

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
“MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN
LOGÍSTICA”**

TEMA

**“DESARROLLO DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO PARA UNA
EMPRESA IMPORTADORA Y DISTRIBUIDORA DE INSUMOS
MÉDICOS UTILIZANDO MODELOS MATEMÁTICOS DE
APROVISIONAMIENTO”**

AUTOR

ING. JACQUELINE CORONEL FLORES

Guayaquil – Ecuador

AÑO

2015

AGRADECIMIENTO

Ha concluido otra etapa importante de mi desarrollo profesional, fueron dos años de mucho esfuerzo y sacrificio, pero también fue una gran oportunidad para aprender nuevas cosas y conocer a un buen grupo de profesionales.

Agradezco a Dios por haberme guiado, por darme fortaleza para superar todos los obstáculos y permitirme concluir otro de mis objetivos de vida.

Agradezco a mis padres, por todo el apoyo que siempre me brindan, ellos son mi fuente de motivación y mi ejemplo de superación y perseverancia.

Un agradecimiento especial a Edward Vera por ser mi compañero durante esta importante etapa, y por haberme dado su apoyo incondicional siempre.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de graduación a mis hermanos: Alexa, Gabby y al pequeño Martín, son unos de los regalos más grandes de la vida, los amo.

A Imeldita, por ser la abuelita más dulce, tierna, cariñosa y preocupada, ella es mi ángel.

A mi padres, por todo el amor que dan, por ser los mejores guías y consejeros.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Reglamento de Graduación de la Espol.



Ing. Jacqueline Catalina Coronel Flores

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



M.Sc. Carlos Martín Barreiro

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



M.Sc. Carlos Cepeda De La Torre

DIRECTOR DEL PROYECTO



Máster Dalton Noboa Macías

VOCAL DEL TRIBUNAL

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE GRÁFICOS	V
1. OBJETIVOS Y GENERALIDADES	
1. 1 Generalidades	3
1. 2 Antecedentes	6
1. 3 Planteamiento del problema	7
1. 4 Justificación del problema	8
1. 5 Objetivo general	10
1. 6 Objetivos específicos.....	10
2. Marco Teórico	
2. 1 Introduccion.....	11
2. 2 Definición De Inventario	12
2. 3 Sistemas De Control De Inventarios.....	13
2.3. 1 Costo De Ordenar	13
2.3. 2 Costo De Almacenamiento	14
2.3. 3 Costo De Penalización	15
2. 4 Características De Los Sistemas De Inventario.....	16
2. 5 Clasificación De Los Modelos De Inventario.....	17
2.5. 1 Modelos Determinísticos	17
2.5.1. 2 Modelos Determinísticos	17
2.5.1. 3 Modelo Del Lote Económico (Eoq)	18
2.5. 2 Modelos Estocasticos Para Productos Con Demanda Probabilistica.....	19
2.5.2. 1 Modelo De Inventario Abc	20
2.5.2. 2 Clasificacion De Modelos Estocasticos Para Manejo De Inventarios	21
2.5.2. 1 MODELO DE INVENTARIO ABC	20
2.5.2. 2 CLASIFICACION DE MODELOS ESTOCASTICOS PARA MANEJO DE INVENTARIOS.....	21
2. 6 Modelos De Pronóstico De La Demanda.....	24
2.6. 1 Modelos De Series De Tiempo Para Pronóstico De La Demanda	25
2.6. 2 Promedios Móviles	26
2.6. 3 Modelos De Suavización Exponencial	27
2.6. 4 Box-Jenkins (Modelos Arima).....	27

	Pág.
2.6.4. 1 Expresión General De Un Modelo Arma.....	28
2.6.4. 2 Expresión General De Un Modelo Arima	29
2.6.4. 3 Consideraciones Sobre El Modelo Arima	30
2.6.4. 4 Esquema De Identificación – Optimización - Comprobación.....	32
2.6.4.4. 1 Prueba De Normalidad	33
2.6.4.4. 2 Prueba De Autocorrelacion.....	34
2.6. 5 Equivalencia De Modelos Arima Con Alisados Exponenciales	35
2.6. 6 Modelo De Demanda Intermitente De Croston	36
2. 7 Programacion Lineal.....	36
2.7. 1 Características De La Programación Lineal.....	37
2.7. 2 Conceptos Clave Para La Formulacion De Los Modelos De Programacion Lineal	38
2.7. 3 Principales Metodos Para La Resolucion De Problemas De Programacion Lineal	39
2.7.3. 1 El Algoritmo Simplex	40
2. 8 Programacion Lineal Entera Mixta.....	40
2.8. 1 Problemas Más Relevantes De La Programacion Entera Mixta.....	42

3. APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO Y RESULTADOS OBTENIDOS

3. 1 Introduccion.....	44
3. 2 Secuencia De Comandos Utilizados En R Estudio	46
3. 3 Calculo De Pronosticos Para Productos Tipo A.....	47
3.3. 1 Apósito 1624	47
3.3. 2 Apósito 1626	49
3.3. 3 Apósito 3584	51
3.3. 4 Apósito 3590	53
3.3. 5 Apósito 3591	55
3.3. 6 Apósito Transparente 2	57
3.3. 7 Apósito Transparente 3	59
3.3. 8 Cardiológico 2560.....	61
3.3. 9 Cortadores	63
3.3. 10 Desinfectante	65
3.3. 11 Drape 1050.....	67
3.3. 12 Esparadrapo Papel 1	69
3.3. 13 Esparadrapo Papel 2.....	71
3.3. 14 Esparadrapo Papel 3.....	73
3.3. 15 Esteri 1292	75
3.3. 16 Esteri 1250	77
3.3. 17 Esteri 1224	79
3.3. 18 Esteri 1322	81
3.3. 19 Esteri 4100	83
3.3. 20 Esteri 1294	85

	Pág.
3.3. 21 Resumen de Pronosticos Obtenidos.....	87
3. 4 Cálculo de La Política De Inventario	89
3.4. 1 Indices del Modelo.....	90
3.4.1. 1 Productos	90
3.4.1. 2 Periodos	90
3. 5 Parametros Del Modelo.....	90
3.5. 1 Demanda.....	91
3.5. 2 Lead Time	91
3.5. 3 Inventario Inicial	91
3.5. 4 Costo Unitario.....	91
3.5. 5 Costo de Compra	92
3.5. 6 Holding Cost.....	92
3. 6 Variables del Modelo	93
3. 7 Formulacion del Modelo Matematico	93
3. 8 Plan Programado de Colocacion de Ordenes (Política de Inventario para Productos A)	94
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1 Conclusiones	97
4.2 Recomendaciones.....	99
5. BIBLIOGRAFIA.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2. 1 Modelos estocásticos para productos con demanda probabilística	22
Tabla 3. 1 Categorización de Productos.....	44
Tabla 3. 2 Productos tipo A y Porcentaje de Participación de Ventas.....	45
Tabla 3. 3 Secuencia de Comandos Utilizados en R Estudio	46
Tabla 3. 4 Resultados R - Apósito 1624.....	48
Tabla 3. 5 Resultados R – Apósito 1626	50
Tabla 3. 6 Resultados R – Apósito 3584	52
Tabla 3. 7 Resultados R – Apósito 3590	54
Tabla 3. 8 Resultados R - Apósito 3591	56
Tabla 3. 9 Resultados R – Apósito Transparente 2	58
Tabla 3. 10 Resultados R – Apósito Transparente 3.....	60
Tabla 3. 11 Resultados R – Cardiólogo 2560	62
Tabla 3. 12 Resultados R - Cortadores	64
Tabla 3. 13 Resultados R - Desinfectante.....	66
Tabla 3. 14 Resultados R – Drape 1050	68
Tabla 3. 15 Resultados R – Esparadrapo Papel 1	70
Tabla 3. 16 Resultados R – Esparadrapo Papel 2.....	72
Tabla 3. 17 Resultados R – Esparadrapo Papel 3.....	74
Tabla 3. 18 Resultados R – Esteri 1292.....	76
Tabla 3. 19 Resultados R - Esteri 1250.....	78
Tabla 3. 20 Resultados R – Esteri 1224.....	80
Tabla 3. 21 Resultados R – Esteri 1322	82
Tabla 3. 22 Resultados R – Esteri 4100.....	84
Tabla 3. 23 Resultados R – Esteri 1294.....	86
Tabla 3. 24 Resumen de Pronósticos Obtenidos en R de la semana 15 a la 27.....	87
Tabla 3. 25 Resumen de Pronósticos Obtenidos en R de la semana 28 a la 40	88
Tabla 3. 26 Resumen de Pronósticos Obtenidos en R de la semana 41 a la 52	88
Tabla 3. 27 Conjuntos del modelo	90
Tabla 3. 28 Parámetros del Modelo Matemático.....	91
Tabla 3. 29 Parámetros del Modelo Matemático	92
Tabla 3. 30 Variables del Modelo	93
Tabla 3. 31 Plan Programado de Colocación de Órdenes de Compra de la Semana 9 a la Semana 27	95
Tabla 3. 32 Plan Programado de Colocación de Órdenes de Compra de la Semana del 28 a la Semana 46.....	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 2. 1 Sistema de Revisión Continua Modelo (s,Q)	23
Gráfico 2. 2 Sistema de Revisión Continua Modelo (s,S).....	23
Gráfico 2. 3 Sistema de Revisión Continua Modelo (R,S).....	24
Gráfico 3. 1 Ventas 1624	47
Gráfico 3. 2 Prueba de Normalidad y Autocorrelación Apósito 1624	48
Gráfico 3. 3 Pronostico Apósito 1624.....	49
Gráfico 3. 4 Ventas Apósito 1626	49
Gráfico 3. 5 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito 1626	50
Gráfico 3. 6 Pronóstico Apósito 1626.....	51
Gráfico 3. 7 Ventas Apósito 3584.....	51
Gráfico 3. 8 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito 3584	52
Gráfico 3. 9 Pronóstico Apósito 3584.....	53
Gráfico 3. 10 Ventas Apósito 3590.....	53
Gráfico 3. 11 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito 3590	54
Gráfico 3. 12 Pronóstico Apósito 3590	55
Gráfico 3. 13 Ventas apósito 3591	55
Gráfico 3. 14 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito 3591	56
Gráfico 3. 15 Pronóstico Apósito 3591	57
Gráfico 3. 16 Ventas Apósito Transparente 2.....	57
Gráfico 3. 17 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito Transparente 2.....	58
Gráfico 3. 18 Pronóstico Apósito Transparente 2	59
Gráfico 3. 19 Ventas Apósito Transparente 3.....	59
Gráfico 3. 20 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito Transparente 3.....	60
Gráfico 3. 21 Pronóstico Apósito Transparente 3	61
Gráfico 3. 22 Ventas Cardiólogo 2560.....	61
Gráfico 3. 23 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Cardiólogo 2560	62
Gráfico 3. 24 Pronóstico Cardiólogo 2560	63
Gráfico 3. 25 Ventas Cortadores	63
Gráfico 3. 26 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Cortadores.....	64
Gráfico 3. 27 Pronóstico Cortadores.....	65
Gráfico 3. 28 Ventas Desinfectante.....	65
Gráfico 3. 29 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Desinfectante	66
Gráfico 3. 30 Pronóstico Desinfectante	67
Gráfico 3. 31 Ventas Drape 1050	67
Gráfico 3. 32 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Drape 1050.....	68
Gráfico 3. 33 Pronóstico Drape 1050.....	69
Gráfico 3. 34 Ventas Esparadrapo Papel 1.....	69

