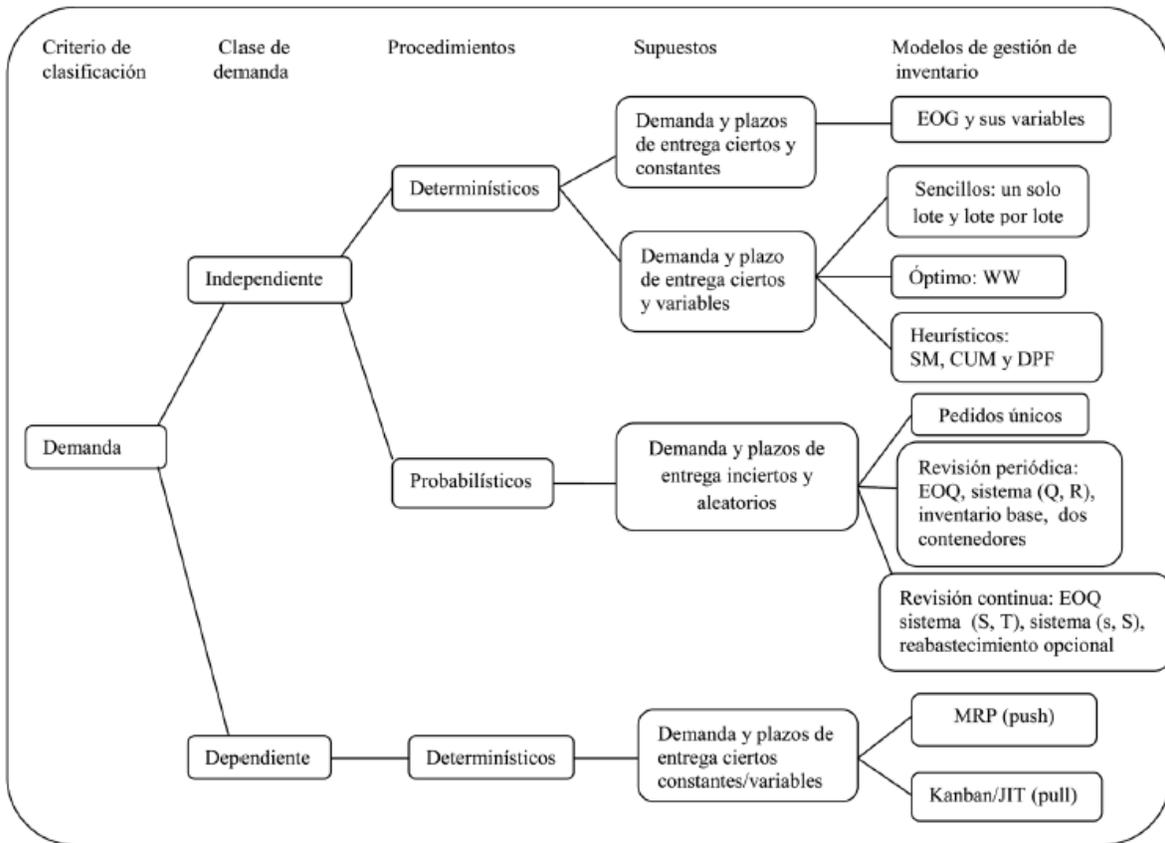


Figura 4.-Modelos de gestión de inventarios

Fuente: Flores & Parra; 2012

### A. Demanda independiente contra demanda dependiente

Entre las características de la demanda tenemos que si esta se deriva de una pieza final se considera una demanda dependiente, o si se relaciona con la pieza misma se trata de una demanda independiente.

Para el control de una demanda dependiente se necesita calcular las cantidades necesarias de una pieza con base en la necesidad de las piezas de nivel superior; en una demanda independiente las piezas no están relacionadas entre sí y cubren alguna necesidad de la demanda

externa, siendo necesario la utilización de gran variedad de técnicas, entre las que incluyen técnicas de pronósticos, tendencias económicas y sociológicas, entre otras. Al ser tan incierta la demanda independiente es necesario manejar unidades adicionales en el inventario, para ello existen distintos modelos los cuales permiten determinar cuántas unidades es necesario pedir y cuantas unidades adicionales se deben tener para reducir el riesgo de faltantes. (Chase & Aquilano, 2008)

#### ***2.8.5.1. Modelos de inventario para demanda independiente***

En la literatura podemos encontrar que existen dos modelos de control de inventarios los cuales se basan en la cantidad de pedido fijo (Cantidad económica de pedido EOQ y el modelo Q) y en el pedido fijo (Sistema de revisión periódica o modelo P) los cuales se desarrollaran a continuación (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008):

##### ***A) Cantidad económica de pedido (EOQ = Economic Order Quantity)***

En la búsqueda de encontrar un equilibrio entre el costo de almacenamiento y el costo por hacer un pedido y/o los costos de preparación se han desarrollado varias técnicas u métodos; un buen punto de partida para lograr este equilibrio es calculando el EOQ, es decir, el tamaño de lote que permite minimizar los costos totales anuales por mantenimiento y pedidos; basándose en las siguientes suposiciones:

1. Artículos con una tasa de demanda constante y que se conoce con certeza.

2. No existen restricciones para el tamaño del lote
3. Los costes relevantes son: costo de mantenimiento de inventario, costo por hacer pedido y costo por preparación.
4. Se puede combinar varios pedidos que vayan dirigidos al mismo proveedor
5. El tiempo de espera es constante, los pedidos llegan completos y a tiempo

El EOQ será óptimo cuando satisfaga las suposiciones anteriores, constituyendo a menudo una aproximación razonable del tamaño de lote adecuado, aun cuando no todas las suposiciones sean aplicables; se debe tomar en cuenta que el EOQ no es una herramienta de optimización, pero puede ser muy útil para muchas situaciones.

Como la mayoría de los cálculos hay excepciones para determinadas situaciones, así como formas de ajustarlo a las necesidades o su utilización directamente; a continuación, se enlistan las situaciones para cada caso:

1. No se usa el EOQ cuando:
  - Cuando la estrategia aplicada es la “fabricación por pedido” y el pedido debe ser entregado en un solo embarque
  - Si existen restricciones de capacidad tanto en planta como para el transporte
2. Modificación del EOQ:
  - En presencia de descuentos por cantidad en lotes de gran tamaño
  - Cuando el abastecimiento no se lo realiza inmediatamente

3. Usar EOQ en los casos de:

- Cuando la empresa use la estrategia de “fabricar para mantener en inventario” y el producto tiene demanda generalmente estable
- Cuando los costos de mantenimiento, pedido y preparación son generalmente estables (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

Para calcular e interpretar en EOQ, es necesario tener claro el concepto de costo total con un determinado tamaño de un lote Q. El costo total es la suma de los costos asociados a la obtención de dicho inventario como se ve en la Ecuación 6.- Costo total del inventario

$$CT = C_{ordenar} + C_{almacenamiento}$$

Donde:

$CT$  = Costo total del inventario, es la sumatoria de todos los costos que intervienen en el reabastecimiento del inventario

$C_{ordenar}$  = Estos costos incluyen los costos relacionados con el transporte y recibo de la mercancía; Ecuación 7.- Costo por ordenar

$$C_{ordenar} = S \frac{D}{Q}$$

Donde S es el costo de lanzamiento o costo de ordenar, D es la demanda anual y Q la cantidad a ordenar; siendo el número de pedidos a los años representados por la relación de D/Q, que multiplicados dan como resultado el costo de ordenar anual.

$C_{almacenamiento}$  = Se refiere al costo de instalaciones o arrendamiento de almacén.  
Ecuación 8.- Costo de almacenamiento

$$C_{almacenamiento} = hC \frac{Q}{2}$$

Donde C es el costo unitario del producto, h es el costo de mantener un ítem e inventario anualmente y Q/2 representa el inventario promedio; dando como resultado el costo anual del almacenamiento.

Para obtener la ecuación del EOQ es necesario despejar la Q del Costo total, como se muestra en la Ecuación 9.- Ecuación del EOQ

(Cortes, 2014)

$$CT = C_{ordenar} + C_{almacenamiento} = S \frac{D}{Q} + hC \frac{Q}{2}$$

$$Q^* = EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{hC}}$$

La figura 5 ilustra el balance entre el costo de posesión de inventario y el costo de pedido.

Existe una cantidad específica que dan el menor costo, este es el EOQ:

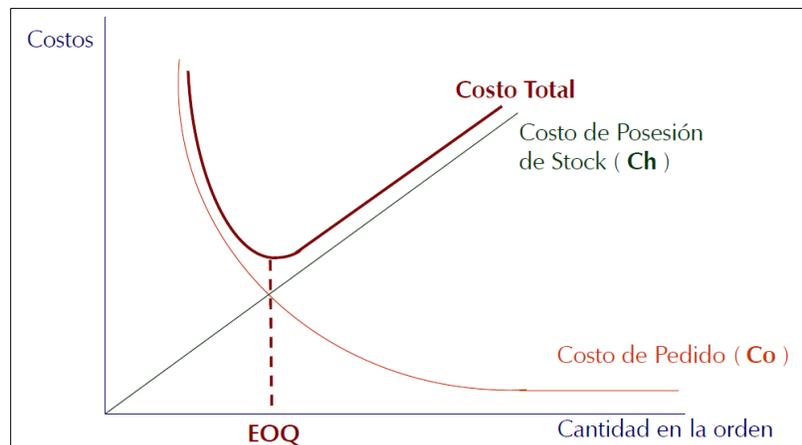


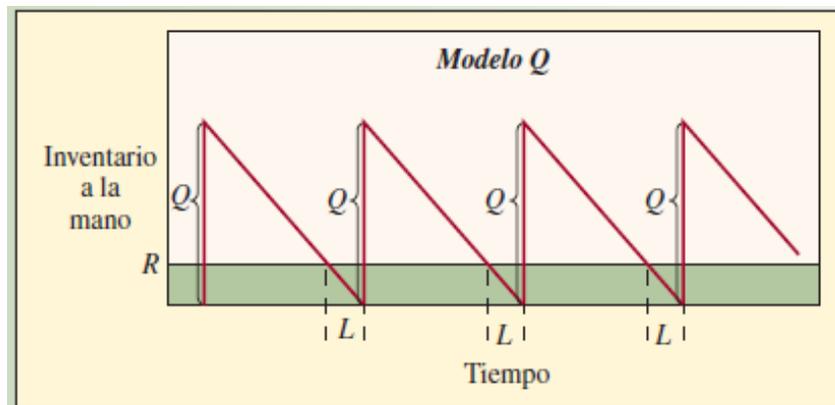
Figura 5.-Lote económico

Fuente: Jorge Abad M.

**B) Sistema de revisión continua (Q)**

También llamado punto de reorden (ROP) o sistema de cantidad fija, es un sistema que controla el inventario restante, es decir, controla las salidas del inventario a fin de determinar si es tiempo de reordenar. Estos modelos pretenden determinar el punto donde se hará un nuevo pedido (R) el cual siempre será un número específico de unidades, así como su tamaño Q. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

El sistema trata de hacer un pedido de tamaño Q cuando el inventario, tanto en existencias como existencias más pedido, lleguen al punto R, como se muestra en la figura 6:



*Figura 6.-Modelo básico de cantidad de pedido fijo*

*Fuente: B.Chase & Jacobs, 2014*

Para decidir cuánto ordenar, se debe analizar cuando ordenar; la mayoría de modelos son sencillos y asumen que la recepción de un pedido es inmediata y por ende que el momento adecuado para hacer un nuevo pedido es cuando el inventario ha llegado a cero, sin embargo, en la práctica vemos que esto no sucede puesto que existe un tiempo entre la colocación de la orden y la recepción de los artículos, el cual puede ser de un par de horas o de varios meses.

Para ello la decisión de cuando ordenar suele expresarse en términos de un ROP el cual determina el punto o la cantidad mínima para hacer un reabastecimiento y se lo calcula con la Ecuación 10.- Punto de reorden

$$\text{ROP} = d * L$$

Donde:

$d$  = Demanda diaria

$L$  = Tiempo de aprovisionamiento

La demanda diaria ( $d$ ) se la obtiene dividiendo la demanda anual ( $D$ ), entre el número de días de trabajo al año (Heizer & Render, 2010). Ecuación 11.- Demanda diaria

$$d = \frac{D}{\# \text{ de días trabajados en el año}}$$

### **C) *Sistema de periodo fijo (P)***

Sistema de intervalos fijos o sistema de reorden periódica, donde la posición de un artículo dentro del inventario se lo revisa periódicamente y no en forma continua, colocando las ordenes al final del periodo cuando se los cuenta; haciendo una orden que permita elevar el inventario a un nivel especificado.

En la figura 7 se muestra gráficamente el concepto anteriormente mencionado, mostrando diferentes niveles de inventario ( $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$ ), en intervalos regulares ( $P$ ), con una meta de cantidad ( $T$ ). (Heizer & Render, 2010):

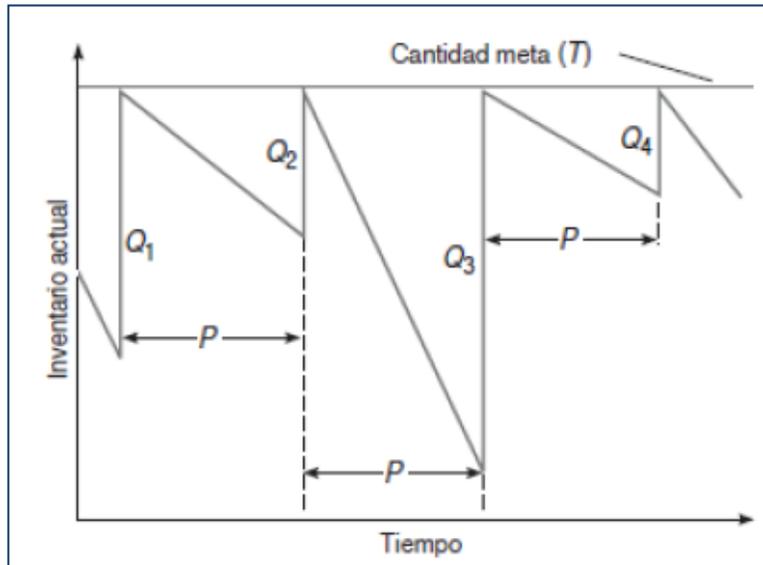


Figura 7.-Sistema de periodo fijo (P)

Fuente: Heizer & Render, 2010

Cuando la demanda es incierta, el pedido debe ser suficiente para cubrir el nivel objetivo de inventario (T), evaluando la demanda durante el intervalo de tiempo. En los sistemas P, se desarrolla una distribución de la demanda para P+L periodos, donde el nivel objetivo de inventario T deberá ser igual a la demanda esperada durante el intervalo de protección de P+L periodos, más un inventario de seguridad para protegerse de la incertidumbre de la demanda. Ecuación 12.- Nivel objetivo de inventario

$$T = d(P + L) + \text{Inventario de seguridad}$$

Donde:

$T$  = Cantidad meta

$d$  = Demanda diaria, mensual, ...

$L$  = Tiempo de aprovisionamiento

$P$  = Tiempo de periodo

Este tipo de sistemas requieren de un inventario de seguridad para cubrir la incertidumbre de la demanda durante el periodo, por lo tanto, es necesario que los niveles de inventario sean un poco más altos que los del sistema Q. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

**D) *Inventario de seguridad (SS-Safety Stock)***

Para establecer un inventario de seguridad se debe determinar, por parte de la gerencia, un nivel de servicio que se desea ofrecer en el almacén a fin de reducir la probabilidad de que el inventario se agote y se incumpla con el cliente; como siguiente paso está el estudio de la demanda y el tiempo de abastecimiento para establecer la distribución estadística de estas variables. Frecuentemente estas variables poseen una distribución Normal, permitiendo obtener la media y la desviación estándar para la demanda.

El cálculo del inventario de seguridad toma como referencia a la cantidad de materia requerido en stock, para que la variación en estas variables no sobrepase este valor (Chase & Aquilano, 2008). Ecuación 13.- Inventario de seguridad

$$SS = Z * \sigma_L$$

Donde:

$Z$  = Variable aleatoria para el nivel de servicio

$\sigma_L$  = Desviación estándar del uso durante el tiempo de entrega

Los valores que usualmente se dan para el nivel de servicios son los siguientes:

*Tabla 3 .- Valores del nivel de servicio (Z) más comunes*

Probabilidad Acumulada (nivel de servicio)	Z
0.9	1.28
0.95	1.65
0.98	2.05
0.99	2.33
0.9986	3.00
0.9999	4.00

*Fuente: Cortes, 2014*

Cuanto más alto sea el nivel de servicio mayor será el inventario de seguridad, caso contrario si el nivel de servicio se establece en 0 no existirá un inventario de seguridad y presentaran un 50% de agotaos en los tiempos de entrega. (Cortes, 2014)

#### **2.8.5.2. Métodos heurísticos**

Un método heurístico es un planteamiento que aprovecha la forma del problema mediante el uso de un grupo de reglas y procedimientos racionales, basado en el hecho de que el objetivo es minimizar el costo promedio manteniendo el nivel de inventario suficiente para satisfacer la demanda por periodos; brindando en la mayoría de casos una solución al problema la cual, en ocasiones, puede ser la óptima. (Sipper & Bulfin, 1998)

Entre las técnicas heurísticas que han brindado alta eficiencia y eficacia en la solución de problemas para el área de inventarios con demanda variable tenemos 3 enfoques que son (Zapata, 2012):

## A) Silver Meal (SM)

Creado por Halan Meal y Edwards Silver, el algoritmo de Silver-Meal es un método heurístico que pretende obtener el costo mínimo en orden de compra y el costo de mantener el inventario para varios periodos futuros, digamos  $m$ , logrando el costo promedio mínimo por periodo para el lapso de  $m$  periodos. (Sipper & Bulfin, 1998). Se considera como costo variable al costo total del inventario, en este caso, al costo de ordenar más el costo por mantener el inventario, en donde la demanda futura para  $n$  periodos está dada por Ecuación 14.- Silver Meal:

$$(D_{1t}, D_{2t}, \dots, D)$$

Sea  $TCUT(m)$  el costo variable promedio por periodo si la orden cubre  $m$  periodos. Esto supondría que el costo por mantener se da al final del periodo y que la cantidad necesaria para el periodo se usa al principio del mismo. Al ordenar  $D$  en el periodo 1 se obtiene:

$$TCUT(1) = S = \text{Costo por ordenar}$$

En el caso de ordenar  $D_1 + D_2$  en el periodo 1, se obtiene:

$$TCUT(2) = \frac{1}{2}(S + hD_2)$$

Donde  $h$  es el costo mantener una unidad en almacén durante un periodo, en este caso se almacenan  $D_2$  unidades, esta cantidad se multiplica por  $h$  y se divide para 2 a fin de obtener el costo promedio. En el caso de ordenar 3 periodos se aplica:

$$TCUT(3) = \frac{1}{3}(S + hD_2 + 2hD_3)$$

En caso de 4 a más periodos se aplica la ecuación;

$$TCUT(m) = \frac{1}{m}(S + hD_2 + 2hD_3 + \dots + (m - 1)hD_m)$$

Se calcula  $K(m)$ ,  $m=1, 2, 3, \dots, m$ , y se detiene cuando

$$TCUT(m + 1) > TCUT(m)$$

En otras palabras, cuando el periodo en el que el costo promedio por periodo empieza a crecer. En el periodo 1 se ordena una cantidad que cumpla con la demanda de los siguientes  $m$  periodos donde:

$$Q_x = S + D_2 + \dots + D_m$$

Donde  $Q$  es la cantidad ordenada en el periodo  $i$  y cubre  $m$  periodos futuros. En el caso de que se emite la orden en periodo  $i$ , entonces la  $Q_x$  es cero. El proceso se repite en el periodo  $(m+1)$  y continua en el horizonte de tiempo planeado. (Sipper & Bulfin, 1998)

### **B) Algoritmo de Wagner-Whitin (WW)**

Desarrollado por Harvey Wagner y Thomson Whitin en el año de 1958 con el objetivo de obtener soluciones óptimas para los problemas de la gestión de inventarios; por medio de programación dinámica la cual se asienta en el cálculo de una matriz de costes variables para todas las alternativas de pedidos durante un horizonte de tiempo. (Nunes, 2015)

Este algoritmo tiene como objetivo minimizar el costo por ordenar y de mantener el inventario; dando como resultado un costo mínimo por una cantidad por ordenar optima, evaluando todas las maneras posibles de ordenar a fin de cubrir la demanda en cada horizonte

de tiempo; este algoritmo se escribe matemáticamente de la siguiente forma. Ecuación 15.-

Wagner Whitin:

$$K_{tl} = A + H \left[ \sum_{j=t}^l (j - t) D_j \right] \quad j \geq 1$$

$$t = 1, 2, \dots, n \quad ; \quad l = t + 1, t + 2, \dots, n$$

$$K_l = \min_{t=1, 2, \dots, l} \{K_{t-1} + K_{t,l}\}$$

$$l = 1, 2, \dots, N$$

Donde:

$A$  = Costo de la orden de compra o de preparación para la producción

$H$  = Costo de mantenimiento del inventario por periodo

$D_j$  = Demanda para el periodo  $j$

$K_l$  = Costo mínimo del periodo 1 al  $l$  con inventario cero al final del periodo  $l$

$D_j$  = Se define como cero, y la solución de costo mínimo esta dado por  $K_N$

Como todo modelo matemático se debe seguir pasos para su desarrollo:

1. Definir el criterio de la función objetivo, el cual es minimizar costos de mantener y de ordenar.
2. Identificar y definir las variables además de las restricciones de balance, demanda, binaria, limite y no negatividad.

Variables de decisión:

$X_i =$  Cantidad de unidades a ordenar en el periodo  $i$

$I_i =$  Inventario en unidades al final del periodo  $i$

$W_i =$  ¿En el periodo  $i$  se ordena?

$i = \{1,2,3,4,5,6,7,8, \dots, n\}$

### 3. Formulación de la función objetivo

$$Z_{MIN} = S(W_1 + W_2 + W_3 + W_n) + H(I_1 + I_2 + I_3 + I_n)$$

4. Resolver utilizando el software Win QSB por medio de la herramienta *Linear and Integer Programming* se puede obtener la solución al modelo formulado (Flores & Parra, 2012)

### **C) Balanceo de periodo fragmentado (BPF)**

Este método intenta minimizar la suma del costo variable para todos los lotes, equilibrando el costo de ordenar un pedido y el costo de mantener el inventario tomando en cuenta las necesidades futuras del siguiente lote. Se debe considerar el análisis del EOQ que, si la demanda es uniforme, el costo de ordenar es igual al costo de almacenar, aunque esto no se aplica para la demanda irregular. (Vidal Holguín, 2017)

El equilibrio de unidades entre periodos genera una tasa llamada factor de periodo fragmentado (FPF), que es la relación entre el costo de ordenar y mantener el inventarios. En este tipo de modelo para obtener el costo de mantener el inventario se introduce el periodo

fragmentado. Como ejemplo tenemos 10 unidades en inventario durante un periodo, estos son iguales a 10 periodos fragmentados, lo que es igual a 5 unidades en inventario durante 2 periodos. Donde la Ecuación 16.- Balanceo de Periodo Fragmentado es:

$$PF_m = \text{periodo fragmentado para } m \text{ periodos}$$

Así,

$$PF_x = 0$$

$$PF_2 = D_2$$

$$PF_3 = D_2 + D_3$$

$$PF_m = D_2 + D_3 + (m - 1)D_m$$

El costo de mantener el inventario es  $h(PF_m)$ , y se requiere seleccionar el horizonte de pedidos  $w$  que cubra el costo de ordenar  $A$ , eligiendo  $m$  tal que:

$$A = h(PF_m) \quad \text{o sea} \quad PF_m = j$$

Esto también es la regla de detención, donde  $A/h$  se llama “factor económico de periodo fragmentado”. Donde el tamaño está dado por la

$$Q_x = D_1 + D_2 + \dots + D_m$$

Este proceso se repite comenzando con el periodo  $m+1$ . El método de BPF se aplica mayormente en la industria y se lo conoce también como costo total mínimo. (Sipper & Bulfin, 1998)

## 2.9. PRONÓSTICOS

Pronosticar es la ciencia y arte de predecir eventos futuros. Un pronóstico es un proceso matemático que implica tomar datos históricos y proyectarlos algunos periodos al futuro, esta proyección puede ser una predicción subjetiva, intuitiva o una combinación de ambas (un modelo matemático ajustado). Los pronósticos no son perfectos, generan costos y requieren de tiempo para prepararse y ser evaluados. (Méndez Giraldo, 2003).

El plan estratégico tanto de datos para el corto como largo plazo, dependen de un pronóstico de la demanda de los productos, haciendo inevitable la utilización de los pronósticos; dependiendo su longitud temporal de los datos que se requieren, según su enfoque jerárquico se puede determinar tres tipos de pronósticos: corto, mediano y largo plazo, los cuales corresponden a administración del tipo estratégico, táctico y operativo, respectivamente. (Heizer & Render, 2010)

- Corto plazo (3 a 12 meses). - Son pronósticos necesarios para todos los departamentos de una organización, aunque se usan frecuentemente en áreas como mercadotecnia, producción y administración; utilizando metodologías como promedios móviles, suavización exponencial y extrapolación; siendo más precisos que los de largo plazo.
- Mediano plazo (6 meses a 3 años). - Empleados mayormente en las áreas de producción y ventas, apoyando generalmente a las decisiones administrativas; generalmente emplea el método de suavización exponencial doble o método de Holt.

- Largo plazo (más de 3 años). - Este tipo de pronóstico se utiliza para planear nuevos productos, desembolsos de capital, localización de instalaciones, investigación y desarrollo. (Frazier, 2014)

### **2.9.1. Importancia**

Los pronósticos brindan información utilizada en áreas financieras y de contabilidad, formando parte de la base de planeación corporativa, planeación de presupuestos y control de costos, a corto, mediano y largo plazo; de los pronósticos parte la toma de decisiones para: planeación de nuevos productos, producción, recursos humanos, planeación de capacidades, distribución en planta, programación, inventario, entre otros. (Méndez Giraldo, 2003)

### **2.9.2. Pasos para efectuar un pronóstico de demanda**

Como todo modelo matemático, para su resolución se debe seguir una serie de pasos a fin de determinar el mejor modelo a implementar. Los pasos que se siguen para efectuar un pronóstico son:

1. Determinar el fin del pronóstico: cuál es el objetivo al que se quiere llegar con el pronóstico.
2. Seleccionar los datos a pronosticar: Aquí se debe estandarizar la unidad a utilizar, determinar el tipo de datos los cuales dependen del tipo de actividad de la empresa.

3. Establecer el horizonte de tiempo del pronóstico: Este horizonte de tiempo puede ser a corto, mediano o largo plazo; se debe tomar en cuenta que a mayor horizonte de tiempo, más impreciso puede ser el pronóstico.
4. Seleccionar los modelos de pronóstico: Estos pueden ser cualitativos o cuantitativos, dependiendo de la necesidad de la empresa.
5. Recopilación de datos para el pronóstico: Se debe tener en cuenta el modelo seleccionado para clasificar los datos que necesita el modelo; estos datos pueden ser encuestas, registros de ventas, históricos de pedidos, entre otros.
6. Realizar el pronóstico: Se seguirán los pasos de acuerdo con el modelo seleccionado.
7. Validación de los datos obtenidos: Existen medidas de error para determinar la validez de un pronóstico; al igual, se lo puede comparar con la demanda real a fin de determinar qué tan bien o mal el pronóstico obtenido. (Ingenio Empresa, 2017)

### **2.9.3. Tipos de pronósticos**

Los pronósticos son absolutamente necesarios para mantener la competitividad en un ambiente siempre cambiante y altamente dinámico, es por esto que existen distintos tipos de pronósticos los cuales permiten una adecuada toma de decisiones. En la tabla 4 se enumeran los tipos de pronósticos (Borisov, Bulanov, Orlova, & Kondratov, 2008):

*Tabla 4 .-Tipos de pronósticos*

Según el plazo	De corto plazo De mediano plazo De largo plazo
Según el entorno a pronosticar	Micro Macro
Según el procedimiento empleado	Cualitativo Cuantitativo
Según el producto obtenido	Pronóstico puntual Pronóstico por intervalo Pronóstico por densidad

*Fuente: Ortegon & Benavidez, 2015*

### ***2.9.3.1. Métodos cualitativos de pronóstico***

Esta técnica se basa en los criterios administrativos de la empresa mas no en un modelo específico, lo que hace que sus resultados sean muy variables obteniendo discrepancias u pronósticos sumamente diferentes (Ballou, 2004).

Son técnicas para pronosticar donde se incorporan factores como la intuición, emociones, experiencias personales, entre otras. Estas técnicas de juicio se usan cuando los datos son escasos, por lo general cuando se introduce un nuevo producto al mercado (Heizer & Render, 2010); entre las técnicas empleadas para este método tenemos descritas en la tabla 5:

*Tabla 5 .-Métodos cualitativos de pronóstico*

Método	Descripción	Aplicaciones	Exactitud			Costo relativo
			A corto plazo	A mediano plazo	A largo plazo	
1. Delphi	El pronóstico se desarrolla por medio de un panel de expertos que responden a una serie de preguntas en ronda sucesivas. Las respuestas anónimas del panel se realimentan a todos los participantes en cada ronda. Se pueden requerir de tres a seis rondas para obtener la convergencia del pronóstico.	Pronósticos de ventas a largo plazo para la planeación de la capacidad de las instalaciones. Pronósticos tecnológicos para evaluar cuando podrían ocurrir cambios tecnológicos.	Regular a muy buena	Regular a muy buena	Regular a muy buena	Mediano a alto
2. Estudios de mercado	Paneles, cuestionarios, mercados de prueba o encuestas que se usan para recopilar datos sobre las condiciones del mercado	Pronósticos de las ventas totales de la campaña, de grupos mayores de productos o de productos individuales	Muy buena	Buena	Regular	Alto
3. Analogía del ciclo de vida	La predicción se basa en las fases de introducción, crecimiento y maduración de productos similares.	Pronósticos de ventas a largo plazo para la planeación de la capacidad de las instalaciones	Deficiente	Regular a muy buena	Regular a muy buena	Mediano
4. Pronóstico visionario	Se utiliza las perspectivas personales, juicios y hechos acerca de distintos escenarios futuros; conjeturas subjetivas e imaginación	Pronóstico de ventas totales, de grupos mayores de producto o de productos nuevos	Muy buena	Buena	Regular	Bajo

*Fuente: Heizer & Render, 2010/ Ballou, 2004*

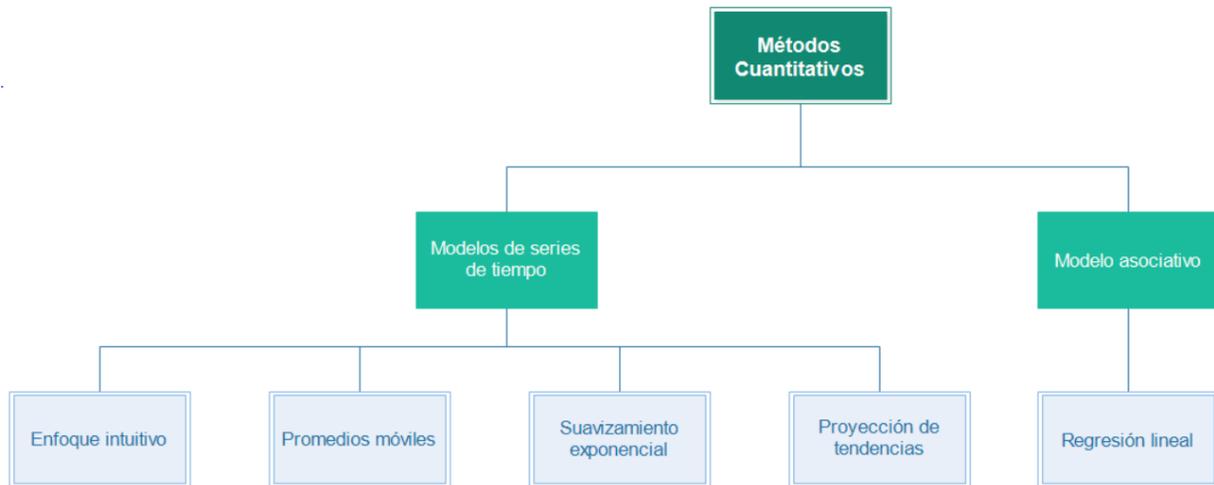
### **2.9.3.2. Métodos cuantitativos de pronóstico**

Se los emplea cuando las empresas poseen datos históricos, trata de una técnica estadística para hacer proyecciones utilizando modelos matemáticos y la experiencia previa para predecir

eventos futuros, haciendo que este método refleje predicciones más confiables para los periodos futuros. (Giraldo, 2014)

Siguiendo lo que se menciona en el libro de (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008), las técnicas cuantitativas se utilizan para hacer proyecciones al futuro utilizando datos históricos los cuales, por medio de modelos matemáticos, son llevado a varios periodos al futuro; la cantidad de periodos al futuro que se obtengan dependerán de los datos históricos proporcionados.

Para la ejecución de estos métodos existen varios modelos que se pueden implementar, los cuales se encuentran mencionados en la figura 8:



*Figura 8 .-Métodos cuantitativos*

*Fuente: Ortegon & Benavidez, 2015*

#### **2.9.4. Métodos causales o asociativos**

Los métodos causales de pronóstico, conocidos como el análisis de regresión, desarrollan un modelo de causa y efecto entre la demanda, por medio de una ecuación matemática que

permite explicar los valores de una variable dependiente en términos de la variable independiente. Entre los métodos causales más usados tenemos (Villarreal, 2016):

- Análisis de regresión
- Correlación lineal
- Coeficiente de determinación
- Regresión lineal múltiple
- Redes neuronales

#### ***2.9.4.1. Redes neuronales artificiales (RNA)***

Las RNA son modelos del cerebro humano, que tratan de reproducir la capacidad de memorizar y asociar hechos reales por medio de redes interconectadas en paralelo, las cuales intentan adoptar características propias de los seres humanos. Este modelo no lineal demuestra tener gran capacidad predictiva en múltiples campos debido a su gran desarrollo teórico y su difusión.

En el ser humano el cerebro es capaz de procesar gran cantidad de información proveniente de los sentidos para dar respuestas ante situaciones cotidianas o nuevas, almacenando información que permite desarrollar tales habilidades, mientras que las RNA fueron creadas para presentar características parecidas a las del cerebro humano, como es la capacidad de aprender de la experiencia. (Siadén, 2012)

Las RNA están conformadas por neuomas interconectadas y arregladas en tres capas: capa de entrada, capa oculta y capa de salida como se muestra en la figura 9, donde la capa oculta puede estar estructurada por varias capas (Matich, 2001):

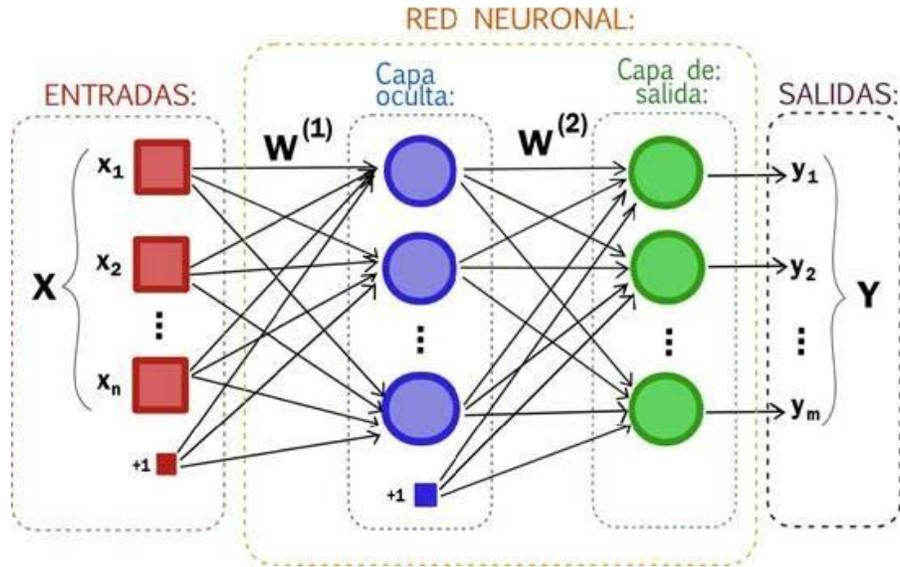


Figura 9.-Ejemplo de red neuronal  
Fuente: Matich, 2001

Para el desarrollo de un pronóstico, las redes neuronales se basan en modelos matemáticos simples; para ellos es necesario seguir un proceso, debido a que la red neuronal se establecerá en función de los factores que afecten la demanda y la demanda como salida (Hu, Sun, & Wen, 2014).

### 2.9.5. Errores en los pronósticos

Un error en la medición se considera como la diferencia entre un valor que se mide y un valor verdadero, en el caso de los pronósticos de la demanda se lo define como la comparación entre el valor pronosticado y el valor real. Ecuación 17.- Error del pronóstico

$$\text{Error de pronóstico} = \text{Demanda real} - \text{valor pronosticado}$$

Este cálculo permite tomar decisiones frente al método que mejores resultados de pronóstico brinda y lograr detectar cuando algo en la demanda no está correcto, a fin de realizar mejor la selección. Dentro de los errores en los pronósticos encontramos dos fuentes que son:

- A) **Sesgados.** - También conocido como sistemático, es ocasionado por un error constante como una mala interpretación de la demanda, variables incorrectas, entre otras; el cual puede ser minimizado por la experiencia del administrador.
  
- B) **Aleatorios.** - Es originado por factores imprevisibles, no se conocen sus causas.

Se debe tener en cuenta que todas las proyecciones contienen algún error ya que son el producto de una interacción de varios factores complejos; teniendo como medidas de error a los siguientes (Chase & Aquilano, 2008):

- Desviación absoluta de la media (MAD): Permite medir el error de pronóstico en la serie original mediante el promedio de la magnitud de los errores del pronóstico. Ecuación 18.-

Desviación absoluta de la media

$$MAD = \frac{\sum |Real - Pronóstico|}{n}$$

- Error medio cuadrático (MSE): Sirve para detectar los errores mayores, cada error se lo eleva al cuadrado, se suman y se dividen entre el número de observaciones. Ecuación 19.-

Error medio cuadrático

$$MSE = \frac{\sum \text{Error de pronóstico}^2}{n}$$

- Raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE): Como la medida anterior, esta también detecta los errores mayores, con la diferencia de que utiliza la misma unidad de medida de la serie original y se puede interpretar de manera más fácil. Ecuación 20.- Raíz cuadrada del error cuadrático medio

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n}}$$

- Porcentaje del error medio absoluto (MAPE): Indica el tamaño de los errores de pronósticos en términos de porcentajes comparados con los valores reales de la serie.