Gráfico 3. 35 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esparadrapo Papel 1	70
Gráfico 3. 36 Pronóstico Esparadrapo Papel 1	71
Gráfico 3. 37 Ventas Esparadrapo Papel 2.....	71
Gráfico 3. 38 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esparadrapo Papel 2.....	72
Gráfico 3. 39 Pronostico Esparadrapo Papel 2	73
Gráfico 3. 40 Ventas Esparadrapo Papel 3.....	73
Gráfico 3. 41 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esparadrapo Papel 3.....	74
Gráfico 3. 42 Pronostico Esparadrapo Papel 3	75
Gráfico 3. 43 Ventas Esteri 1292	75
Gráfico 3. 44 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1292	76
Gráfico 3. 45 Pronóstico Esteri 1292.....	77
Gráfico 3. 46 Ventas Esteri 1250	77
Gráfico 3. 47 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1250	78
Gráfico 3. 48 Pronóstico Esteri 1250.....	79
Gráfico 3. 49 Ventas Esteri 1224	79
Gráfico 3. 50 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1224	80
Gráfico 3. 51 Pronóstico Esteri 1224.....	81
Gráfico 3. 52 Ventas Esteri 1322	81
Gráfico 3. 53 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1322	82
Gráfico 3. 54 Pronóstico Esteri 1322.....	83
Gráfico 3. 55 Ventas Esteri 4100	83
Gráfico 3. 56 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 4100	84
Gráfico 3. 57 Pronostico Esteri 4100	85
Gráfico 3. 58 Ventas Esteri 1294	85
Gráfico 3. 59 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1294	86
Gráfico 3. 60 Pronóstico Esteri 1294.....	87

RESUMEN EJECUTIVO

Desde la antigüedad se identificó la necesidad para determinar la cantidad de provisiones que se necesitarían para los períodos de escasez, es así como precisamente surgieron los problemas de inventario.

Inventario es el conjunto de mercancías que tienen las empresas para comercializar permitiendo la compra, venta y fabricación antes de su venta en un período determinado de tiempo.

La administración de inventario contrapone dos aspectos:

Maximizar la inversión en inventarios, el costo de oportunidad de esto es dejar de invertir en otros proyectos.

Garantizar que la empresa cuente con el inventario suficiente para cumplir con la demanda sin que se pierdan ventas.

Controlar el inventario permite satisfacer la demanda de los clientes con rapidez; un control inadecuado puede conllevar a altos costos de almacenamiento, caducidad u obsolescencia.

En el presente trabajo se realizará un estudio de demanda a una empresa distribuidora de productos médicos que tiene 30 años en el mercado, la misma que gracias a la marca y a la calidad de sus productos ha incrementado sus ventas, pero lastimosamente su nivel de servicio no va acorde con dicho crecimiento. El target del nivel de servicio es 95% y los niveles alcanzados en los últimos años oscilan entre el 82 y 85%.

La falta de inventario disponible ha generado pérdida de ventas de 84676.81 dólares en el 2011 y 85815.35 en el 2012.

Para tratar de minimizar este impacto se busca definir una adecuada política de inventario que permita mantener el nivel de servicio solicitado y tener un proceso eficiente de reposición de stock. En el análisis se consideró información de las ventas de los años 2010, 2011, 2012 y los primeros meses del 2013.