Ecuación 21.- Porcentaje del error medio absoluto MAPE

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

## CAPÍTULO III

### 3. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

#### 3.1. Descripción general de la empresa

Textiquim Cia.Ltda, es una empresa dedicada a la fabricación de productos químicos biodegradables para el área institucional, industrial, petrolera, textil, agrícola y doméstica bajo la norma de calidad ISO 9001-2008, con tecnologías limpias que preservan y protegen el medio ambiente.

Textiquim nace hace 30 años de la idea y emprendimiento del Ingeniero Hernán Rosania quien debido a su amplio conocimiento y experiencia en el campo ha logrado crear productos de alta calidad, satisfaciendo las necesidades de sus clientes de forma competitiva y tecnológicamente eficiente alcanzando la mejora continua en todos los procesos de su organización.

Desde su nacimiento la empresa ha fundamentado profundamente su compromiso con el medio ambiente y la calidad, por lo que ha obtenido las siguientes certificaciones que se muestran en la figura 10:



*Figura 10.- Certificaciones TextiQuim*

*Fuente: TextiQuim Cia.Ltda*

**3.1.1. Misión.** - Consolidarse como una empresa altamente competitiva, técnicamente en la fabricación de productos para uso, institucional, industrial, petrolera, textil, cosmética, farmacéutica y agrícola.

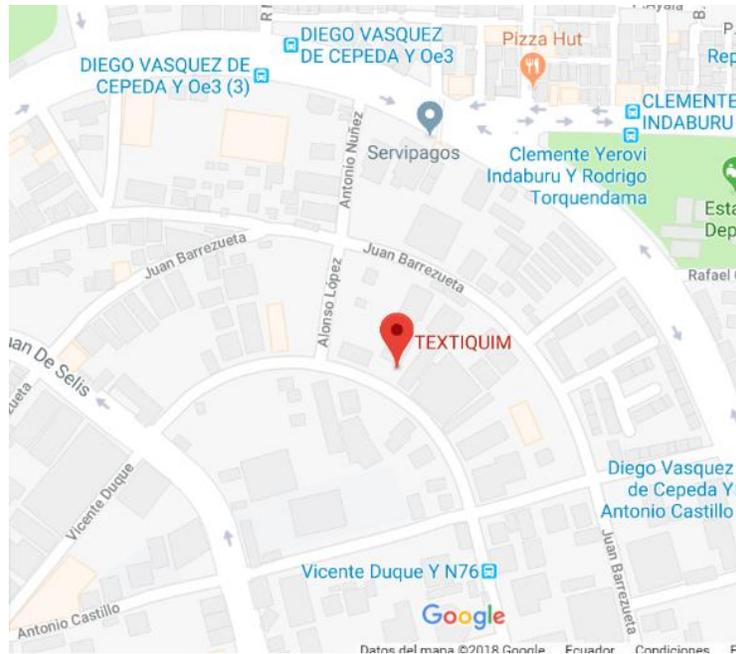
**3.1.2. Visión.** - Dentro de diez años, TextiQuim Cia.Ltda. Sera una empresa altamente competitiva en el sector químico industria nacional en la fabricación de productos de limpieza y desinfección en el área doméstica, institucional, industrial y agrícola, mediante la elaboración de productos de acuerdo a las Normas ISO 9001-2008 y con tecnologías limpias que preserven y protejan el medio ambiente y el ambiente laboral, con un personal bien capacitado y en armonía con el entorno.

### **3.1.3. Valores**

- Respeto irrestricto al ser humano, considerado como el elemento esencial para todo cambio.
- El liderazgo es el norte de la empresa.
- Responsabilidad integral en el cuidado del medio ambiente tanto interno como externo a la empresa.

### **3.1.4. Ubicación**

TextiQuim Cia.Ltda. se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, al norte de la ciudad Quito en las calles Vicente Duque, N77 443 y Juan de Selis: (TextiQuim Cia.Ltda., 2008)



*Figura 11 .- Ubicación empresa TextiQuim  
Fuente: TextiQuim Cia.Ltda*

### 3.1.5. Clientes

TextiQuim Cia.Ltda., tiene gran variedad de productos enfocados a diferentes industrias a nivel nacional; permitiendo brindar sus productos tanto al sector público, por medio del portal de compras públicas, como al sector privado:

- Agrícola
- Alimenticia
- Automotriz
- Consumo masivo
- Florícola

- Hospitalaria
- Institucional
- Metal mecánica y petróleos
- Textil

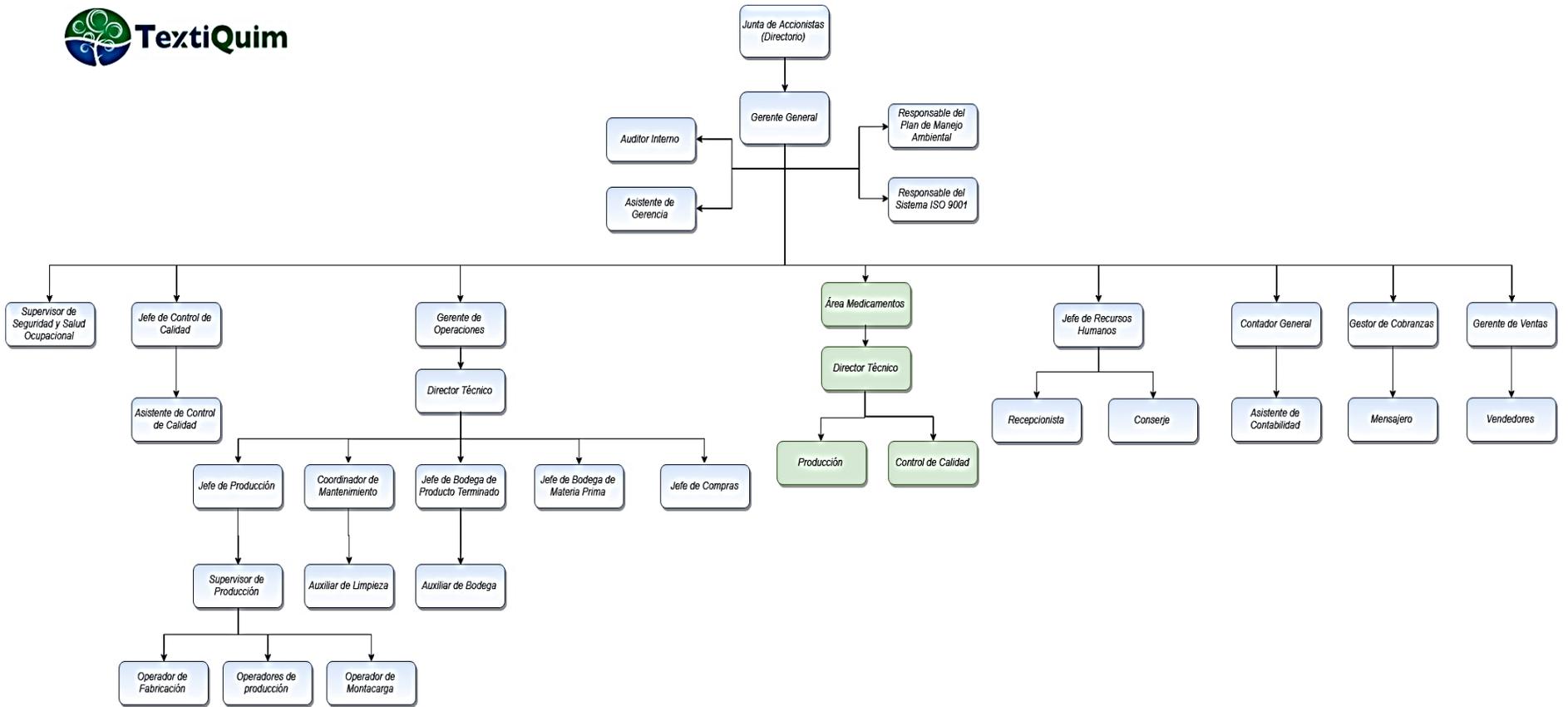
### **3.1.6. Proveedores**

A fin de garantizar la calidad de sus productos, TextiQuim.Cia.Ltda., busca trabajar con proveedores nacionales en su gran mayoría, apoyando de esta forma a la industria ecuatoriana y perfeccionando su certificación de “¡Mucho mejor! Si es hecho en Ecuador.

Sus proveedores son evaluados por el departamento de calidad, inspeccionando sus productos y valorándolos por medio de parámetros de calidad aceptables de la empresa.

### **3.1.7. Organigrama**

Actualmente, la empresa cuenta con más o menos 45 trabajadores, de los cuales el 50% se encuentran en el área operativa y el otro 50% distribuido en los diferentes departamentos. A continuación, en la figura 12, se muestra el organigrama de la empresa:



Especificaciones para el Organigrama:  
 Color celeste: Áreas correspondientes al sistema de gestión.  
 Color verde: Área de medicamentos

Figura 12 .-Organigrama empresa TextiQuim  
 Fuente: TextiQuim Cia.Ltda

### **3.2. Análisis y clasificación de los inventarios**

El objetivo de este apartado es mostrar de forma general la gestión actual de los inventarios en la empresa, además de describir el proceso, su clasificación y costos asociados a los inventarios de materia prima.

#### **3.2.1. Descripción del proceso**

El proceso de gestión de inventarios en la empresa empieza en el momento que el cliente realiza un pedido; cuando se trata de clientes del sector público la persona encargada comienza un proceso de pujas para que se le conceda el pedido por medio de la página web de compras públicas, en el caso del sector privado el cliente solicita el pedido por medio del departamento de ventas quien verifica si posee existencias o si se emite una orden de producción; bodega a su vez despacha los artículos tanto para el cliente (producto terminado) como para producción (materia prima), dependiendo de las circunstancias.

El jefe de producción recibe la orden y solicita los materiales a la bodega de materia prima, quien despacha los productos si cuenta con ellos o solicita al departamento de compras la compra de las materias primas faltantes; en planta se produce el pedido, se envía a control de calidad para su posterior envasado y despacho. En el Anexo A se muestra el flujograma del proceso de gestión de inventarios

### 3.2.2. Análisis de inventarios

Al ser TextiQuim una empresa enfocada en la producción de químicos para la limpieza, tiende a trabajar con varias materias primas (SKU) que permitan la elaboración de sus productos, los cuales sumados forman el 100% (cien por ciento) de su compuesto como se ve en la tabla 6:

*Tabla 6 .-Ejemplo de composición de productos*

Código pt	Producto	Código SKU	%
PT14	Antisarro	SKU34	0,01
		SKU2	0,1
		SKU4	0,89
PT19	Bioacid ultra	SKU34	0,1
		SKU2	0,2
		SKU4	0,7

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.3. Costos asociados a los inventarios de materia prima

Los inventarios de materia prima de la empresa TextiQuim Cia.Ltda. se encuentran determinados por costos de adquisición, ordenar, mantener y faltantes como se muestra en la tabla 7; siendo los costos de adquisición variables dependiendo del precio que se encuentre en el mercado. En el Anexo B se muestra la lista de los costos de cada producto.

*Tabla 7 .-Costos de los inventarios*

Unidad	Costo unitario	Costo de mantener	Costo por ordenar	Costo falta de existencia
Kg	Depende del precio del producto	2%	16,67	1%

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.2.4. Índice de rotación**

Este indicador permite identificar cuantas veces el inventario de materia prima se renueva o sale de bodega, permitiendo determinar la eficiencia en el uso del capital. Entre más alto sea el valor obtenido se puede dar por hecho que dicho artículo permanece menos tiempo en almacén e incurre en menos costos de almacenamiento. (Gerencie, 2018) En el Anexo C se muestra los resultados del índice para cada producto

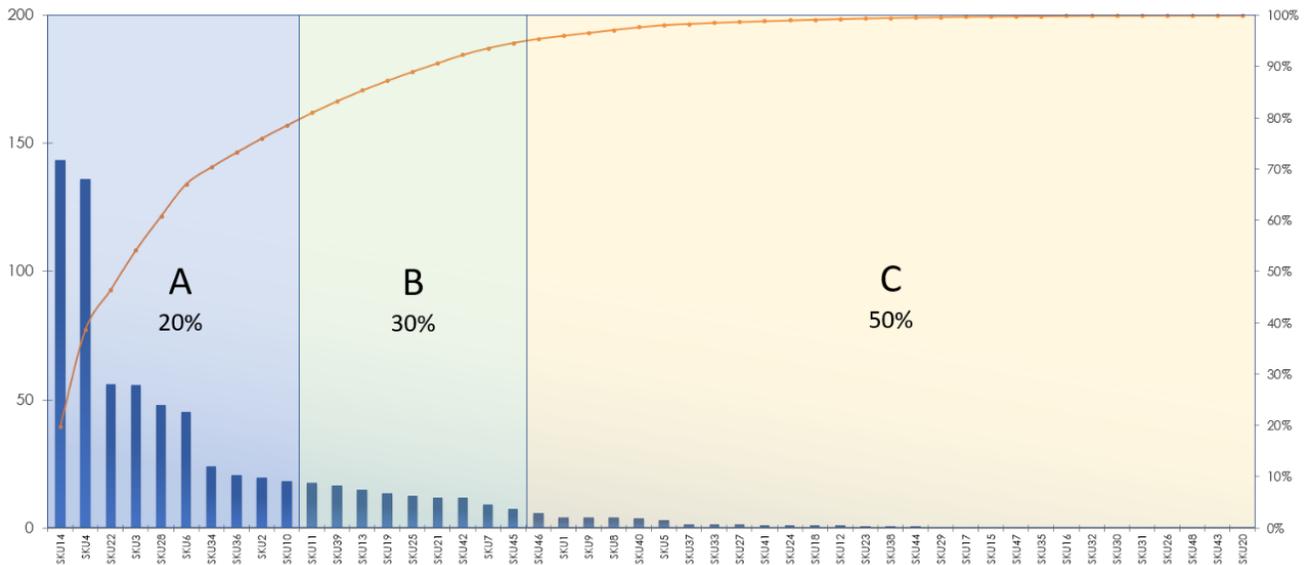
### **3.2.5. Clasificación ABC**

Mediante la aplicación de la metodología de clasificación y/o Pareto se realizó la clasificación del inventario, a fin de priorizar las materias primas que tienen más impacto o que son más importantes en la producción, y la intención es elaborar el diseño de un sistema de gestión de stock para todas las materias primas proporcionadas.

Para la clasificación ABC se recolectó, procesó y analizó datos históricos de tres años de pedidos de los productos seleccionados para evaluación, se desagrega en su composición y con esta información se elaboró una base de datos, la cual fue utilizada para realizar la clasificación ABC de los inventarios, considerando a autores como: (Heizer & Render, 2010), (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008) y (Taha, 2004). Estos detallan los pasos para la ejecución de esta metodología, los rangos de distribución y las características de criterio que brinda un enfoque de clasificación adecuado para los datos evaluados. En el Anexo D se muestra la participación de los diferentes artículos a lo largo de los 3 periodos evaluados y su clasificación ABC

Al ser el inventario de materias primas una inversión para la empresa TextiQuim es necesario un manejo adecuado, empezando por realizar la clasificación ABC que permite identificar en cuales artículos se encuentran más concentrado el capital de la empresa, cuáles son los artículos que nunca deben faltar en bodega y cuáles deben ser reubicados dentro de almacén para poder mejorar tiempos.

En la figura 13, se muestra gráficamente la clasificación ABC de los inventarios de materias primas aplicando la metodología de Pareto, que se realizó a la empresa:



*Figura 13 .-Análisis ABC de TextiQuim Cia. Ltda.*

*Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia*

En la tabla 8 se explica brevemente los resultados obtenidos gracias a la aplicación de la metodología de clasificación ABC, dando como resultado que los 48 (cuarenta y ocho) datos evaluados se dividen en:

*Tabla 8 .-Análisis ABC de TextiQuim Cia. Ltda*

ABC			Acumulados	
	Cantidad de artículos	Compras	Acumulados artículos	Acumulado compras
A	10	597717,11	10	597717,11
B	9	125533,58	19	723250,69
C	29	35059,62	48	758310,31
ABC	Porcentajes		Acumulados	
	Cantidad de artículos	Compras	Acumulados artículos	Acumulado compras
A	20,83%	78,82%	20,83%	78,82%
B	18,75%	16,55%	39,58%	95,38%
C	60,42%	4,62%	100,00%	100,00%

*Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia*

## **CAPÍTULO IV**

### **4. MODELO DE INVENTARIO PARA LA MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA TEXTIQUIM CIA.LTDA.**

En este capítulo se realiza el diseño del modelo de inventario para la materia prima utilizando herramientas para la clasificación de las materias primas, pronósticos y métodos para la gestión de inventarios que se adapten a las necesidades de la empresa, con el fin de dar solución al problema identificado.

Para la elaboración del diseño del modelo de inventario para la materia prima se obtuvo información histórica de los pedidos de la empresa, se realizó el cálculo del coeficiente de variabilidad, pronóstico de la demanda, aplicación de métodos y comparación de los resultados obtenidos; dentro de los métodos aplicados están el Silver Meal (SM), Wagner Whitin (WW) y Balanceo de Periodo Fragmentado (BPF).

#### **4.1. OBTENCIÓN DE DATOS**

La empresa TextiQuim Cia.Ltda. utiliza el software FIRESoft SQL para sus procesos de administración entre los cuales está el registro de los pedidos que realizan los clientes, esta información se puede extraer en formato de Excel.

Con la información de los pedidos se determinaron 30 familias de productos de los cuales se desglosan 48 materias primas las cuales están identificadas como SKU; esta información permitió el cálculo de las cantidades de materia prima requerida para satisfacer estos pedidos,

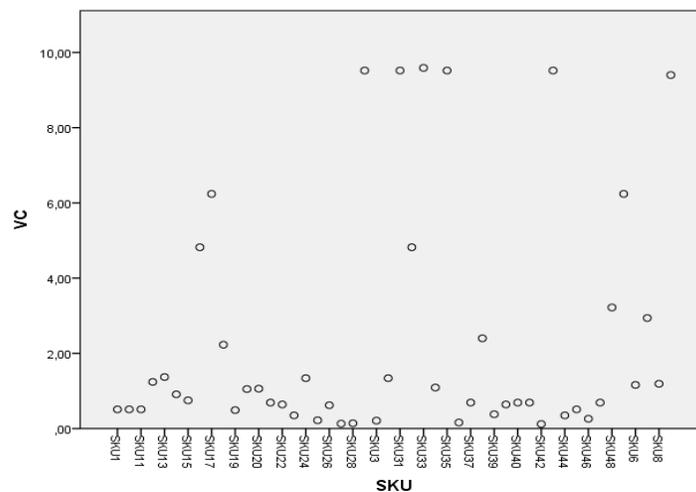
como se muestra en el Anexo E, creando así una base de datos histórica con 39 meses, los cuales van desde enero del 2016 hasta marzo del 2019.

#### 4.2. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE VARIACION (CV)

Este coeficiente permite determinar el patrón que sigue la demanda histórica de las materias primas, este patrón puede indicar una demanda perpetua o errática y estos resultados se los puede observar en el Anexo F.

#### 4.3. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD (VC)

Con los datos históricos se procede a realizar el cálculo del VC para la selección y diseño del método de inventario que se aplicará a la empresa, obteniendo como resultado los datos que se muestran en el Anexo F; la figura 14 muestra un diagrama de dispersión del VC:



Como se puede observar en el diagrama alguno de los SKU tiene un VC menor al 0,2, para los cuales se aplicará el método de EOQ ; y, según la metodología de (Silver & Meal, 1973), se aplicará métodos de inventario heurísticos a aquellos SKU que tengan un VC mayor o igual al 0,2; los métodos heurísticos a aplicar son:

- Algoritmo de Silver-Meal (SM)
- Wagner Whitin (WW)
- Balanceo de Periodo Fragmentado (BPF)

#### **4.4. ELABORACIÓN DE PRONÓSTICOS**

Para determinar la cantidad de demanda de materia prima que se requerirá para el periodo Abril-2019/Marzo-2020, se consideran los datos históricos del Anexo F y se procede a realizar el pronóstico de los 48 SKU, usando para la elaboración de pronósticos por métodos cuantitativos el software de *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) y el modelo de redes neuronales por medio del software R versión 3.6, y como método cualitativo el método de pronóstico visionario.

##### **A) *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS)**

Con los datos históricos se procede a introducir la información en el programa SPSS, como se muestra en la figura 15; el programa determina automáticamente el modelo de pronóstico

óptimo y que mejor se ajuste a cada SKU, calculando el error MSE de cada uno, analizando y seleccionando la mejor opción.

**Resumen del modelo**

Estadístico de ajuste	Media
R-cuadrado estacionaria	,825
R-cuadrado	,589
RMSE	48,862
MAPE	37,206
MaxAPE	182,058
MAE	35,109
MaxAE	132,629
BIC normalizado	7,966

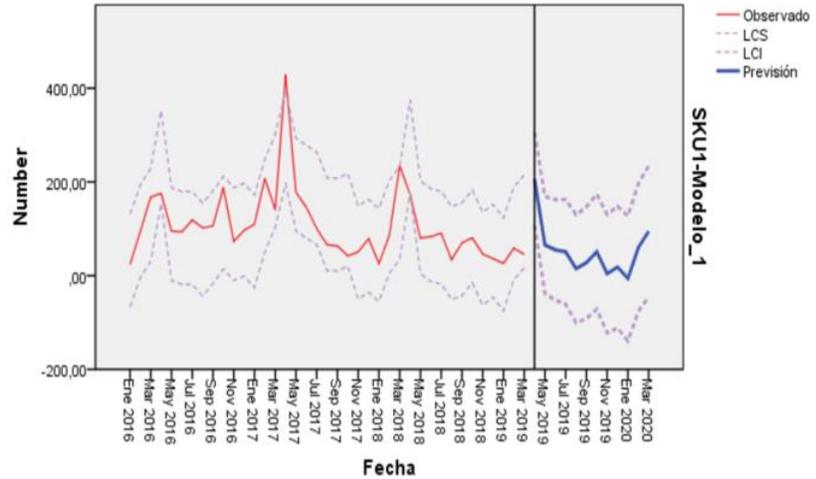


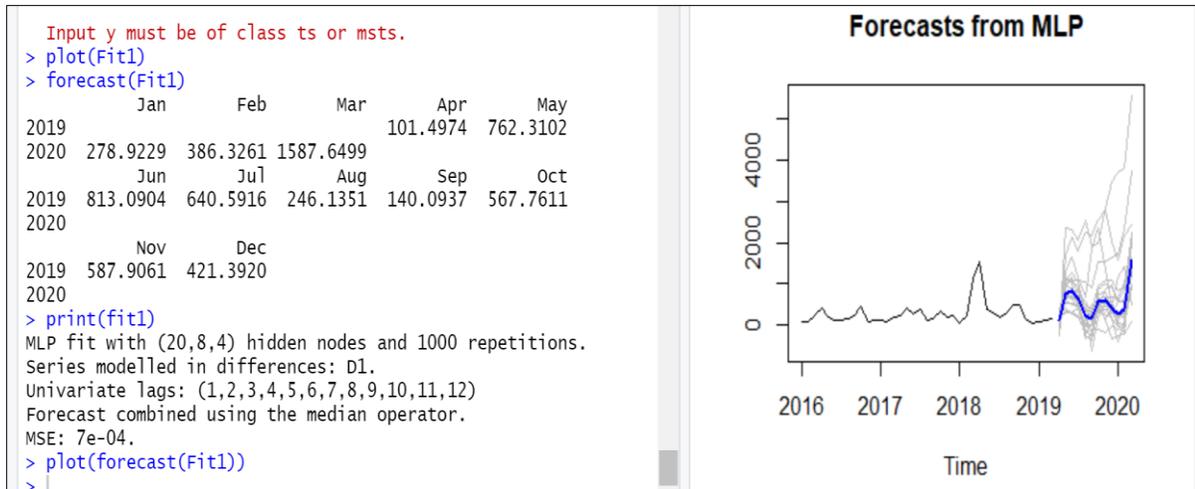
Figura 15 .-Programa SPSS

Fuente: Elaboración propia

Para dar un ejemplo de los resultados obtenidos mediante el programa SPSS se indica en el Anexo G los resultados obtenidos para el SKU1.

**B) Redes Neuronales – R versión 3.6**

Para la obtención de pronósticos mediante el método de redes neuronales se utilizó el software R versión 3.6, habilitando los paquetes de *nnfor* (pronósticos con redes neuronales), *forecast* (series de tiempo y modelos lineales) y *ggplot2* (creación de gráficos) como se muestra en el Anexo H; los cuales permiten que el solver analice los datos, determine la cantidad de capas de entrada y ocultas a evaluar, y finalmente arroje el pronóstico con su respectivo gráfico como lo muestra la figura 16 en el cual se realiza el pronóstico para el SKU1.



*Figura 16.-Programa R*

*Fuente: Elaboración software R*

### **C) Pronóstico Visionario**

Partiendo de un análisis de los datos obtenidos mediante los métodos anteriores se observa que algunos de los resultados son insatisfactorios para un grupo de SKU, debido a la irregularidad de los datos históricos; por lo que se toma como alternativa para estos artículos otro método de pronóstico.

Para el desarrollo del pronóstico visionario se realizó una evaluación junto con el personal de producción, de los resultados obtenidos con los métodos cuantitativos, quienes, por medio de su conocimiento, brindaron su opinión la cual permite crear un pronóstico basado en el juicio y la experiencia, aplicando este modelo a los artículos con pronóstico insatisfactorio.

#### **4.3.1. Comparación de resultados**

Para la comparación de los métodos de pronóstico se consideró el resultado del MSE el cual debe ser un valor cercano a cero. En la figura 17 se puede observar cómo varían los datos obtenidos de un método con el otro, permitiendo identificar claramente que el método a seleccionar es el de redes neuronales por medio de R.

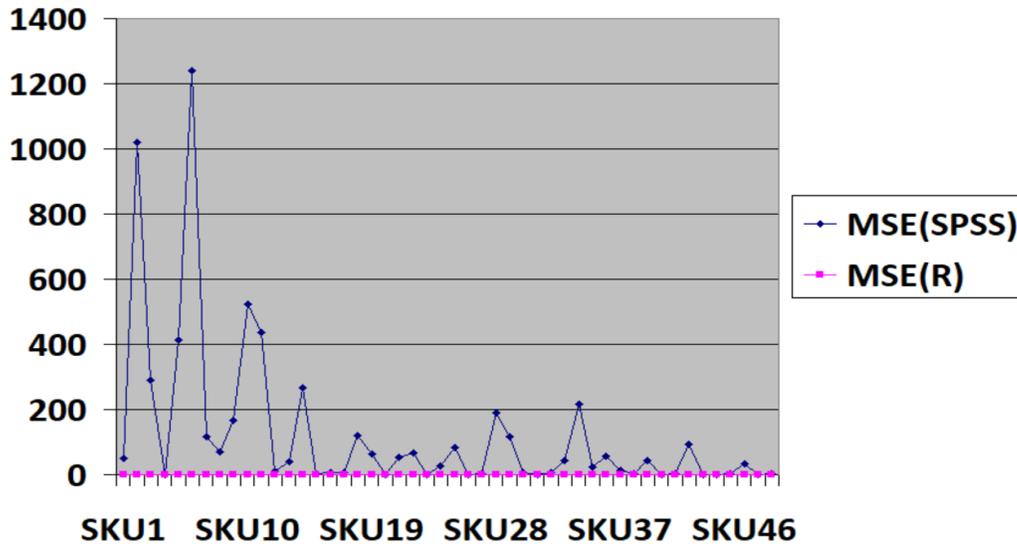


Figura 17.-Comparación de métodos para pronóstico

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para el periodo Abril 2019- Marzo 2020 se encuentran en el Anexo I.

#### 4.5. ELABORACIÓN DE MODELO DE INVENTARIO

De acuerdo con el valor obtenido por el cálculo del VC, se determina los métodos a usar, agrupando los datos en 2 grupos, los que usaran el modelo EOQ y los que utilizaran métodos heurísticos.

#### 4.5.1. Cantidad económica de pedido (EOQ)

Mediante el análisis del VC se determinó que para 4 SKU el método a utilizar será el EOQ, el cual se calculó mediante el software POM, en donde se ingresa los datos del total de la demanda pronosticada y los costos de ordenar, adquirir y mantener, y el lead time (L) En la tabla 9 se muestran estos valores de los SKU.

Tabla 9.- Datos para el cálculo del EOQ

SKU	Pronóstico	Costo por ordenar	Costo por mantener	Costo por adquirir	Lead time
SKU27	28,32			3,50	2
SKU28	8753,68			1,80	2
SKU36	759,31	16,67	2%	3,10	2
SKU42	3180,96			0,85	2

Fuente: Elaboración propia

Después de ingresar estos valores al software, el programa arroja los resultados del cálculo del EOQ, promedio de la demanda y el costo total del inventario, esto se puede observar en la figura 18.

SKU27 Solution				
Parameter	Value		Parameter	Value
Demand rate(D)	28,32		Optimal order	116,14
Setup/Ordering cost(S)	16,67		Maximum	116,14
Holding cost(H)@2%	0,07		Average	58,07
Unit cost	3,5		Orders per	,24
			Annual Setup	4,06
			Annual Holding	4,06
			Unit costs (PD)	99,12
			Total Cost	107,25

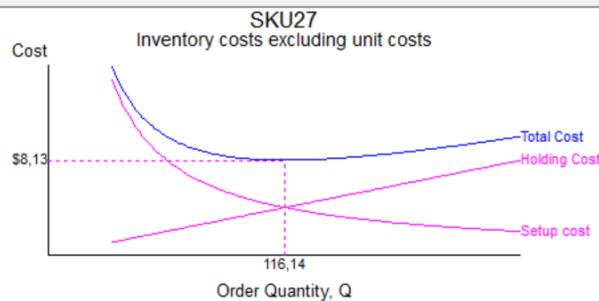


Figura 18.- Cálculo del EOQ en POM

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 tenemos los resultados obtenidos para los SKU especificados anteriormente, en esta tabla se muestra el tamaño del lote (Q), stock de seguridad (SS), cantidad de pedidos y el punto de reorden (ROP)

*Tabla 10.- Cálculo de EOQ*

SKU	Desviación estándar	Q*	Promedio	SS	Ordenes		Costo total	ROP
SKU27	0,89	116,14	58,07	1,47	0,24	1	107,25	1,70
SKU28	241,44	2847,26	1423,63	395,96	3,07	4	15859,12	465,99
SKU36	36,35	639	319,5	59,61	1,19	2	2393,48	65,68
SKU42	124,58	2497,68	1248,84	204,31	1,27	2	2746,28	229,75

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.5.2. Métodos Heurísticos**

Para los SKU que en el cálculo del VC obtuvieron un resultado mayor al 0,2 se aplican métodos heurísticos; la aplicación de estos métodos permite garantizar que el método de inventario seleccionado para el diseño del modelo de inventario de materia prima sea el que mejor resultado brinde a la empresa se tomó la decisión de aplicar los métodos heurísticos de Silver Meal, Wagner Whitin y Balanceo de Periodo Fragmentados.

Para la elaboración de estos métodos se debe recolectar información sobre demanda, costos de ordenar, costos de mantener en inventario y el precio unitario de cada producto; el objetivo de aplicar estos métodos es reducir los costos de mantener y el costo de ordenar las materias primas, además de determinar las cantidades y los periodos necesarios a pedir para cada materia prima.

#### ***A) Silver Meal (SM)***

Tomando como ejemplo al SKU1, se realiza la aplicación de este método, el cual busca minimizar los costos del inventario por medio del cálculo de pedidos óptimos tanto en cantidad como en periodo, como se lo muestra en el Anexo J, en donde se utilizan las fórmulas descritas en el capítulo II; este algoritmo se aplicó a los 48 artículos de materia prima para 12 meses pronosticados, mediante la utilización de hojas de cálculo de Excel.

#### ***B) Wagner Whitin (WW)***

Este método se lo desarrollo tomando como ejemplo al SKU1, ingresando los datos de costo de ordenar, costo de mantener, restricciones de balance, restricciones de demanda, restricciones binarias, restricciones de no negatividad, función objetivo a minimizar y demanda pronosticada, los cuales se ingresaron a una hoja de calcula para facilitar el ingreso de los datos al software Win QSB- *Linear and Integer Programming*, el cual proporciono resultados de cantidades, periodos y costos óptimos para cada SKU como se muestra en el Anexo K.

#### ***C) Balanceo de Periodo Fragmentado (BPF)***

Para el desarrollo de este método se usó hojas de cálculo de Excel como en el método de Silver Meal, en donde se ingresaron los datos de pronóstico, costos y periodos con el fin de calcular los óptimos, utilizando las fórmulas referenciadas en el capítulo II, para el desarrollo de este método se consideró como ejemplo al SKU1 como se muestra en el Anexo L

### 4.3.2. Comparación de resultados

Esta comparación se la realizo entre los métodos heurísticos aplicados, como se muestra en la figura 19, en la cual se comparan los costos totales de inventario (costo de ordenar + costo de mantener) que se muestran en el Anexo M, en donde se puede observar que el método que minimiza los costos es el de Wagner Whitin (línea roja).

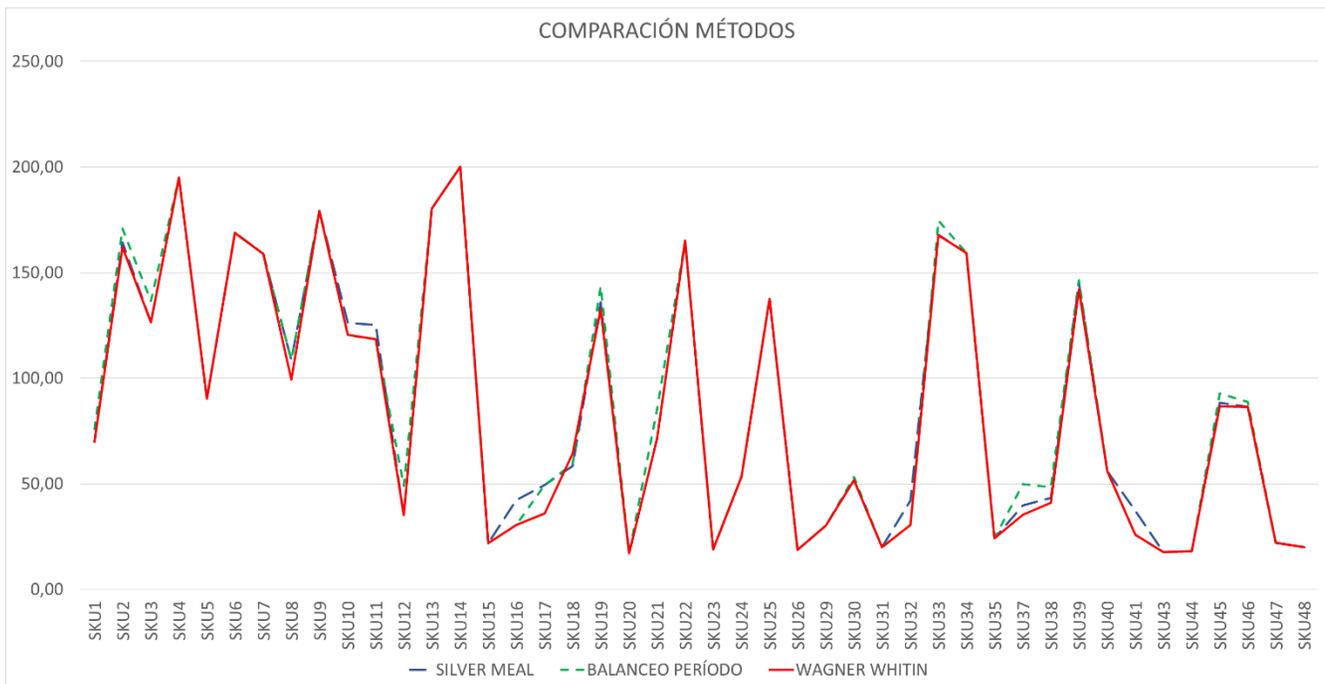


Figura 19 .-Comparación de métodos heurísticos

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se puede observar que al aplicar el algoritmo de Wagner Whitin los datos obtenidos son positivos con respecto al costo total, frente a los valores obtenidos del cálculo del costo total sin la aplicación de algún modelo de inventario.

*Tabla 11 .-Comparación resultados métodos heurísticos*

	Costo total aplicando el algoritmo de SM	Costo total aplicando método de WW	Costo total aplicando el algoritmo de BPF	Costo sin aplicar un modelo de inventario
	\$ 3.788,94	\$ 3.706,68	\$ 3.831,43	\$ 8.801,76
Ahorro (\$)	\$ 5.012,82	\$ 5.095,08	\$ 4.970,33	
Ahorro (%)	56,95%	57,89%	56,47%	

*Fuente: Elaboración propia*

Como se puede observar el ahorro generado por la aplicación del método de Wagner Whitin es de \$5.095,08 es decir, un 57.89% con respecto al valor calculado de hacer un pedido mensualmente o sin la aplicación de un modelo de inventario.

Con la aplicación de los métodos heurísticos se satisface la demanda para los periodos pronosticados, minimizando los costos totales de inventario, mejorando la atención al cliente y permitiendo reducir los costos por faltantes.