Se realizó un proceso de categorización donde se identificó que 20 códigos representaban el 80% de las ventas y en base a ésta información se hicieron los pronósticos. Los datos están organizados en semanas, la política de inventario se calculó en la misma unidad de tiempo.

En el cálculo de la política de inventario se desarrolló un modelo de programación mixta en Gams para determinar el calendario de colocación de órdenes de compra.

CAPÍTULO I

1.1 GENERALIDADES

Desde tiempos muy antiguos han existido los inventarios, los pueblos guardaban grandes cantidades de alimento para satisfacer las necesidades, y desde aquellos tiempos existió la necesidad de contar con métodos apropiados para administrar de manera eficiente dichas existencias. A manera de ejemplo podemos citar a los egipcios y demás pueblos de la antigüedad, quienes acostumbraban almacenar grandes cantidades de alimentos para ser utilizados en los tiempos de sequía o de calamidades. Es así como surge el problema de los inventarios, como una forma de hacer frente a los periodos de escasez.

El inventario se lo puede definir como un conjunto de mercancías o artículos que tienen las empresas para comerciar, permitiendo la compra y venta o la fabricación antes de su venta en un periodo económico determinado. El inventario tiene como propósito fundamental proveer a la empresa de materiales necesarios para su continuo y regular desenvolvimiento, es decir, el inventario tiene un papel vital para el funcionamiento acorde y coherente dentro del proceso de producción y de esta forma afrontar la demanda.

El inventario permite ganar tiempo ya que ni el proceso productivo ni la entrega por parte de los proveedores pueden ser inmediatos. Es por esta razón que se debe contar con existencia del producto a las cuales se puede recurrir rápidamente para que la venta real no tenga que esperar hasta que termine el proceso productivo o se cumpla el lead time del proveedor.

La base de toda empresa comercial es la compra y ventas de bienes y servicios; de aquí viene la importancia del manejo de los mismos. La administración de inventarios, tiene dos factores que se contraponen entre sí, como primera premisa podemos citar que se requiere minimizar la inversión en inventarios, puesto que los recursos que se destinan a ese fin, se pueden invertir en otros proyectos más

rentables para la compañía, pero por otra parte se debe garantizar que la empresa cuente con inventario suficiente para hacer frente a la demanda sin que esto represente pérdidas de venta. Los descuidos en la planeación y control de inventarios resultan en escasez crítica de producción, costos excesivos, imposibilidad de cumplir con las fechas de entrega de ventas.

El hecho de controlar el inventario de manera eficaz tiene sus ventajas y desventajas. La ventaja principal es que la empresa puede satisfacer las demandas de sus clientes con mayor rapidez; y como desventajas se pueden mencionar entre las más relevantes, el elevado costo de almacenamiento, manejo y peligro de obsolescencia.

La administración de inventarios tiene como meta, conciliar o equilibrar los siguientes objetivos como son: maximizar el servicio al cliente, maximizar la eficiencia de las unidades de compra y producción, y minimizar la inversión en inventarios.

Con la finalidad de realizar un buen control de inventario surge la necesidad de establecer la política de inventarios, la cual consiste en determinar el nivel de existencias económicamente más eficiente para la organización.

Para llegar a establecer una buena política de inventarios, se debe considerar los siguientes factores (Medina, 25 de Agosto del 2009).

- Las cantidades necesarias para satisfacer las necesidades de ventas.
- La naturaleza perecedera de los artículos.
- La duración del periodo de producción.
- La capacidad de almacenamiento.
- La suficiencia de capital de trabajo para financiar el inventario.
- Los costos de mantener el inventario.
- La protección contra la escasez de materias primas y mano de obra.
- La protección contra aumento de precios.

- Los riesgos incluidos en inventario.
- Disminuciones de precios.
- Obsolescencia de las existencias.
- Pérdida por accidentes y robos.
- Falta de demanda.

Los objetivos de las políticas de inventarios deben ser: planificar el nivel óptimo de la inversión en inventarios, mantener de manera razonable estos niveles óptimos y elevar al máximo el rendimiento sobre la inversión, satisfaciendo las necesidades del mercado. La correcta selección de la Política de Inventario contribuye a incrementar la rentabilidad de la gestión, cuanto menor sean los costos logísticos más eficiente será el proceso.

Por ello es importante en las empresas realizar procesos de categorización ABC, con la finalidad de determinar cuáles son los productos que tienen una menor rotación y cuáles son los skus que aportan de manera más representativa a las ventas y los que deberían ser el punto de partida para definir una política de inventario.

La administración de inventario, se enfoca en cuatro aspectos básicos:

- 1.- Cuantas unidades deberían ordenarse o producirse en un momento dado.
- 2.- En qué momento deberían ordenarse o producirse el inventario.
- 3.- Que artículos del inventario merecen una atención especial.
- 4.- Puede una empresa protegerse contra los cambios en los costos de los artículos del inventario.

Premisas como las antes mencionadas serán desarrolladas a lo largo de este trabajo de investigación.

1.2 ANTECEDENTES

La empresa objeto de este estudio está ubicada en el cantón Durán, tienen 30 años en el mercado, su actividad principal es la importación y distribución de siete categorías de productos, el enfoque del estudio serán los productos médicos.

El negocio de insumos médicos surgió en la empresa hace 10 años, inició con ventas de aproximadamente 120.000 dólares mensuales; el mercado para este sector ha crecido y actualmente este negocio tiene ventas que ascienden a un millón de dólares mensuales.

Inicialmente se disponía de una cartera reducida de productos debido a que la marca era nueva y desconocida en el mercado, pero se realizaron actividades de impulso en hospitales públicos y privados de las ciudades más representativas del país que permitieron que los clientes conocieran el producto. Lo antes mencionado junto a la calidad que ofrece el producto han permitido que la participación en el mercado aumente y las ventas sean cada vez más representativas.

El abastecimiento de hospitales públicos es uno de los objetivos principales del negocio por el volumen de productos que consumen, gobiernos anteriores asignaban un presupuesto reducido al sector salud lo cual limitaba el consumo de estos productos, sin embargo en el gobierno actual con la creación de las subastas cruzadas y la mayor asignación de recursos hacia el sector salud ha surgido una oportunidad de crecimiento para esta área.

La demanda de la empresa ha incrementado pero es difícil identificar cuáles son los artículos que tendrán mayor rotación y de los que se deberá contar con una cantidad mayor de inventario. Mantener inventario es un costo importante y no necesariamente niveles altos de inventario se traducen en un buen nivel de servicio, de igual forma, niveles bajos de inventario, sin un control eficiente y constante pueden resultar en quiebres de inventario, con fuertes repercusiones en el servicio al cliente.

Es por esto que el presente proyecto tiene como propósito determinar una política de inventario que permita mantener el nivel de inventario requerido para aumentar el nivel de servicio.

1. 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa tiene un target de nivel de servicio del 95%, pero el cumplimiento a este indicador en los últimos años ha oscilado entre 82 y 85% debido a los constantes quiebres de stock por no contar con una política que permita gestionar eficientemente el aprovisionamiento..

El inventario es necesario para las ventas, porque son las ventas las que generan utilidades, pero una administración negligente del inventario genera excedentes, inventario obsoleto o dañado, bajo retorno de capital, pérdida de ventas, pérdida de participación de mercado y un gran malestar en los clientes.

La falta de inventario disponible ha producido pérdida de ventas (84,676.81 en el año 2011 y 85,815.35 dólares en el año 2012), participación de mercado (2% aproximadamente) y un gran malestar en los clientes.

Este trabajo responderá preguntas como: ¿cuál es el pronóstico de la demanda para los próximos meses?, ¿cuáles son los productos de mayor rotación?, ¿los productos que se afectan el nivel de servicio de la compañía pertenecen a la categorización A?, Cuál es la política de inventario para estos productos?, Cuándo y Cuánto comprar?

1. 4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El diseño de una política de inventario es de suma importancia debido al impacto que esta tiene sobre el correcto aprovisionamiento, por lo cual se hace necesaria la implementación de modelos matemáticos para realizar una acertada proyección de la demanda y garantizar la disponibilidad de stock cuando la compañía lo requiera.

La actual tendencia hacia un mayor control de la higiene de los procesos médicos ha contribuido al crecimiento del Negocio de Salud dentro de la compañía. Este negocio representa la segunda fuente de ingresos de toda la empresa con una facturación promedio anual de \$12MM lo que equivale aproximadamente al 25% de las ventas totales.

Cada vez que un cliente solicita un producto y la empresa no lo tiene, no solo se pierde la oportunidad de vender sino que también abre una ventana para darle paso a la competencia, además de la mala percepción del servicio generada al cliente.

La gestión de inventario es de gran importancia porque representa una de las mayores inversiones de la empresa, por esto, es indispensable establecer medidas de control interno para salvaguardar los inventarios y así mismo, tener información útil y confiable.

En la tabla siguiente se detalla el nivel de pérdidas en cajas y en dólares del año 2011 y 2012:

Tabla 1. 1 Ventas perdidas en cajas y en dólares año 2011 y 2012

Producto	Venta perdida en Cajas		Venta perdida en Dólares	
	2011	2012	2011	2012
Apósito 1624	264	319	3,125.91	3,844.14
Apósito 1626	256	341	3,432.34	4,676.06
Apósito 3584	793	585	14,645.89	11,013.83
Apósito 3590	32	43	902.52	1,241.23
Apósito 3591	23	28	717.75	906.48
Apósito Transparente 2	525	552	2,863.36	3,074.02
Apósito Transparente 3	2,407	3,304	13,185.53	18,467.25
Cardiológico 2560	396	407	2,299.59	2,409.53
Cortadores	3	4	439.93	481.73
Desinfectante	17	23	338.78	472.62
Drape 1050	25	16	765.19	505.99
Esparadrapo Papel 1	401	450	2,418.10	2,765.42
ESparadrapo Papel 2	228	415	1,387.08	2,571.75
ESparadrapo Papel 3	869	1,035	5,410.34	6,571.36
Esteri 1292	29	13	1,385.48	642.10
Esteri 1250	41	47	472.47	554.62
Esteri 1224	117	48	898.81	372.58
Esteri 1322	3,794	3,044	26,917.57	22,039.07
Esteri 4100	360	378	2,854.46	3,065.70
Esteri 1294	28	18	215.69	139.90
			84,676.81	85,815.35