## CONCLUSIONES

- Con la recolección de la información bibliográfica se logró sustentar el diseño del modelo de inventario para la materia prima, partiendo de base teórica y fundamentos en la administración de los inventarios.
- Mediante el cálculo del índice de rotación se evidenció que la mayoría de los SKU analizados presentan una alta rotación; además, el cálculo de la clasificación ABC muestra que las materias primas están conformadas por el 78,82%, 16,66% y 4,62% de las categorías A, B y C, respectivamente, y la empresa no cuenta con ningún modelo de inventario, pues su trabajo es empírico abasteciendo su almacén mensualmente.
- Los datos para la elaboración de pronósticos presentaron una gran variabilidad por lo que se aplicaron métodos cuantitativos, seleccionando al cálculo por redes neuronales, con el que se obtuvo un MSE promedio de 0,0075, permitiendo crear un pronóstico más cercano a la realidad de la empresa.
- El cálculo del coeficiente de variabilidad dio como resultado 4 SKU con un valor menor a 0,2, para los cuales se aplicó un método EOQ; para los SKU con un valor mayor al 0,2 se aplicaron 3 métodos heurísticos: Silver Meal, Wagner Whitin y Balance de Periodo Fragmentado, los cuales dieron como resultado un costo total de inventario de \$3 788,94, \$3 706,68 y \$3 831,43 respectivamente; de la comparación de estos resultados se concluye que el modelo de inventario es el de Wagner Whitin, teniendo un ahorro del 57,89%

## RECOMENDACIONES

- Implementar el modelo de inventario propuesto, ya que, permite una reducción de costos total.
- Calcular regularmente el coeficiente de variabilidad, a fin de determinar cuál método de inventario es el recomendable a aplicar de acuerdo con los datos obtenidos.
- Adquirir un software que permita el cálculo de los pronósticos y la visualización del movimiento de las materias primas en tiempo real para analizar su comportamiento, implementar el modelo de inventario y tomar decisiones adecuadas con respecto a los recursos de la empresa.
- Controlar periódicamente el modelo de inventario para evitar acciones que puedan representar una pérdida para la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

- AFONSO, E. (miércoles de 02 de 2013). *NORAY*. Obtenido de La importancia de realizar inventarios en nuestra empresa: <https://www.noray.com/blog/la-importancia-de-realizar-inventarios-en-nuestra-empresa/>
- Anguitaa, J. C. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento. *Aten Primaria*, 143-162.
- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministros*. México: Pearson.
- Borisov, V. N., Bulanov, A. A., Orlova, T. G., & Kondratov, D. I. (2008). *Forecasting engineering manufacture operations with a view to their innovative development*. Rusia: Studies on Russian Economic Development.
- Caballero, J. A. (17 de Junio de 2013). *SoyConta innovación Contable*. Obtenido de Administración de almacenes e inventario y su proyección en las empresas: <https://www.soyconta.com/administracion-de-almacenes-e-inventario-y-su-proyeccion-en-las-empresas/>
- Cabriles, Y. (2014). *Propuesta de un sistema de control de inventario de stock de seguridad para mejorar la gestión de compras de materia prima, repuestos e insumos de la empresa Balgres C.A.* Camurí Grande-Venezuela: Universidad Simón Bolívar.
- Cardona, J., Orejuela, J., & Rojas, C. (2018). Gestión de inventario y almacenamiento de materias primas en el sector de alimentos concentrados. En *Revista EIA* (págs. 195-208). Colombia: Universidad EIA.
- Carvajal, C. (25 de Abril de 2018). Diseño de un sistema de gestión de inventarios para la bodega de la empresa pública de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Ibarra EMAPA-I. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Cervera, M. L. (2012). *Gestión de Inventarios: Una nueva fórmula de calcular la competitividad*. Colombia: ad Qualite.
- Chase, R., & Aquilano, N. (2008). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministro 12va Edición*. México: McGraw-Hill.
- CONNECT AMERICAS. (10 de Octubre de 2016). *Finanzas*. Obtenido de La importancia del control de inventarios: <https://connectamericas.com/es/content/la-importancia-del-control-de-inventarios>
- CONNECT AMERICAS. (10 de 10 de 2016). *Finanzas*. Obtenido de La importancia del control de inventarios: <https://connectamericas.com/es/content/la-importancia-del-control-de-inventarios>
- CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. Quito-Ecuador: Secretaría del Consejo Nacional de Planificación.

- Consulting Informático. (9 de 8 de 2016). *¿Que problemas pueden surgir en la gestion de un almacen?* Obtenido de <https://www.cic.es/gestion-de-un-almacen/>
- Cortes, J. A. (2014). *Fundamentos de la gestión de inventarios*. Colombia: ESUMER.
- Coyle, J. J., Jonh, L., Novack, R., & Gibson, B. (2013). *Administración de la cadea de suministros, una perspectiva logística*. México: Cengage Learning.
- Emprende pyme. (15 de 02 de 2016). *Emprende pyme*. Obtenido de El inventario en la empresa: <https://www.emprendepyme.net/inventario>
- Flores, C. E., & Parra, G. B. (2012). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente*. Venezuela: Universidad de Los Andes.
- Frazier, N. G. (2014). *Administración de producción y operaciones*. México: Edit. Thomson.
- García, L. A. (2011). *Gestión Logistica en centros de distribución, bodegas y almacenes*. Bogota: Eco Ediciones.
- GEO-TUTORIALES. (21 de Enero de 2015). *Gestión de Operaciones*. Obtenido de Clasificación de los costos de inventario: <https://www.gestiondeoperaciones.net/inventarios/clasificacion-de-los-costos-de-inventario/>
- Gerencie. (25 de Abril de 2018). *Gerencie.com*. Obtenido de <https://www.gerencie.com/rotacion-de-inventarios.html>
- Giraldo, G. A. (27 de junio de 2014). Metodología para el pronóstico d la demanda en ambientes multiproducto y de alta variabilidad. *Tecnura*, págs. 89-102.
- Gomez, J. E., & Marín, R. U. (2014). *Costos Logísticos*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Granda, & Rodríguez. (2013). *Diseño de un sistema de control basado en el método ABC de gestion de inventarios, a través de indicadores de medición, aplicado a un estudio fotográfico en la ciudad de Machala*. Guayaquil-Ecuador: Universidad Politecnica del Litoral.
- Griñon, M. E., Carboneras, M. C., Guillem, J. M., & Gato, M. E. (2007). *Modelos de gestion de iventarops para ítems con demanda intermitente*. España: International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management .
- Gutiérrez, A. F. (2014). *Gestión de Stock: Optimización de almacenes*. España: FC Editorial.
- Heizer, J., & Render, B. (2010). *Administración de operaciones*. México: Pearson.
- Hu, Y., Sun, S., & Wen, J. (2014). *Agricultural Machinery Spare Parts Demand Forecast Based on BP Neural Network*. Obtenido de Applied Mechanics & Materials: <http://10.0.15.188/www.scientific.net/AMM.635-637.1822>
- IAS: International Accounting Standards Board. (2004). *Normas internacionales de contabilidad*. Obtenido de [www.iasb.org](http://www.iasb.org).

- Ingenio Empresa. (24 de Septiembre de 2017). *Pronósticos de producción*. Obtenido de Qué es un pronóstico de demanda?: <https://ingenioempresa.com/pronostico-de-demanda/#>
- Inza, A. U. (2006). *Manual Básico de Logística Integral*. Madrid: Diaz de Santos.
- Jiménez, Y. (10 de Junio de 2008). *Gestiopolis*. Obtenido de Administracion de inventarios: <https://www.gestiopolis.com/administracion-inventarios/>
- Kokemuller, N. (25 de septiembre de 2016). *La voz de Houston*. Obtenido de ¿Qué es un inventario en proceso?: <https://pyme.lavoztx.com/qu-es-un-inventario-en-proceso-10633.html>
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones, Procesos y cadenas de valor*. México: Pearson.
- Márquez, D. V. (01 de Marzo de 2016). *Gestiopolis*. Obtenido de Métodos de control de inventarios: <https://www.gestiopolis.com/metodos-control-inventarios/>
- Martinez, L. (2017). *Diseño de un sistema de aprovisionamiento de repuestos automotrices en la empresa Proveedora Automotriz Vásquez en la ciudad de Ibarra*. Ibarra-Ecuador: Universidad Tecnica del Norte.
- Matich, D. J. (Marzo de 2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5\\_anio/orientadora1/monograis/matich-redesneuronales.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monograis/matich-redesneuronales.pdf)
- Maya, T. V. (2014). *Logística Empresarial: Gestión eficiente del flujo de suministro*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Méndez Giraldo, G. A. (2003). *Gerencia de manufactura Función de planeación (Primera edición)*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Miera, V. S., & Gómez, C. G. (2015). *Logística de Almacenamiento*. España: marcombo.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México: McGraw-Hill.
- Negrón, D. F. (2009). *Administración de operaciones/ Enfoque de administracion de procesos de negocios*. México: Cengage Learning Editores.
- Nunes, P. (23 de Octubre de 2015). *knoow.net*. Obtenido de Algoritmo de Wagner-Whitin: <http://knoow.net/es/cieeconcom/gestion/algoritmo-de-wagner-whitin/>
- Ortegon, J. D., & Benavidez, J. D. (2015). *Métodos de pronóstico*. Obtenido de FPPT.com: [https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/1006032/mod\\_resource/content/1/Exposici%C3%B3n%20de%20M%C3%A9todos%20de%20Pron%C3%B3stico.pdf](https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/1006032/mod_resource/content/1/Exposici%C3%B3n%20de%20M%C3%A9todos%20de%20Pron%C3%B3stico.pdf)
- Pareto, V. (1971). *Manual of Political Economy*. Nueva York: Schwier.
- Ramos, J. S. (2015). *Modelos de inventarios*. Chile: Pontificia Universidad de Valparaíso.

- Riquelme, M. (Octubre de 30 de 2017). *Web y Empresas*. Obtenido de ¿Que son las materias primas?: <https://www.webyempresas.com/que-son-las-materias-primas/>
- Sanjuán, F. J. (07 de Julio de 2018). *Economipedia*. Obtenido de Coeficiente de variación: <https://economipedia.com/definiciones/coeficiente-de-variacion.html>
- Schroeder, R., Goldstein, S., & Rungtusanatham, J. (2011). *Administración de operaciones*. México: Mc Graw Hill.
- Serrano, M. J. (2014). *Almacenaje de productos*. España: Paraninfo.
- Serrano, M. J. (2015). *Técnicas de Almacén*. España: Paraninfo.
- Siadén, Y. A. (2012). *Aplicación de las redes neuronales artificiales para el pronóstico de la demanda de agua potable en la empresa EPSEL S.A. de la ciudad de Lambayeque*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Silver, E., & Meal, H. (1973). *A Heuristic for Selecting Lot Size Quantities for the case of a Deterministic Time-Varying Demand Rate and Discrete Opportunities for Replenishment (Vol. XIV)*. Production and Inventory Management Journal.
- Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeación y control de la producción*. México: Mc Graw Hill.
- Stoner, J., Freeman, E., & Gilbert, D. (2000). *Administración*. México: Pearson.
- Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones*. México: Pearson Prentice Hall.
- TextiQuim Cia.Ltda. (2008). Obtenido de <https://www.textiquim.com.ec/>
- Torres, M. M. (2014). *Gestión de Stock- Excel como herramienta de análisis*. Madrid: Diaz de Santos.
- Vera, K. (2009). *Propuesta de un sistema de gestion de inventarios, para una empresa de metal mecánica*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Vidal Holguín, C. (2017). *Fundamentos de control de gestión de inventarios*. Cali- Colombia: Programa Editorial.
- Villarreal, F. (01 de Septiembre de 2016). *Introducción a los Modelos de Pronósticos*. Argentina: Universidad Nacional del Sur.
- Viveros, N. L. (2007). *Gerencia de compras: La nueva estrategia competitiva*. Colombia: ECOE EDICIONES.
- Zapata, J. (12 de 01 de 2012). *Heurística*. Obtenido de Métodos heurísticos de solución: <https://psmheuristica.webnode.com.ve/metodos-heuristicos-de-solucion/>

# ANEXOS



Anexo B .-Costos asociados a los inventarios de materia prima

CODIGO	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DE MANTENER	COSTO POR ORDENAR	COSTO FALTA DE EXISTENCIA
SKU1	Kg	1,05	2%	16,67	1%
SKU2	Kg	0,4			
SKU3	Kg	1,38			
SKU4	Kg	0,08			
SKU5	Kg	0,59			
SKU6	Kg	0,67			
SKU7	Kg	2,7			
SKU8	Kg	1,3			
SKU9	Kg	1,72			
SKU10	Kg	0,43			
SKU11	Kg	0,5			
SKU12	Kg	1,94			
SKU13	Kg	8,35			
SKU14	Kg	10,8			
SKU15	Kg	1,1			
SKU16	Kg	2,5			
SKU17	Kg	6,2			
SKU18	Kg	0,26			
SKU19	Kg	2,39			
SKU20	Kg	2,3			
SKU21	Kg	3,84			
SKU22	Kg	12,08			
SKU23	Kg	29			
SKU24	Kg	0,9			
SKU25	Kg	1,35			
SKU26	Kg	5,7			
SKU27	Kg	3,5			
SKU28	Kg	1,8			
SKU29	Kg	0,35			
SKU30	Kg	0,7			
SKU31	Kg	12,24			
SKU32	Kg	2,5			
SKU33	Kg	2,35			
SKU34	Kg	2,32			
SKU35	Kg	0,98			
SKU36	Kg	3,1			
SKU37	Kg	1,98			
SKU38	Kg	9,5			
SKU39	Kg	4,6			
SKU40	Kg	45			
SKU41	Kg	6,67			
SKU42	Kg	0,85			
SKU43	Kg	18			
SKU44	Kg	36,13			
SKU45	Kg	35,4			
SKU46	Kg	2,05			
SKU47	Kg	7,34			
SKU48	Kg	0,99			

Anexo C .-Índice de rotación de las materias primas durante el último año

SKU	Demanda	Total inventario	Inventario Promedio	Índice de rotación
SKU1	824,99	375,01	31,25	26,40
SKU2	22269,05	2931,47	244,29	91,16
SKU3	8969,73	1130,65	94,22	95,20
SKU4	635210,12	27010,68	2250,89	282,20
SKU5	2674,16	326,38	27,20	98,32
SKU6	34598,02	1652,34	137,70	251,27
SKU7	951,08	248,94	20,75	45,85
SKU8	1461,46	538,82	44,90	32,55
SKU9	1942,75	157,53	13,13	147,99
SKU10	8805,60	1294,78	107,90	81,61
SKU11	7338,00	2762,38	230,20	31,88
SKU12	255,74	30,74	2,56	99,83
SKU13	692,23	407,78	33,98	20,37
SKU14	6373,30	627,08	52,26	121,96
SKU15	94,18	15,28	1,27	73,96
SKU16	33,29	41,71	3,48	9,58
SKU17	35,66	8,65	0,72	49,46
SKU18	2304,79	195,75	16,31	141,29
SKU19	2429,99	270,55	22,55	107,78
SKU20	1,64	8,36	0,70	2,35
SKU21	601,01	599,01	49,92	12,04
SKU22	1730,50	269,78	22,48	76,97
SKU23	5,74	19,26	1,61	3,57
SKU24	250,50	25,50	2,13	117,88
SKU25	2723,89	296,65	24,72	110,19
SKU26	5,47	4,53	0,38	14,49
SKU27	89,81	135,19	11,27	7,97
SKU28	7165,81	2234,57	186,21	38,48
SKU29	170,77	54,24	4,52	37,78
SKU30	84,57	140,43	11,70	7,23
SKU31	1,23	3,77	0,31	3,92
SKU32	33,29	41,71	3,48	9,58
SKU33	515,07	684,95	57,08	9,02
SKU34	4196,26	804,12	67,01	62,62
SKU35	32,80	42,20	3,52	9,33
SKU36	1678,37	321,91	26,83	62,57
SKU37	152,26	72,74	6,06	25,12
SKU38	31,77	43,23	3,60	8,82
SKU39	1197,29	802,99	66,92	17,89
SKU40	16,03	58,97	4,91	3,26
SKU41	32,05	42,95	3,58	8,96
SKU42	3618,24	482,14	40,18	90,05
SKU43	0,21	74,80	6,23	0,03
SKU44	3,44	71,56	5,96	0,58
SKU45	44,02	30,98	2,58	17,06
SKU46	856,30	343,72	28,64	29,90
SKU47	8,01	13,37	1,11	7,19
SKU48	19,45	22,34	1,86	10,45

Anexo D.-Clasificación de ABC

CLASIFICACIÓN ABC						
ARTÍCULO	COSTO UNITARIO	PEDIDOS	COSTO TOTAL	COSTO ACUMULADO	PORCENTAJE ACUMULADO	CLASIFICACIÓN
SKU14	10,8	13299,37	143633,20	143633,20	19,863%	A
SKU4	0,08	1703182,15	136254,57	279887,77	38,705%	
SKU22	12,08	4652,36	56200,52	336088,29	46,477%	
SKU3	1,38	40310,07	55627,90	391716,19	54,170%	
SKU28	1,8	26648,78	47967,80	439683,99	60,803%	
SKU6	0,67	67763,75	45401,71	485085,70	67,081%	
SKU34	2,32	10329,77	23965,06	509050,76	70,395%	
SKU36	3,1	6676,42	20696,89	529747,65	73,258%	
SKU2	0,4	49589,13	19835,65	549583,30	76,001%	
SKU10	0,43	42587,86	18312,78	567896,08	78,533%	
SKU11	0,5	35489,88	17744,94	585641,03	80,987%	B
SKU39	4,6	3591,22	16519,60	602160,63	83,271%	
SKU13	8,35	1808,57	15101,57	617262,19	85,360%	
SKU19	2,39	5755,95	13756,72	631018,91	87,262%	
SKU25	1,35	9385,93	12671,01	643689,92	89,014%	
SKU21	3,84	3130,35	12020,55	655710,47	90,677%	
SKU42	0,85	13854,60	11776,41	667486,88	92,305%	
SKU7	2,7	3463,72	9352,04	676838,92	93,598%	
SKU45	35,4	212,92	7537,52	684376,44	94,641%	C
SKU46	2,05	2846,11	5834,53	690210,96	95,448%	
SKU1	1,05	3990,09	4189,60	694400,56	96,027%	
SKU9	1,72	2433,17	4185,05	698585,61	96,606%	
SKU8	1,3	3122,12	4058,76	702644,38	97,167%	
SKU40	45	83,48	3756,42	706400,80	97,687%	
SKU5	0,59	5338,18	3149,53	709550,32	98,122%	
SKU37	1,98	793,02	1570,18	711120,51	98,339%	
SKU33	2,35	642,06	1508,85	712629,36	98,548%	
SKU27	3,5	372,34	1303,18	713932,54	98,728%	
SKU41	6,67	166,95	1113,57	715046,11	98,882%	
SKU24	0,9	1227,65	1104,88	716150,99	99,035%	
SKU18	0,26	3760,35	977,69	717128,68	99,170%	
SKU12	1,94	490,15	950,90	718079,58	99,302%	
SKU23	29	27,68	802,81	718882,39	99,413%	
SKU38	9,5	63,34	601,71	719484,10	99,496%	
SKU44	36,13	16,61	600,11	720084,21	99,579%	
SKU29	0,35	1570,21	549,57	720633,79	99,655%	
SKU17	6,2	71,18	441,29	721075,07	99,716%	
SKU15	1,1	343,34	377,67	721452,74	99,768%	
SKU47	7,34	41,74	306,36	721759,10	99,810%	
SKU35	0,98	301,60	295,57	722054,67	99,851%	
SKU16	2,5	112,22	280,54	722335,21	99,890%	
SKU32	2,5	112,22	280,54	722615,75	99,929%	
SKU30	0,7	226,79	158,75	722774,50	99,951%	
SKU31	12,24	11,31	138,43	722912,94	99,970%	
SKU26	5,7	22,30	127,12	723040,06	99,988%	
SKU48	0,99	42,25	41,83	723081,89	99,993%	
SKU43	18	1,89	33,93	723115,82	99,998%	
SKU20	2,3	6,25	14,38	723130,20	100,000%	

### Anexo E .-Ejemplo de obtención de datos históricos

FECHA	CÓDIGO	descripción	CANTIDAD	PRESENTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
8/1/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00	20,00											
8/1/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00	20,00											
8/1/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00	20,00											
8/1/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00	20,00											
15/1/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	12	3,90	46,77											
19/1/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	12	3,90	46,77											
27/1/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	3	20,00	60,00											
1/2/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00		20,00										
1/2/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00		20,00										
11/2/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	1	3,90		3,90										
1/3/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	4	3,90			15,59									
1/3/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00			20,00									
29/3/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	6	3,90			23,38									
1/4/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00				20,00								
1/4/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00				20,00								
8/4/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00				20,00								
6/5/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00					20,00							
6/5/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00					20,00							
3/6/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00						20,00						
10/6/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	9	3,90						35,07						
28/6/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	15	3,90						58,46						
1/7/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00						20,00						
12/7/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	1	3,90						3,90						
27/7/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	5	3,90						19,49						
1/8/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	2	20,00							40,00					
1/8/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00							20,00					
5/8/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00							20,00					
18/8/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	15	3,90							58,46					
2/9/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	2	20,00								40,00				
2/9/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00								20,00				
3/10/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	2	20,00									40,00			
3/10/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00									20,00			
1/11/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00											20,00	
1/11/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00											20,00	
25/11/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	1	3,90											3,90	
29/11/2016	PT0000037	BIOACID ULTRA	1	3,90											3,90	
9/12/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00												20,00
16/12/2016	PT0000038	BIOACID ULTRA	1	20,00												20,00
TOTALES POR MES (kg)					233,53	43,90	58,97	60,00	40,00	113,53	43,38	138,46	60,00	60,00	47,79	40,00
MATERIA PRIMA			MT34	0,1	23,35	4,39	5,90	6,00	4,00	11,35	4,34	13,85	6,00	6,00	4,78	4,00
			MT2	0,2	46,71	8,78	11,79	12,00	8,00	22,71	8,68	27,69	12,00	12,00	9,56	8,00
			MT4	0,7	163,47	30,73	41,28	42,00	28,00	79,47	30,37	96,92	42,00	42,00	33,46	28,00
					233,53	43,90	58,97	60,00	40,00	113,53	43,38	138,46	60,00	60,00	47,79	40,00

Anexo F.-Datos históricos, coeficiente de variación y coeficiente de variabilidad

ARTÍCULOS	2016											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SKU1	23,62	95,51	167,77	175,62	95,28	93,45	118,95	102,15	106,36	188,10	72,87	96,88
SKU2	189,94	30,79	502,12	892,20	586,35	216,65	607,31	833,83	1343,81	3178,03	374,81	781,76
SKU3	440,16	901,45	1360,60	1361,10	1045,33	1416,96	1169,18	1213,79	1140,47	1602,65	895,97	1087,65
SKU4	14031,67	18398,10	39987,59	57832,94	46559,56	27806,22	40685,19	35125,33	43517,03	69501,51	21090,53	27761,77
SKU5	73,07	34,97	28,74	48,12	0,00	68,87	347,96	28,74	6,24	2255,35	38,09	15,59
SKU6	272,22	1342,65	1505,44	1532,26	2700,36	1877,18	1089,23	1406,71	4564,34	4187,87	1490,97	1455,91
SKU7	4,03	54,23	168,38	305,04	100,17	77,52	22,15	28,41	72,20	128,86	33,52	19,45
SKU8	59,96	75,79	87,29	152,32	160,73	65,80	68,13	140,05	115,86	207,88	76,76	152,97
SKU9	7,14	17,56	7,25	4,90	70,96	14,65	66,34	6,54	4,44	14,26	3,71	7,62
SKU10	249,77	1019,16	1793,78	1877,27	1015,76	991,42	1269,91	1089,20	1134,77	2010,43	776,32	1032,88
SKU11	208,14	849,30	1494,82	1564,39	846,47	826,18	1058,26	907,67	945,64	1675,36	646,94	860,73
SKU12	1,85	9,79	11,01	10,81	19,88	13,76	7,84	10,28	33,58	31,02	10,90	10,59
SKU13	58,57	56,56	89,37	131,91	52,20	48,77	16,42	25,11	39,81	58,69	34,23	11,87
SKU14	80,80	37,90	315,50	196,95	675,59	136,00	964,30	499,20	289,25	332,04	130,40	244,80
SKU15	13,43	16,75	17,13	21,52	19,92	40,85	11,09	15,35	13,48	13,29	7,96	11,70
SKU16	16,70	22,93	0,00	9,70	2,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	3,45	0,00
SKU17	0,97	0,47	0,38	0,64	0,00	0,92	4,64	0,38	0,08	30,07	0,51	0,21
SKU18	167,35	327,27	148,76	107,85	0,00	48,35	11,16	40,91	7,44	0,00	7,44	178,51
SKU19	125,44	161,26	101,38	185,08	193,53	229,99	172,70	244,64	210,39	253,69	204,37	243,32
SKU20	0,12	0,19	0,08	0,08	0,47	0,04	0,15	0,44	0,15	0,23	0,31	0,12
SKU21	0,57	1,33	336,48	89,40	65,75	108,13	170,61	167,51	140,07	135,82	95,66	75,31
SKU22	43,98	76,27	170,43	226,92	113,26	110,85	80,91	79,29	89,96	137,39	61,67	56,52
SKU23	0,87	1,12	1,13	1,12	1,16	2,84	0,66	0,72	0,68	0,68	0,53	0,64
SKU24	5,57	10,07	22,20	19,79	26,36	15,84	34,06	21,55	16,44	23,32	9,56	14,44
SKU25	84,43	187,50	292,18	295,47	248,47	185,92	196,50	227,20	289,43	396,92	164,22	210,73
SKU26	0,37	0,87	1,02	2,69	0,39	1,94	0,44	0,73	0,63	0,73	0,45	0,81
SKU27	5,52	7,25	9,21	9,70	9,91	10,38	9,71	13,38	11,17	14,00	9,93	12,07
SKU28	476,47	606,27	581,53	757,56	826,93	1029,81	584,16	855,56	726,31	932,02	599,23	801,51
SKU29	645,58	16,66	16,66	0,00	170,77	4,17	4,17	41,65	16,66	16,66	0,00	16,66
SKU30	1,85	3,83	1,23	1,23	7,51	0,62	2,47	14,59	3,22	3,70	4,94	1,85
SKU31	4,65	0,12	0,12	0,00	1,23	0,03	0,03	0,30	0,12	0,12	0,00	0,12
SKU32	16,70	22,93	0,00	9,70	2,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	3,45	0,00
SKU33	1,79	4,45	1,59	1,15	18,52	3,23	17,68	1,47	1,18	3,80	0,98	1,91
SKU34	84,62	89,46	247,33	423,54	190,53	130,57	105,91	140,62	224,08	466,60	92,66	106,16
SKU35	124,00	3,20	3,20	0,00	32,80	0,80	0,80	8,00	3,20	3,20	0,00	3,20
SKU36	260,99	80,55	159,40	184,36	126,15	139,05	170,51	90,76	201,50	180,54	211,36	160,95
SKU37	0,14	0,34	85,24	22,65	16,66	27,39	43,22	42,43	35,48	34,41	24,23	19,08
SKU38	0,00	0,00	0,00	8,51	6,57	0,00	0,00	0,19	1,75	0,19	1,19	1,89
SKU39	41,62	55,09	71,86	107,02	114,60	80,38	52,44	101,45	83,79	143,47	56,24	106,52
SKU40	0,02	0,04	8,97	2,38	1,75	2,88	4,55	4,47	3,74	3,62	2,55	2,01
SKU41	0,03	0,07	17,95	4,77	3,51	5,77	9,10	8,93	7,47	7,24	5,10	4,02
SKU42	414,27	200,34	326,27	372,35	272,39	345,87	344,68	276,22	392,09	390,45	379,53	331,78
SKU43	0,78	0,02	0,02	0,00	0,21	0,01	0,01	0,05	0,02	0,02	0,00	0,02
SKU44	0,52	0,67	0,68	0,67	0,70	1,71	0,39	0,43	0,41	0,41	0,32	0,38
SKU45	1,25	5,10	8,97	9,39	5,08	4,96	6,35	5,45	5,67	10,05	3,88	5,16
SKU46	6,94	29,36	121,27	60,44	73,45	70,07	68,89	76,39	124,71	118,29	56,71	50,15
SKU47	0,01	0,02	4,49	1,19	0,88	1,44	2,27	2,23	1,87	1,81	1,28	1,00
SKU48	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,25	0,00	0,00	0,00

Anexo F: Datos históricos, coeficiente de variación y coeficiente de variabilidad (Continuación)

ARTÍCULOS	2017											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SKU1	110,00	207,94	140,69	428,59	177,88	145,87	100,33	65,99	63,40	42,23	50,91	79,00
SKU2	615,85	371,46	969,40	1226,29	1155,83	1067,80	2645,02	710,88	887,02	2020,75	1291,14	797,91
SKU3	1141,01	1614,03	1398,99	2889,28	1535,11	1287,00	1076,60	899,72	879,31	770,13	748,25	882,64
SKU4	30289,26	27394,12	30270,38	64479,85	75272,08	43571,03	57216,22	25319,90	31992,29	38826,63	27116,75	42791,31
SKU5	38,09	23,33	69,43	173,01	478,78	41,21	32,68	89,48	41,39	265,57	74,72	86,37
SKU6	59,87	90,34	80,24	161,15	250,10	164,55	108,82	58,23	41,90	34,19	38,72	84,58
SKU7	24,07	29,46	40,71	105,94	205,60	131,58	92,60	15,23	43,64	66,38	30,56	110,83
SKU8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SKU9	2,93	0,00	0,30	0,00	1,20	4,00	0,60	5,13	6,00	6,00	11,23	18,00
SKU10	1173,68	2223,26	1501,70	4586,06	1900,76	1558,31	1070,10	702,17	674,58	447,31	541,28	842,41
SKU11	978,07	1852,72	1251,42	3821,71	1583,97	1298,59	891,75	585,14	562,15	372,76	451,06	702,01
SKU12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,05	0,36
SKU13	6,71	8,36	11,66	31,30	61,31	38,95	27,37	4,12	12,65	19,33	8,85	32,95
SKU14	405,10	33,90	85,15	834,80	937,05	114,90	255,65	65,85	204,45	53,75	60,45	344,30
SKU15	2,15	0,82	1,98	0,40	2,40	0,89	4,09	1,84	2,89	1,49	3,23	0,64
SKU16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SKU17	0,51	0,31	0,93	2,31	6,38	0,55	0,44	1,19	0,55	3,54	1,00	1,15
SKU18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,70	0,00	93,70	0,00	0,00	92,97	0,00
SKU19	23,89	29,70	25,33	23,93	55,15	39,92	17,22	33,56	36,54	35,85	21,99	77,77
SKU20	0,00	0,37	0,00	0,10	0,35	0,31	0,19	0,08	0,02	0,19	0,06	0,04
SKU21	92,10	76,16	131,28	80,61	57,84	65,81	70,72	77,05	63,78	87,75	47,37	51,92
SKU22	69,54	86,24	82,50	176,54	195,90	128,13	98,01	58,76	72,97	86,33	56,60	137,79
SKU23	0,78	0,73	0,91	0,63	0,67	0,59	0,64	0,68	0,68	0,71	0,55	0,58
SKU24	20,04	97,14	14,44	172,75	37,49	34,46	15,12	87,72	11,14	135,88	6,43	115,48
SKU25	190,27	390,49	268,16	565,30	338,68	274,01	280,38	214,63	196,34	137,61	132,01	259,31
SKU26	0,40	0,33	0,54	0,16	0,74	0,35	0,41	0,74	0,43	0,59	0,45	0,26
SKU27	9,81	12,23	13,06	11,33	13,93	10,51	9,98	13,22	10,81	10,31	8,38	8,97
SKU28	678,36	857,31	889,47	718,94	953,23	687,91	681,59	890,74	733,42	665,20	557,05	598,38
SKU29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,49	16,66	0,00	0,00	0,00	562,28
SKU30	0,00	5,86	15,00	17,29	20,55	27,44	18,08	16,23	0,31	18,08	0,93	0,62
SKU31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,12	0,00	0,00	0,00	4,05
SKU32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SKU33	0,30	0,00	0,00	0,00	0,32	1,00	0,00	1,30	1,60	1,60	2,91	4,80
SKU34	108,85	92,58	204,44	246,52	401,97	269,97	383,62	117,81	165,40	327,47	192,07	223,49
SKU35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,20	3,20	0,00	0,00	0,00	108,00
SKU36	230,12	208,17	182,42	293,75	285,01	262,70	157,36	143,66	179,12	209,70	164,04	174,59
SKU37	23,33	19,29	33,26	20,42	14,65	16,67	17,91	19,52	16,16	22,23	12,00	13,15
SKU38	1,30	0,30	0,00	0,75	0,49	5,19	0,94	0,00	0,30	5,30	1,89	0,54
SKU39	75,37	146,06	119,05	81,87	151,02	89,18	76,52	139,77	93,36	71,17	53,88	72,68
SKU40	2,46	2,03	3,50	2,15	1,54	1,76	1,89	2,05	1,70	2,34	1,26	1,38
SKU41	4,91	4,06	7,00	4,30	3,09	3,51	3,77	4,11	3,40	4,68	2,53	2,77
SKU42	432,96	422,74	468,67	725,10	612,19	599,27	402,51	373,91	344,04	454,99	309,86	332,29
SKU43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,68
SKU44	0,47	0,44	0,55	0,38	0,40	0,35	0,38	0,41	0,41	0,43	0,33	0,35
SKU45	5,87	11,12	7,51	22,93	9,50	7,79	5,35	3,51	3,37	2,24	2,71	4,21
SKU46	48,58	92,25	68,35	114,55	70,26	75,61	117,06	54,45	64,54	51,85	45,48	100,82
SKU47	1,23	1,02	1,75	1,07	0,77	0,88	0,94	1,03	0,85	1,17	0,63	0,69
SKU48	0,00	0,00	5,00	5,25	5,00	7,50	5,00	5,00	0,00	5,00	0,00	0,00

Anexo F: Datos históricos, coeficiente de variación y coeficiente de variabilidad (Continuación)

ARTÍCULOS	2018											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SKU1	25,76	86,20	234,31	173,29	79,85	83,45	90,65	34,06	70,08	80,65	46,40	36,01
SKU2	169,19	868,79	5506,47	6789,98	2652,03	2766,29	1666,44	2091,18	1409,14	1205,12	937,65	229,87
SKU3	855,82	984,98	1764,68	1640,30	1225,32	826,28	933,90	676,55	764,40	833,83	617,70	428,94
SKU4	18847,43	43794,26	143189,31	216203,66	78545,00	47918,41	49674,57	49337,46	41402,94	31974,20	26904,63	18553,03
SKU5	45,15	65,70	56,16	722,69	6,24	7,06	15,59	4,77	20,36	11,01	7,89	15,77
SKU6	773,88	2817,66	6764,96	7026,22	3926,42	5086,63	4569,18	3569,69	1992,62	1511,21	3597,17	1530,30
SKU7	7,66	100,57	504,54	812,12	69,60	5,85	9,93	6,98	8,61	9,10	14,99	3,20
SKU8	56,28	95,32	270,61	115,86	459,32	141,62	101,06	71,55	112,49	86,68	134,79	112,96
SKU9	10,87	15,35	255,55	28,54	39,45	17,92	14,63	4,90	884,63	876,25	0,30	3,97
SKU10	270,57	919,39	2506,28	1852,22	851,32	890,81	967,36	360,85	747,17	861,09	494,44	384,06
SKU11	225,47	766,16	2088,57	1543,52	709,44	742,34	806,14	300,71	622,64	717,57	412,03	320,05
SKU12	5,45	20,40	49,83	51,56	28,48	37,77	33,87	26,82	14,97	10,80	26,87	11,56
SKU13	41,76	64,03	189,73	316,14	50,26	27,00	40,00	49,61	44,98	47,13	25,34	25,54
SKU14	149,90	388,15	563,05	1869,90	477,20	137,70	652,80	607,90	610,50	237,60	86,35	220,25
SKU15	10,71	11,79	9,15	9,04	7,86	9,91	8,85	9,55	8,92	7,34	13,86	11,06
SKU16	22,36	0,00	0,00	9,70	17,49	0,00	0,00	0,00	0,00	3,95	0,00	2,15
SKU17	0,60	0,88	0,75	9,64	0,08	0,09	0,21	0,06	0,27	0,15	0,11	0,21
SKU18	185,95	0,00	74,38	298,97	741,38	412,80	316,11	107,85	133,88	70,66	0,00	92,97
SKU19	269,15	183,76	272,88	286,12	399,77	297,84	197,01	302,47	264,51	233,30	102,03	200,45
SKU20	0,58	0,25	0,17	0,71	0,02	0,00	0,08	0,04	0,08	0,23	0,00	0,02
SKU21	44,35	118,07	89,56	75,05	26,24	59,41	40,27	26,58	35,53	78,47	242,75	5,07
SKU22	50,74	111,47	381,30	566,45	151,85	153,81	80,84	148,03	168,48	135,79	67,35	139,51
SKU23	0,69	0,79	0,60	0,48	0,51	0,61	0,48	0,59	0,57	0,38	0,98	0,73
SKU24	7,09	18,14	33,77	64,67	27,10	10,97	24,72	19,34	22,50	13,11	8,04	10,90
SKU25	115,36	215,01	532,54	423,69	435,91	328,03	255,73	204,08	219,85	200,08	251,41	178,08
SKU26	0,35	0,46	0,35	0,65	0,49	0,93	0,68	0,56	0,37	0,39	0,24	0,36
SKU27	11,60	9,56	13,17	11,59	19,27	8,48	8,51	8,34	7,26	7,78	8,16	3,88
SKU28	708,81	666,73	999,97	897,43	1708,21	622,99	606,37	584,00	573,07	515,87	606,96	469,38
SKU29	0,00	0,00	0,00	4,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SKU30	9,25	7,01	2,78	12,91	0,31	0,00	1,23	0,62	1,23	3,70	0,00	0,31
SKU31	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SKU32	22,36	0,00	0,00	9,70	17,49	0,00	0,00	0,00	0,00	3,95	0,00	2,15
SKU33	2,29	4,01	68,09	7,40	9,51	4,41	3,68	1,15	235,81	233,14	0,00	0,99
SKU34	61,64	220,84	1139,55	1549,03	374,01	304,41	208,26	256,37	502,51	490,91	138,39	47,58
SKU35	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SKU36	236,34	167,32	294,74	229,03	153,84	98,09	181,96	159,71	113,48	295,41	236,71	53,01
SKU37	11,24	29,91	22,69	19,01	6,65	15,05	10,20	6,73	9,00	19,88	61,50	1,28
SKU38	0,19	0,43	0,00	12,12	0,19	1,19	1,00	0,00	5,19	0,00	5,00	0,75
SKU39	38,40	82,24	197,02	124,07	372,66	102,48	79,94	61,05	84,27	65,13	105,05	94,51
SKU40	1,18	3,15	2,39	2,00	0,70	1,58	1,07	0,71	0,95	2,09	6,47	0,14
SKU41	2,37	6,30	4,78	4,00	1,40	3,17	2,15	1,42	1,89	4,19	12,95	0,27
SKU42	407,12	343,45	573,75	477,39	367,16	215,10	347,95	300,80	270,79	520,21	386,65	119,47
SKU43	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SKU44	0,41	0,48	0,36	0,29	0,30	0,37	0,29	0,35	0,34	0,23	0,59	0,44
SKU45	1,35	4,60	12,53	9,26	4,26	4,45	4,84	1,80	3,74	4,31	2,47	1,92
SKU46	31,19	86,24	154,97	156,72	79,83	112,34	98,18	75,39	62,56	65,00	132,62	30,59
SKU47	0,59	1,57	1,19	1,00	0,35	0,79	0,54	0,35	0,47	1,05	3,24	0,07
SKU48	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo F: Datos históricos, coeficiente de variación y coeficiente de variabilidad (Continuación)