Elaborado por: Jacqueline Coronel

Fuente: Sistema AS400 Multinacional Médica

Es por esto que el presente proyecto tiene como propósito determinar una política de inventario que permita mantener el nivel de inventario requerido para aumentar el nivel de servicio y volver más eficiente este proceso.

1.5 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una política de inventario que permita mantener buen nivel de servicio para todos los productos de alta rotación utilizando Modelos Matemáticos de Aprovisionamiento.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los productos de alta rotación utilizando el método ABC de categorización.
- Analizar la demanda histórica utilizando el Aplicativo Comparativo R.
- Utilizar un modelo matemático para definir la política de inventario idónea para mantener un buen nivel de servicio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos principales de las empresas es mantener una buena relación con los proveedores y clientes, debido a que la buena administración de la cadena de abastecimiento reduce la incertidumbre y mejora la percepción de servicio al cliente.

Todas las organizaciones observan y analizan el mejor método para administrar y controlar sus inventarios, de modo que éstos no sean excesivos pero tampoco se generen quiebres de stock a causa del desabastecimiento.

Determinar las cantidades a producir y/o comprar mediante el uso de técnicas y modelos matemáticos de aprovisionamiento definiría los niveles de stock necesarios por medio de una política apropiada, que permita anticipar posibles problemas de escasez o los excesos de stock, considerando que un óptimo control de inventarios significa salvaguardar la reducción de los costos así como el mantenimiento y no deterioro de la mercancía.

En términos generales el manejo de inventarios representa grandes dificultades debido a la toma de decisiones en relación a cuanto se debe pedir, producir y/o almacenar. Las decisiones tomadas están basadas en datos históricos que con la aplicación de modelos probabilísticos permiten determinar la posible demanda futura y los modelos de inventario requeridos.

Todos los eslabones de cadena de abastecimiento se ven afectados de diferente forma por problemas relacionados con el abastecimiento. Tal es así que en ocasiones a nivel de materias primas, no se tiene capacidad para responder a la

gran demanda de producción o hay excedentes de producto. En el caso del almacén de producto terminado se considera una demanda demasiado optimista, asumiendo que el consumidor compra sus productos por un buen tiempo causando que se tenga un exceso de stock para distribuir. Ha sucedido en ocasiones que el cliente finiquita relaciones con la empresa y la organización se queda con materiales que sólo compraba dicho cliente

El presente trabajo de estudio pretende evaluar las diferentes técnicas matemáticas conocidas para determinar un pronóstico de la demanda; y utilizar dicho pronóstico para definir la política de inventarios que mejor se acople a las características operativas de la empresa objeto de estudio.

2. 2 DEFINICIÓN DE INVENTARIO

Inventario es la cantidad de producto que se guarda para satisfacer las necesidades del consumidor.

También se observan otras definiciones como la de Chauvel (1995) quien afirma que un “inventario son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización”.

Frecuentemente los inventarios están relacionados con la disponibilidad de cantidades suficientes de bienes que garanticen una operación fluida en un sistema o actividad comercial. La forma eficiente de manejar los inventarios es minimizando su impacto negativo y encontrando un punto medio entre el excedente y la escasez de producto.

Entre los motivos por los que las organizaciones guardan inventario tenemos las siguientes:

- Protegerse ante demanda desconocida. A pesar de poder pronosticar la demanda, ningún pronóstico es perfecto.
- Protegerse ante la incertidumbre en los proveedores.
- Lead-times aleatorios pueden provocar faltantes inesperados por parte de los proveedores.
- Tomar ventajas de las economías de escala.
- Inventario se mantiene en tránsito.

2.3 SISTEMAS DE CONTROL DE INVENTARIOS

Un sistema de control de inventarios es un conjunto de reglas y procedimientos que permiten tener la cantidad de materia prima u otros productos en el lugar apropiado, en el tiempo oportuno y al menor costo posible.

Los objetivos principales de administrar un sistema de inventarios son minimizar los costos asociados con el sistema y simultáneamente satisfacer el nivel de servicio de los clientes.

Existen tres tipos básicos de costos de inventario según información proporcionada por Sofía López en sus clases de Control de Inventario y Aprovisionamiento:

- Costo de Ordenar
- Costo de Almacenamiento
- Penalización.