ARTÍCULOS	2019			TOTAL	PROMEDIO	DESVIACION EST	VARIANZA	CV	Demanda errática o estacionaria	VC	Modelo de Inventario a Utilizar
	ENERO	FEBRERO	MARZO								
SKU1	26,05	58,90	45,59	4120,64	105,66	75,17	5650,14	0,71	Estacionaria	0,51	Método heurístico
SKU2	380,05	974,22	1167,08	52110,49	1336,17	1372,20	1882927,13	1,03	Érratica	1,05	Método heurístico
SKU3	236,12	441,89	344,51	41332,60	1059,81	482,21	232529,33	0,45	Estacionaria	0,21	Método heurístico
SKU4	11793,93	24061,56	38840,72	1777878,36	45586,62	36432,56	1327331108,08	0,80	Estacionaria	0,64	Método heurístico
SKU5	31,65	1815,00	16,14	7200,97	184,64	461,28	212778,61	2,50	Érratica	6,24	Método heurístico
SKU6	626,61	561,89	600,08	69552,33	1783,39	1922,81	3697184,77	1,08	Érratica	1,16	Método heurístico
SKU7	4,50	3,42	2,78	3474,42	89,09	152,82	23354,24	1,72	Érratica	2,94	Método heurístico
SKU8	17,52	44,91	62,71	3247,26	83,26	90,72	8230,31	1,09	Érratica	1,19	Método heurístico
SKU9	69,18	2,98	0,00	2505,33	64,24	196,94	38785,67	3,07	Érratica	9,40	Método heurístico
SKU10	278,21	630,29	487,78	43984,14	1127,80	804,83	647744,18	0,71	Estacionaria	0,51	Método heurístico
SKU11	231,84	525,24	406,49	36653,45	939,83	670,69	449822,34	0,71	Estacionaria	0,51	Método heurístico
SKU12	4,67	4,10	4,27	503,20	12,90	14,38	206,86	1,11	Érratica	1,24	Método heurístico
SKU13	23,91	2,21	40,11	1874,80	48,07	56,20	3158,69	1,17	Érratica	1,37	Método heurístico
SKU14	179,35	400,00	893,75	14772,47	378,78	361,94	130999,10	0,96	Estacionaria	0,91	Método heurístico
SKU15	2,48	2,60	2,73	351,14	9,00	7,80	60,87	0,87	Estacionaria	0,75	Método heurístico
SKU16	0,00	0,00	0,00	112,22	2,88	6,32	39,92	2,20	Érratica	4,82	Método heurístico
SKU17	0,42	24,20	0,22	96,01	2,46	6,15	37,83	2,50	Érratica	6,24	Método heurístico
SKU18	74,38	55,78	0,00	3890,52	99,76	149,07	22220,65	1,49	Érratica	2,23	Método heurístico
SKU19	32,20	56,75	57,56	5902,45	151,34	105,68	11167,85	0,70	Estacionaria	0,49	Método heurístico
SKU20	0,46	0,00	0,00	6,72	0,17	0,18	0,03	1,03	Érratica	1,06	Método heurístico
SKU21	1,51	5,73	4,41	3142,00	80,56	66,89	4474,27	0,83	Estacionaria	0,69	Método heurístico
SKU22	25,01	33,64	59,73	4770,75	122,33	97,64	9532,72	0,80	Estacionaria	0,64	Método heurístico
SKU23	0,17	0,12	0,13	28,11	0,72	0,42	0,18	0,59	Estacionaria	0,35	Método heurístico
SKU24	6,86	15,41	26,87	1276,80	32,74	37,93	1438,94	1,16	Érratica	1,34	Método heurístico
SKU25	47,90	89,93	89,20	9612,96	246,49	115,90	13432,68	0,47	Estacionaria	0,22	Método heurístico
SKU26	0,00	0,34	0,46	23,10	0,59	0,47	0,22	0,79	Estacionaria	0,62	Método heurístico
SKU27	1,46	2,56	2,52	378,88	9,71	3,45	11,87	0,35	Estacionaria	0,13	Modelo EOQ o P
SKU28	127,59	219,72	234,21	27230,30	698,21	260,11	67656,00	0,37	Estacionaria	0,14	Modelo EOQ o P
SKU29	166,60	0,00	0,00	1736,81	44,53	137,40	18877,57	3,09	Érratica	9,52	Método heurístico
SKU30	7,40	30,60	26,25	291,05	7,46	8,64	74,63	1,16	Érratica	1,34	Método heurístico
SKU31	1,20	0,00	0,00	12,51	0,32	0,99	0,98	3,09	Érratica	9,52	Método heurístico
SKU32	0,00	0,00	0,00	112,22	2,88	6,32	39,92	2,20	Érratica	4,82	Método heurístico
SKU33	18,39	0,60	0,00	661,05	16,95	52,49	2754,87	3,10	Érratica	9,59	Método heurístico
SKU34	73,90	105,02	145,86	10654,55	273,19	285,71	81631,43	1,05	Érratica	1,09	Método heurístico
SKU35	32,00	0,00	0,00	333,60	8,55	26,39	696,46	3,09	Érratica	9,52	Método heurístico
SKU36	45,51	38,96	72,66	6833,55	175,22	68,99	4759,57	0,39	Estacionaria	0,16	Modelo EOQ o P
SKU37	0,38	1,45	1,12	795,97	20,41	16,95	287,15	0,83	Estacionaria	0,69	Método heurístico
SKU38	0,00	1,32	5,00	69,66	1,79	2,77	7,65	1,55	Érratica	2,40	Método heurístico
SKU39	14,64	41,85	51,64	3699,34	94,85	58,29	3397,99	0,61	Estacionaria	0,38	Método heurístico
SKU40	0,04	0,15	0,12	83,79	2,15	1,78	3,18	0,83	Estacionaria	0,69	Método heurístico
SKU41	0,08	0,31	0,24	167,57	4,30	3,57	12,73	0,83	Estacionaria	0,69	Método heurístico
SKU42	78,99	258,76	274,97	14467,33	370,96	126,53	16010,20	0,34	Estacionaria	0,12	Modelo EOQ o P
SKU43	0,20	0,00	0,00	2,09	0,05	0,16	0,03	3,09	Érratica	9,52	Método heurístico
SKU44	0,10	0,07	0,08	16,86	0,43	0,25	0,06	0,59	Estacionaria	0,35	Método heurístico
SKU45	1,39	3,15	2,44	219,91	5,64	4,02	16,19	0,71	Estacionaria	0,51	Método heurístico
SKU46	16,88	12,87	13,32	2889,18	74,08	38,07	1449,06	0,51	Estacionaria	0,26	Método heurístico
SKU47	0,02	0,08	0,06	41,89	1,07	0,89	0,80	0,83	Estacionaria	0,69	Método heurístico
SKU48	0,00	10,20	8,75	61,20	1,57	2,81	7,92	1,79	Érratica	3,22	Método heurístico

## Anexo G.-Ejemplo de resultados de pronósticos en el software SPSS

### Modelizador para series temporales

[Conjunto\_de\_datos0]

#### Descripción del modelo

Descripción del modelo			Tipo de modelo
ID del modelo	SKU1	Modelo_1	Estacional simple

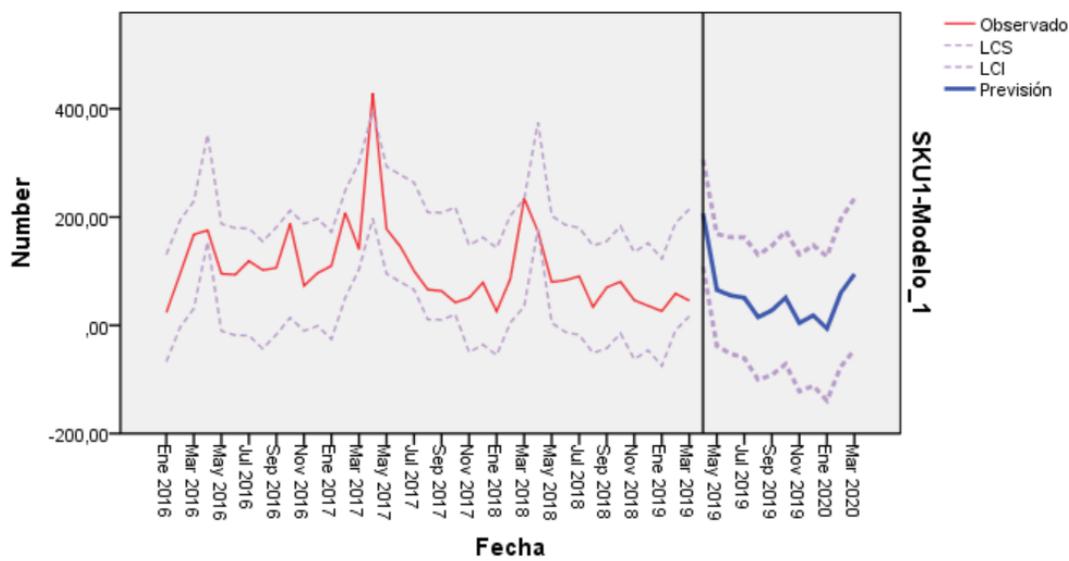
### Resumen del modelo

#### Ajuste del modelo

Estadístico de ajuste	Media	ET	Mínimo	Máximo	Percentil						
					5	10	25	50	75	90	95
R-cuadrado estacionaria	,825	.	,825	,825	,825	,825	,825	,825	,825	,825	,825
R-cuadrado	,589	.	,589	,589	,589	,589	,589	,589	,589	,589	,589
RMSE	48,862	.	48,862	48,862	48,862	48,862	48,862	48,862	48,862	48,862	48,862
MAPE	37,206	.	37,206	37,206	37,206	37,206	37,206	37,206	37,206	37,206	37,206
MaxAPE	182,058	.	182,058	182,058	182,058	182,058	182,058	182,058	182,058	182,058	182,058
MAE	35,109	.	35,109	35,109	35,109	35,109	35,109	35,109	35,109	35,109	35,109
MaxAE	132,629	.	132,629	132,629	132,629	132,629	132,629	132,629	132,629	132,629	132,629
BIC normalizado	7,966	.	7,966	7,966	7,966	7,966	7,966	7,966	7,966	7,966	7,966

#### Estadísticos del modelo

Modelo	Número de predictores	Estadísticos de ajuste del modelo	Ljung-Box Q(18)			Número de valores atípicos
		R-cuadrado estacionaria	Estadísticos	GL	Sig.	
SKU1-Modelo_1	0	,825	35,543	16	,003	0



## Anexo H .-Programación de Redes neuronales para el pronóstico de la demanda

```
Tesis_CRISTINA.R* x
Source on Save
Run
Source

1 library(nnfor)
2 library(forecast)
3 library(ggplot2)
4 ###cargando la base de datos
5 Tesis_CRISTINA<-read.csv("C:/Users/Cristina/OneDrive - Universidad Tecnica del Norte/UTN_para
6 #convertir la base de datos en serie temporal(ts)
7 Tesis_CRISTINA=ts(Tesis_CRISTINA$SKU34,freq=12,start=c(2016,1))
8 Tesis_CRISTINA
9 plot(Tesis_CRISTINA)
10 y <- Tesis_CRISTINA
11 y
12 #las variables de entrada son 12 meses desde 2015 hasta 2018 en forma mensual
13 h <- 1*frequency(y)
14 frequency(y)
15 #Entrenamiento automático
16 Fit1<- mlp(y,lags =NULL,difforder = NULL,hd.max = NULL)
17 plot(Fit1)
18 forecast(Fit1)
19 print(fit1)
20 plot(forecast(Fit1))
21
22
23
24
25
```

Anexo I.- Pronóstico

PRONÓSTICO									
MSE		SKU	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19
0,0007	1	SKU1	326,72	99,42	77,89	58,95	31,29	3,84	40,31
0,0007	2	SKU2	1200,64	1506,64	1267,96	3676,91	1501,76	630,28	2533,96
0,0475	3	SKU3	1619,61	186,03	156,97	178,84	169,41	368,85	153,81
0,0007	4	SKU4	29195,43	10206,44	12136,46	28463,51	40653,53	34412,90	40522,41
0,0007	5	SKU5	207,41	183,57	186,54	186,17	186,22	186,21	186,21
0,0007	6	SKU6	763,73	78,12	740,60	1045,88	1076,04	1061,49	1015,45
0,0007	7	SKU7	31,57	60,30	84,90	110,05	136,27	162,49	188,61
0,0007	8	SKU8	67,65	81,88	89,49	101,88	110,85	122,31	131,98
0,0007	9	SKU9	1922,40	869,93	306,80	636,43	1303,01	762,21	1445,92
0,0475	10	SKU10	3486,05	1058,47	806,34	664,30	423,20	91,91	300,16
0,0475	11	SKU11	2900,67	862,88	609,69	483,96	242,04	21,54	402,19
0,0007	12	SKU12	5,65	0,49	5,47	7,69	7,83	7,78	7,38
0,0007	13	SKU13	46,53	37,09	48,83	61,23	71,76	82,58	94,09
0,0007	14	SKU14	1970,48	235,42	262,41	1268,75	1251,45	687,12	289,93
0,0007	15	SKU15	2,77	3,10	2,59	2,87	2,71	2,88	3,30
0,0007	16	SKU16	1,46	1,74	2,39	1,88	3,50	3,39	4,47
0,0007	17	SKU17	2,85	2,26	2,40	2,37	2,37	2,37	2,37
0,0475	18	SKU18	224,74	150,47	198,92	76,32	125,75	132,83	128,96
0,0007	19	SKU19	123,57	46,85	84,70	106,15	105,40	102,42	87,98
0,0007	20	SKU20	0,39	0,08	0,13	0,18	0,05	0,04	0,18
0,0475	21	SKU21	1,31	24,05	91,65	22,80	4,00	1,85	15,63
0,0475	22	SKU22	124,02	115,67	87,72	83,33	22,13	10,49	53,77
0,0475	23	SKU23	0,11	0,06	0,09	0,00	0,01	0,07	0,02
0,0007	24	SKU24	25,98	34,07	23,25	29,73	29,51	34,25	34,14
0,0007	25	SKU25	208,73	204,82	245,53	242,14	216,11	259,26	316,37
0,0007	26	SKU26	0,37	0,48	0,31	0,41	0,41	0,21	0,22
0,0007	27	SKU27	2,73	4,41	0,95	1,49	1,65	1,99	2,31
0,0007	28	SKU28	355,97	680,98	336,06	551,14	650,93	859,30	788,26
0,0007	29	SKU29	31,08	29,37	29,48	29,48	29,48	29,48	29,48
0,0007	30	SKU30	26,48	28,00	30,16	32,92	35,82	38,88	41,67
0,0007	31	SKU31	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
0,0007	32	SKU32	1,53	1,75	2,48	2,14	3,70	3,08	4,16
0,0007	33	SKU33	566,22	316,62	41,21	227,64	386,56	169,43	310,72
0,0007	34	SKU34	64,90	598,49	600,29	656,17	125,95	11,21	476,21
0,0007	35	SKU35	5,91	5,68	5,69	5,69	5,69	5,69	5,69
0,0007	36	SKU36	72,64	150,48	77,49	19,88	73,39	41,34	27,98
0,0007	37	SKU37	8,87	10,21	30,50	10,69	1,31	1,56	2,68
0,0007	38	SKU38	1,19	0,51	1,17	2,41	4,55	1,01	0,43
0,0007	39	SKU39	4,56	182,09	59,35	89,67	43,98	67,43	12,92
0,0007	40	SKU40	1,30	0,57	3,74	0,04	0,65	0,34	0,27
0,0007	41	SKU41	0,62	0,04	7,80	0,30	0,74	0,32	0,32
0,0007	42	SKU42	332,29	230,02	6,18	214,70	421,80	351,56	347,60
0,0007	43	SKU43	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
0,0007	44	SKU44	0,05	0,03	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00
0,0007	45	SKU45	17,78	5,30	4,33	3,90	2,15	0,43	2,13
0,0007	46	SKU46	55,72	27,45	60,61	45,79	23,32	27,15	63,62
0,0007	47	SKU47	0,00	0,49	2,93	0,23	0,69	0,22	0,16
0,0007	48	SKU48	10,50	10,10	11,06	3,64	0,12	2,93	2,71

Anexo I: Pronóstico (Continuación)

PRONÓSTICO										
MSE		SKU	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	Total	Promedio	Desviación estándar
0,0007	1	SKU1	14,33	66,08	14,67	116,96	191,27	1041,73	86,81	92,15
0,0007	2	SKU2	1184,55	820,36	492,74	879,64	4755,19	20450,63	1704,22	1306,09
0,0475	3	SKU3	558,06	57,26	264,84	62,95	487,91	4264,54	355,38	427,90
0,0007	4	SKU4	24200,79	48137,50	42677,08	37157,84	5871,56	353635,45	29469,62	13852,93
0,0007	5	SKU5	186,21	186,21	186,21	186,21	186,21	2253,38	187,78	6,23
0,0007	6	SKU6	1246,66	1027,94	932,49	928,54	935,94	10852,88	904,41	293,97
0,0007	7	SKU7	214,73	240,87	267,01	293,15	319,28	2109,23	175,77	93,93
0,0007	8	SKU8	142,97	153,04	163,68	173,89	184,43	1524,05	127,00	37,75
0,0007	9	SKU9	2597,70	1143,26	62,34	1891,71	1667,28	14608,99	1217,42	735,66
0,0475	10	SKU10	31,99	557,36	43,29	1090,81	1862,81	10416,69	868,06	980,41
0,0475	11	SKU11	0,51	572,40	155,82	1137,96	1665,35	9055,01	754,58	829,71
0,0007	12	SKU12	9,10	7,53	6,77	6,71	6,73	79,13	6,59	2,16
0,0007	13	SKU13	105,34	116,35	128,25	140,19	151,41	1083,65	90,30	38,49
0,0007	14	SKU14	320,52	359,66	349,80	501,10	1074,92	8571,56	714,30	554,12
0,0007	15	SKU15	1,70	2,41	4,69	4,72	4,75	38,49	3,21	0,99
0,0007	16	SKU16	3,11	4,81	4,95	5,29	4,48	41,47	3,46	1,35
0,0007	17	SKU17	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	28,84	2,40	0,14
0,0475	18	SKU18	97,54	128,73	197,02	198,93	346,33	2006,54	167,21	72,32
0,0007	19	SKU19	199,73	97,69	260,68	173,28	265,83	1654,28	137,86	70,89
0,0007	20	SKU20	0,01	0,08	0,03	0,19	0,17	1,53	0,13	0,11
0,0475	21	SKU21	16,27	17,82	14,38	25,41	8,62	243,79	20,32	23,97
0,0475	22	SKU22	50,88	55,76	114,13	37,13	48,07	803,10	66,93	37,61
0,0475	23	SKU23	0,04	0,04	0,05	0,09	0,10	0,68	0,06	0,04
0,0007	24	SKU24	40,03	39,64	43,03	46,43	47,55	427,61	35,63	7,83
0,0007	25	SKU25	238,37	251,63	256,54	342,88	193,01	2975,39	247,95	44,18
0,0007	26	SKU26	0,27	0,23	0,32	0,21	0,25	3,69	0,31	0,09
0,0007	27	SKU27	2,61	1,99	2,23	2,85	3,11	28,32	2,36	0,89
0,0007	28	SKU28	1122,30	1022,16	931,69	779,55	675,34	8753,68	729,47	241,44
0,0007	29	SKU29	29,48	29,48	29,48	29,48	29,48	355,25	29,60	0,47
0,0007	30	SKU30	44,72	47,71	50,80	53,89	56,99	488,04	40,67	10,31
0,0007	31	SKU31	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	2,53	0,21	0,00
0,0007	32	SKU32	3,19	5,34	4,17	5,62	4,64	41,80	3,48	1,36
0,0007	33	SKU33	861,63	469,53	166,03	482,64	661,11	4659,34	388,28	233,62
0,0007	34	SKU34	410,22	412,91	51,97	304,13	1564,32	5276,77	439,73	421,77
0,0007	35	SKU35	5,69	5,69	5,69	5,69	5,69	68,49	5,71	0,06
0,0007	36	SKU36	72,75	34,84	42,62	46,38	99,52	759,31	63,28	36,35
0,0007	37	SKU37	0,11	14,75	18,00	3,91	1,26	103,85	8,65	9,04
0,0007	38	SKU38	0,32	0,95	3,50	2,70	2,18	20,92	1,74	1,33
0,0007	39	SKU39	74,26	122,76	63,23	147,79	128,58	996,62	83,05	53,58
0,0007	40	SKU40	0,27	1,84	0,82	1,76	1,59	13,19	1,10	1,04
0,0007	41	SKU41	0,09	2,56	0,90	0,58	1,00	15,27	1,27	2,16
0,0007	42	SKU42	353,21	79,06	191,37	302,29	350,88	3180,96	265,08	124,58
0,0007	43	SKU43	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,48	0,04	0,00
0,0007	44	SKU44	0,02	0,01	0,03	0,06	0,05	0,35	0,03	0,02
0,0007	45	SKU45	0,04	2,94	0,58	6,36	10,10	56,04	4,67	5,02
0,0007	46	SKU46	70,04	60,17	86,21	56,00	63,23	639,31	53,28	19,04
0,0007	47	SKU47	0,65	0,75	0,48	0,91	0,02	7,53	0,63	0,78
0,0007	48	SKU48	2,79	3,60	0,72	3,11	0,43	51,71	4,31	3,96