2.3.1 COSTO DE ORDENAR

El costo de ordenar es el valor que se genera cada vez que se coloca una orden sin importar su tamaño. El mismo puede ser expresado de la siguiente forma:

Si se coloca una orden de tamaño (x) unidades, el costo de orden puede ser representado como una función $C(x)$. La forma más simple del costo de ordenar tiene la forma:

$C(x) = cx$, donde c es conocido como el costo variable por unidad.

- Una variación de este tipo de función de costo es:

$$C(x) = \begin{cases} 0; & x = 0 \\ K + cx; & x > 0 \end{cases}$$

- El costo fijo K , se carga cada vez que se coloca una orden sin importar su tamaño.

2.3. 2 COSTO DE ALMACENAMIENTO

Es el costo de mantener el inventario. Este costo se asocia con el inventario que está en bodega y que no se vende o no se usa.

Incluye el costo de espacio de bodega, seguros, impuestos y el costo de oportunidad del capital asociado con el inventario. Cuando se compra o se produce el inventario, se necesita una inversión; dicho capital puede ser invertido en cualquier parte, ganando interés o retornos sobre la inversión. Es importante incluir los costos de oportunidad del capital.

El costo de almacenamiento unitario puede ser expresado como:

$h = ic$, donde (i) es la tasa de interés o costo de capital y (c) es el costo de inventario.

2.3. 3 COSTO DE PENALIZACIÓN

Es el costo de no tener suficiente inventario para satisfacer la demanda de los clientes. Cuando se construye un modelo de inventario se necesita especificar si el exceso de demanda se revierte (back ordered) o se pierde.

La interpretación del costo de penalización depende si el exceso de demanda se revierte. En ambos casos el costo de penalización incluye la pérdida de bienestar del cliente, es decir, afecta el nivel de servicio. Si el exceso de demanda se revierte, el costo de penalización incluirá costos administrativos. Para el caso en que el exceso de demanda se pierde, el costo de penalización puede incluir la ganancia que se hubiese alcanzado por la venta completa.

Consideremos el siguiente supuesto: Se ordena el inventario una vez a la semana. Se comienza la semana con inventario (Q), y la demanda del cliente durante la semana es (D).

Si $D > Q$, no se puede satisfacer toda la demanda del cliente. El exceso de demanda es $D - Q$. Hay formas posibles de administrar el exceso de demanda:

- Los clientes pueden esperar, se mantiene el exceso de demanda hasta que la nueva orden llegue y se pueda satisfacer la demanda (back ordered).
- Los clientes no pueden esperar, el exceso de demanda se pierde. A este comportamiento se conoce como pérdida de ventas.

2. 4 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE INVENTARIO

Al construir un modelo de inventario se deben hacer suposiciones en las siguientes áreas:

Proceso de Demanda del Cliente:

- La demanda es determinística (conocida con anticipación) o estocástica (aleatoria).
- La demanda es constante o variable.

Lead time (tiempo de demora):

- Una vez que la orden se coloca, cuánto tiempo pasa hasta que la orden llega.
- El lead time puede ser fijo y conocido o puede ser una variable aleatoria.

Tiempo de Revisión

Qué tan frecuentemente se monitoreará el nivel de inventario?

- Revisión Continua, implica que el nivel de inventario se conoce todo el tiempo.
- Revisión periódica, implica que se revisará el nivel de inventario una vez por período (día/semana/mes).

Exceso de demanda

Se debe especificar si el exceso de demanda se revierte o se pierde. (Manejo de Back Ordered).

Horizonte de planeación:

Hace referencia al tiempo en el futuro que se considerará. El horizonte de planeación puede ser un solo período, períodos finitos o infinitos.

2.5 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE INVENTARIO

Según información proporcionada por Sofía López en las clases de control de inventario y Aprovisionamiento, la clasificación general de los modelos de inventario depende del tipo de demanda que tenga el artículo. Esta demanda sólo puede ser de dos tipos: determinística o probabilística.

- **Determinística:** Cuando la demanda del artículo para un período futuro es conocida con exactitud (esto sucede cuando las empresas trabajan bajo pedido).
- **Probabilística:** En el caso que la demanda del artículo para un periodo futuro no se conoce con certeza, pero se le puede asignar una distribución de probabilidad a su ocurrencia.

2.5.1.1 MODELOS DETERMINÍSTICOS

Este tipo de modelos asume que la demanda es conocida con certeza y a una razón constante de (U) unidades por año, con lo cual se puede calcular la demanda en período de (t) meses dados. También se asume que el plazo de entrega de los pedidos es constante y su magnitud conocida (López, Control de Inventario y Aprovisionamiento)

Entre los modelos determinísticos para control de inventario tenemos el modelo de lote económico de compra denominado EOQ y sus extensiones como son:

- Modelo de Fabricación
- Modelo de Compra con déficit
- Modelo de Fabricación con déficit

2.5.1. 2 MODELO DEL LOTE ECONÓMICO (EOQ)

El principio del EOQ se basa en encontrar el punto en el que los costos por ordenar un producto y los costos por mantenerlo en inventario son iguales. Este modelo fue desarrollado en 1913 por Ford Whitman Harris.