Anexo J.-Aplicación del algoritmo de Silver Meal

ALGORITMO SILVER-MEAL																
NOMBRE		SKU1														
DEMANDA	326,72	99,42	77,89	58,95	31,29	3,84	40,31	14,33	66,08	14,67	116,96	191,27				
COSTO ADQUISICIÓN	1,05															
COSTO POR ORDENAR	16,67															
COSTO POR MANTENER	0,021															
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
326,72	1	16,67												16,67	16,67	16,67
99,42	2		2,09											2,09	18,76	9,38
77,89	3			3,27										3,27	22,03	7,34
58,95	4				3,71									3,71	25,74	6,44
31,29	5					2,63								2,63	28,37	5,67
3,84	6						0,40							0,40	28,77	4,80
40,31	7							5,08						5,08	33,85	4,84
14,33	8								2,11					2,11	35,96	4,50
66,08	9									11,10				11,10	47,06	5,23
14,67	10										2,77			2,77	49,83	4,98
116,96	11											24,56		24,56	74,39	6,76
191,27	12												44,18	44,18	118,57	9,88
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
40,31	7	16,67												16,67	16,67	16,67
14,33	8		0,30											0,30	16,97	8,49
66,08	9			2,78										2,78	19,75	6,58
14,67	10				0,92									0,92	20,67	5,17
116,96	11					9,82								9,82	30,50	6,10
191,27	12						20,08							20,08	50,58	8,43
191,27	0							24,10						-	-	-
191,27	0								28,12					-	-	-
191,27	0									32,13				-	-	-
191,27	0										36,15			-	-	-
191,27	0											40,17		-	-	-
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
116,96	11	16,67												16,67	16,67	16,67
191,27	12		4,02											4,02	20,69	10,34
191,27	0			8,03										-	-	-
191,27	0				12,05									-	-	-
191,27	0					16,07								-	-	-
191,27	0						20,08							-	-	-
191,27	0							24,10						-	-	-
191,27	0								28,12					-	-	-
191,27	0									32,13				-	-	-
191,27	0										36,15			-	-	-
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
191,27	0	16,67												-	-	-
191,27	0		4,02											-	-	-
191,27	0			8,03										-	-	-
191,27	0				12,05									-	-	-
191,27	0					16,07								-	-	-
191,27	0						20,08							-	-	-
191,27	0							24,10						-	-	-
191,27	0								28,12					-	-	-
191,27	0									32,13				-	-	-
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
326,72	0	16,67												-	-	-
99,42	0		2,09											-	-	-
77,89	0			3,27										-	-	-
58,95	0				3,71									-	-	-
31,29	0					2,63								-	-	-
3,84	0						0,40							-	-	-
40,31	0							5,08						-	-	-
14,33	0								2,11					-	-	-

Anexo J: Aplicación del algoritmo de Silver Meal (Continuación)

ALGORITMO SILVER-MEAL																
NOMBRE		SKU1														
DEMANDA		326,72	99,42	77,89	58,95	31,29	3,84	40,31	14,33	66,08	14,67	116,96	191,27			
COSTO ADQUISICIÓN		1,05														
COSTO POR ORDENAR		16,67														
COSTO POR MANTENER		0,021														
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
326,72	0	16,67												-	-	-
99,42	0		2,09											-	-	-
77,89	0			3,27										-	-	-
58,95	0				3,71									-	-	-
31,29	0					2,63								-	-	-
3,84	0						0,40							-	-	-
40,31	0							5,08						-	-	-
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
326,72	0	16,67												-	-	-
99,42	0		2,09											-	-	-
77,89	0			3,27										-	-	-
58,95	0				3,71									-	-	-
31,29	0					2,63								-	-	-
3,84	0						0,40							-	-	-
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
326,72	0	16,67												-	-	-
99,42	0		2,09											-	-	-
77,89	0			3,27										-	-	-
58,95	0				3,71									-	-	-
31,29	0					2,63								-	-	-
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
326,72	0	16,67												-	-	-
99,42	0		2,09											-	-	-
77,89	0			3,27										-	-	-
58,95	0				3,71									-	-	-
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
326,72	0	16,67												-	-	-
99,42	0		2,09											-	-	-
77,89	0			3,27										-	-	-
58,95	0				3,71									-	-	-
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
326,72	0	16,67												-	-	-
99,42	0		2,09											-	-	-
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT	CTUT
99,42	0	16,67												-	-	-

Anexo J: Aplicación del algoritmo de Silver Meal (Continuación)

TABLA	DEMANDA	TABLA1	TABLA2	TABLA3	TABLA4	TABLA5	TABLA6	TABLA7	TABLA8	TABLA9	TABLA10	TABLA11	TABLA12	CANTIDAD	INVENTARIO F.	COSTO MTTTO	COSTO PREPARACION	COSTO ACUMULADO
1	326,72	598,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	598,11	271,39	5,70	16,67	22,37
2	99,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	171,97	3,61	0,00	25,98
3	77,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	94,08	1,98	0,00	27,96
4	58,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	35,13	0,74	0,00	28,70
5	31,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	3,84	0,08	0,00	28,78
6	3,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	28,78
7	40,31	0	135,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135,39	95,08	2,00	16,67	47,45
8	14,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	80,75	1,70	0,00	49,15
9	66,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	14,67	0,31	0,00	49,46
10	14,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	49,46
11	116,96	0	0	308,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	308,23	191,27	4,02	16,67	70,15
12	191,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	70,15

Anexo K .-Aplicación del método de Wagner Whitin (Datos Excel)

MÉTODO WAGNER WHITIN															
1	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	TOTAL		
DEMANDA (PRONOSTICO)	326,72	99,42	77,89	58,95	31,29	3,84	40,31	14,33	66,08	14,67	116,96	191,27	1041,73		
COSTO DEL PRODUCTO						\$			1,05						
COSTO DE PREPARACIÓN DE CADA LOTE						\$			16,67						
COSTO POR MANTENIMIENTO DEL INVENTARIO						\$			0,02						
VARIABLES Y RESTRICCIONES	Xi=CANTIDAD DE UNIDADES A ORDENAR EN EL PERIODO i								Xi>=0						
	li=INVENTARIO EN UNIDADES AL FINAL DEL PERIODO i								li>=0						
	Wi=¿ EN EL PERIODO i SE ORDENA?								Wi {1,0}						
	i={1,2,3,4,5,6,7,8}														
	PEDIDO+INVENTARIOS INICIAL-DEMANDA=INVENTARIO FINAL				RESTRICCIONES DE DEMANDA				RESTRICCIONES BINARIAS			DATOS SOLVER			
									I			0,021		NEGATIVO	
									W			16,67		S(NG)	
	X1+I0-D1=I1				X1>=D1				X1<=NG1*W1			1		327,00	1041,00
	X2+I1-D2=I2				X2+I1>=D2				X2<=NG2*W2			2		99,00	714,00
	X3+I2-D3=I3				X3+I2>=D3				X3<=NG3*W3			3		78,00	615,00
	X4+I3-D4=I4				X4+I3>=D4				X4<=NG4*W4			4		59,00	537,00
	X5+I4-D5=I5				X5+I4>=D5				X5<=NG5*W5			5		31,00	478,00
	X6+I5-D6=I6				X6+I5>=D6				X6<=NG6*W6			6		4,00	447,00
	X7+I6-D7=I7				X7+I6>=D7				X7<=NG7*W7			7		40,00	443,00
X8+I7-D8=I8				X8+I7>=D8				X8<=NG8*W8			8		14,00	403,00	
X9+I8-D9=I9				X9+I8>=D9				X9<=NG9*W9			9		66,00	389,00	
X10+I9-D10=I10				X10+I9>=D10				X10<=NG10*W10			10		15,00	323,00	
X11+I10-D11=I11				X11+I10>=D11				X11<=NG11*W11			11		117,00	308,00	
X12+I11-D12=I12				X12+I11>=D12				X12<=NG12*W12			12		191,00	191,00	
FUNCIÓN OBJETIVO	Zmin=														
	16,67(W1+W2+W3+W4+W5+W6+W7+W8+W9+W10+W11+W12)+0,021(I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10+I11+I12)														



Anexo K: Aplicación del método de Wagner Whitin (Continuación)

	21:12:15		Saturday	June	29	2019
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X1	648,0000	0	0	0	basic
2	X2	0	0	0	0	basic
3	X3	0	0	0	0	basic
4	X4	0	0	0	0	basic
5	X5	0	0	0	0	basic
6	X6	0	0	0	0	basic
7	X7	0	0	0	0	basic
8	X8	0	0	0	0	basic
9	X9	387,0000	0	0	0	basic
10	X10	0	0	0	0	basic
11	X11	0	0	0	0	basic
12	X12	0	0	0	0	basic
13	I1	322,0000	0,0200	6,4400	0	basic
14	I2	223,0000	0,0200	4,4600	0	basic
15	I3	146,0000	0,0200	2,9200	0	basic
16	I4	88,0000	0,0200	1,7600	0	basic
17	I5	57,0000	0,0200	1,1400	0	basic
18	I6	54,0000	0,0200	1,0800	0	basic
19	I7	14,0000	0,0200	0,2800	0	basic
20	I8	0	0,0200	0	0,1600	at bound
21	I9	321,0000	0,0200	6,4200	0	basic
22	I10	307,0000	0,0200	6,1400	0	basic
23	I11	191,0000	0,0200	3,8200	0	basic
24	I12	0	0,0200	0	0,0800	at bound
25	W1	1,0000	16,6700	16,6700	16,6700	at bound
26	W2	0	16,6700	0	2,3900	at bound
27	W3	0	16,6700	0	16,6700	at bound
28	W4	0	16,6700	0	16,6700	at bound
29	W5	0	16,6700	0	16,6700	at bound
30	W6	0	16,6700	0	16,6700	at bound
31	W7	0	16,6700	0	16,6700	at bound
32	W8	0	16,6700	0	16,6700	at bound
33	W9	1,0000	16,6700	16,6700	16,6700	at bound
34	W10	0	16,6700	0	10,2300	at bound
35	W11	0	16,6700	0	4,3500	at bound
36	W12	0	16,6700	0	5,2100	at bound
	Objective	Function	(Min.) =	67,8000		

Resumen:

Los resultados varían por los decimales

SKU	MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	INV. INICIAL	0	326,03	226,61	148,72	89,77	58,48	54,64	14,33	0,00	322,90	308,23	191,27	
	PEDIDO	652,75								388,98				
	DEMANDA	326,72	99,42	77,89	58,95	31,29	3,84	40,31	14,33	66,08	14,67	116,96	191,27	
1,05	INV. FINAL	326,03	226,61	148,72	89,77	58,48	54,64	14,33	0,00	322,90	308,23	191,27	0,00	SUBTOTALES
0,021	COSTO DE MANTENER	6,85	4,76	3,12	1,89	1,23	1,15	0,30	0,00	6,78	6,47	4,02	0,00	36,56
16,67	COSTO DE PREPARAR	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00	33,34
														COSTO TOTAL
														69,90

Anexo L.-Aplicación del método de Balance de Periodo Fragmentado

MÉTODO BALANCEO DE PERÍODOS															
NOMBRE		SKU1													
DEMANDA		326,72	99,42	77,89	58,95	31,29	3,84	40,31	14,33	66,08	14,67	116,96	191,27		
COSTO DE ADQUISICION		1,05													
COSTO POR ORDENAR		16,67													
COSTO POR MANTENER		0,021													
DEMANDA	T	D1	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
326,72	1	-												-	-
99,42	2		2,09											2,09	2,09
77,89	3			3,27										3,27	5,36
58,95	4				3,71									3,71	9,07
31,29	5					2,63								2,63	11,70
3,84	6						0,40							0,40	12,10
40,31	7							5,08						5,08	17,18
14,33	8								2,11					2,11	19,29
66,08	9									11,10				11,10	30,39
14,67	10										2,77			2,77	33,16
116,96	11											24,56		24,56	57,72
191,27	12												44,18	44,18	101,90
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
40,31	7	-												-	-
14,33	8		0,30											0,30	0,30
66,08	9			2,78										2,78	3,08
14,67	10				0,92									0,92	4,00
116,96	11					9,82								9,82	13,82
191,27	12						20,08							20,08	33,90
191,27	0							24,10						24,10	58,00
191,27	0								28,12					28,12	86,12
191,27	0									32,13				32,13	118,25
191,27	0										36,15			36,15	154,40
191,27	0											40,17		40,17	194,57
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
191,27	12	-												-	-
191,27	0		4,02											4,02	4,02
191,27	0			8,03										8,03	12,05
191,27	0				12,05									12,05	24,10
191,27	0					16,07								16,07	40,17
191,27	0						20,08							20,08	60,25
191,27	0							24,10						24,10	84,35
191,27	0								28,12					28,12	112,47
191,27	0									32,13				32,13	144,60
191,27	0										36,15			36,15	180,75
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
191,27	0	-												-	-
191,27	0		4,02											4,02	4,02
191,27	0			8,03										8,03	12,05
191,27	0				12,05									12,05	24,10
191,27	0					16,07								16,07	40,17
191,27	0						20,08							20,08	60,25
191,27	0							24,10						24,10	84,35
191,27	0								28,12					28,12	112,47
191,27	0									32,13				32,13	144,60
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
326,72	0	-												-	-
99,42	0		2,09											2,09	2,09
77,89	0			3,27										3,27	5,36
58,95	0				3,71									3,71	9,07
31,29	0					2,63								2,63	11,70
3,84	0						0,40							0,40	12,10
40,31	0							5,08						5,08	17,18
14,33	0								2,11					2,11	19,29

Anexo L: Aplicación del método de Balance de Periodo Fragmentado (Continuación)

MÉTODO BALANCEO DE PERÍODOS															
NOMBRE			SKU1												
DEMANDA			326,72	99,42	77,89	58,95	31,29	3,84	40,31	14,33	66,08	14,67	116,96	191,27	
COSTO DE ADQUISICION			1,05												
COSTO POR ORDENAR			16,67												
COSTO POR MANTENER			0,021												
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
326,72	0	-												-	-
99,42	0		2,09											2,09	2,09
77,89	0			3,27										3,27	5,36
58,95	0				3,71									3,71	9,07
31,29	0					2,63								2,63	11,70
3,84	0						0,40							0,40	12,10
40,31	0							5,08						5,08	17,18
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
326,72	0	-												-	-
99,42	0		2,09											2,09	2,09
77,89	0			3,27										3,27	5,36
58,95	0				3,71									3,71	9,07
31,29	0					2,63								2,63	11,70
3,84	0						0,40							0,40	12,10
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
326,72	0	-												-	-
99,42	0		2,09											2,09	2,09
77,89	0			3,27										3,27	5,36
58,95	0				3,71									3,71	9,07
31,29	0					2,63								2,63	11,70
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
326,72	0	-												-	-
99,42	0		2,09											2,09	2,09
77,89	0			3,27										3,27	5,36
58,95	0				3,71									3,71	9,07
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
326,72	0	-												-	-
99,42	0		2,09											2,09	2,09
77,89	0			3,27										3,27	5,36
58,95	0				3,71									3,71	9,07
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
326,72	0	-												-	-
99,42	0		2,09											2,09	2,09
DEMANDA	T	S	D2*H(1)	D3*H(2)	D4*H(3)	D5*H(4)	D6*H(5)	D7*H(6)	D8*H(7)	D9*H(8)	D10*H(9)	D11*H(10)	D12*H(11)	SUMA F	CT
99,42	0	-												-	-

Anexo L: Aplicación del método de Balance de Periodo Fragmentado (Continuación)

TABLA	DEMANDA	TABLA1	TABLA2	TABLA3	TABLA4	TABLA5	TABLA6	TABLA7	TABLA8	TABLA9	TABLA10	TABLA11	TABLA12	CANTIDAD	INVENTARIO F.	COSTO MTTTO	COSTO PREPARACION	COSTO ACUMULADO
1	326,72	598,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	598,11	271,39	5,70	16,67	22,37
2	99,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	171,97	3,61	0,00	25,98
3	77,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	94,08	1,98	0,00	27,96
4	58,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	35,13	0,74	0,00	28,70
5	31,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	3,84	0,08	0,00	28,78
6	3,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	28,78
7	40,31	0	252,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252,35	212,04	4,45	16,67	49,90
8	14,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	197,71	4,15	0,00	54,05
9	66,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	131,63	2,76	0,00	56,81
10	14,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	116,96	2,46	0,00	59,27
11	116,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	59,27
12	191,27	0	0	191,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	191,27	0,00	0,00	16,67	75,94

Anexo M .-Resultado del costo total del inventario por cada método

ARTÍCULO	COSTOS TOTALES		
	SILVER MEAL	WAGNER WHITIN	BALANCEO PERÍODO
SKU1	70,15	69,90	75,94
SKU2	164,26	161,96	170,84
SKU3	126,43	126,44	136,50
SKU4	195,11	195,11	195,11
SKU5	90,19	90,21	90,19
SKU6	168,94	168,79	168,94
SKU7	158,82	158,83	158,82
SKU8	108,51	99,24	108,74
SKU9	179,25	179,25	179,25
SKU10	126,31	120,46	120,45
SKU11	125,26	118,42	118,43
SKU12	35,19	35,20	48,97
SKU13	180,24	180,24	180,24
SKU14	200,04	200,04	200,04
SKU15	21,83	21,83	21,83
SKU16	42,31	30,52	30,52
SKU17	49,50	36,06	49,50
SKU18	58,52	64,35	59,46
SKU19	135,92	132,69	143,49
SKU20	16,99	17,00	16,99
SKU21	71,58	71,59	85,33
SKU22	165,09	165,09	165,09
SKU23	18,88	18,87	18,88
SKU24	53,49	53,48	53,49
SKU25	137,67	137,66	137,67
SKU26	18,70	18,70	18,70
SKU29	30,29	30,29	30,29
SKU30	51,72	51,73	53,19
SKU31	20,06	20,07	20,06
SKU32	42,12	30,58	30,58
SKU33	167,88	167,73	174,70
SKU34	159,25	159,25	159,25
SKU35	24,18	24,18	24,18
SKU37	39,84	35,32	49,90
SKU38	43,37	41,03	48,43
SKU39	145,48	142,03	146,41
SKU40	55,92	55,92	55,92
SKU41	37,16	25,85	25,85
SKU43	17,62	17,62	17,62
SKU44	18,14	18,13	18,14
SKU45	88,36	86,68	92,75
SKU46	86,42	86,41	88,80
SKU47	21,97	21,97	21,97
SKU48	19,98	19,97	19,98
TOTAL PERIODOS	\$ 3.788,94	\$ 3.706,68	\$ 3.831,43