El modelo de cantidad económica de pedido es ampliamente utilizado como herramienta de gestión de inventarios en muchas empresas a nivel mundial. Esta herramienta busca la optimización de la cantidad por orden minimizando los costes.

El modelo de cantidad económica de pedido se caracteriza por su facilidad para calcular la cantidad por orden o pedido. De igual forma, los supuestos que introduce este modelo facilitan su aplicación debido a que se asume la existencia de variables constantes como la demanda. El modelo de lote económico de pedido (EOQ) contempla los siguientes supuestos, como son:

- La demanda es conocida y constante (D).
- El tiempo de entrega de un pedido es constante.
- No se permiten faltantes.
- La reposición del inventario es instantánea.
- El tamaño del pedido Q es fijo.
- Existe un costo fijo (K), cada vez que se coloca una orden.
- Se incurre en un costo de inventario (h), por cada unidad que se mantiene en bodega por unidad de tiempo.
- El inventario inicial es cero.
- El horizonte de planeación es infinito.

Entre las variables contempladas en este modelo podemos definir:

D = demanda anual.

K = costo fijo de ordenar.

c = costo unitario.

i = interés aplicable al dinero invertido en el inventario.

Q = tamaño del lote.

h = costo de inventario

El costo total por unidad de tiempo es:

$$CT = K \frac{D}{Q} + h \frac{Q}{2} + cD$$

El tamaño del lote óptimo es:

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

2.5. 1 MODELOS ESTOCASTICOS PARA PRODUCTOS CON DEMANDA PROBABILISTICA

Un inventario estocástico es aquel donde la demanda y/o tiempo de entrega es aleatorio con una distribución conocida (López, Control de Inventario y Aprovisionamiento). Las preguntas que responde un sistema de control de producto con demanda probabilística son:

- ¿Qué tan frecuente se debe conocer el status del inventario?
- ¿Cuándo se debe de colocar una orden?
- ¿De qué tamaño debe ser la orden?

Normalmente la aplicación de estos modelos está sujeta a ciertas consideraciones como son:

- ¿Qué tan importante es el producto?
- ¿El inventario se podría o debería controlar de forma periódica o de forma continua?
- ¿Qué tipo de política se debe utilizar?
- ¿Qué objetivos se deben definir con respecto a costos y niveles de servicio?

En relación a la primera consideración se plantea el análisis de categorización ABC para determinar la importancia de inventario.

2.5.2. 1 CATEGORIZACIÓN ABC

La optimización del inventario es fundamental para poder mantener los costos bajo control dentro de la cadena de suministro. Sin embargo, para poder aprovechar al máximo los esfuerzos del equipo de trabajo, es importante concentrarse en los artículos que cuestan más en el mercado.

La categorización ABC es un procedimiento sencillo que sirve para enfocarse en los artículos que requieran atención especial en términos de control, este procedimiento consiste en determinar el porcentaje de artículos del inventario total contra el porcentaje del valor monetario total de estos artículos en un período de tiempo dado.

El principio de Pareto establece que el 80% del valor de consumo total se basa solo sobre el 20% de los artículos totales. En otras palabras, la demanda no está distribuida uniformemente entre los artículos: los que más se venden superan ampliamente a los demás.

Según Joffrey Collignon, Joannes Vermorel en su libro *Análisis ABC*(2012), el método ABC establece revisar el inventario una empresa y clasificar los artículos de la A a la C, basando dicha clasificación en las siguientes reglas (Joffrey & Vermorel, 2012):

Artículos A.- Son aquellos que tienen mayor rotación. Por lo general, el 80 % del valor de consumo anual de la empresa representa sólo el 20 % de los artículos de inventario totales.

Artículos B.- Son los artículos cuyo nivel de consumo es medio. El 15 % del valor de consumo anual generalmente representa el 30 % de los artículos de inventario totales.

Artículos C.- Son los artículos con el menor valor de consumo. Aproximadamente, el 5 % de las ventas se genera por el 50 % de los artículos de inventario totales.

Generalmente sucede que, aproximadamente el 20% del total de los artículos, representan un 80% del valor del inventario, mientras que el restante 80% del total de los artículos inventariados, alcanza el 20% del valor del inventario total.

El gráfico ABC o regla del 80/20 es una herramienta que permite visualizar esta relación y determinar, en forma simple, cuáles artículos son de mayor valor, optimizando así la administración de los recursos de inventario y permitiendo tomas de decisiones más eficientes.

2.5.2. 2 CLASIFICACIÓN DE MODELOS ESTOCÁSTICOS PARA MANEJO DE INVENTARIOS

Un modelo estocástico es aquel en el cual la demanda y/o tiempo de entrega es aleatorio con una distribución conocida.

El principal objetivo de la administración del inventario es asegurar que el producto esté disponible en la cantidad y momento deseados.

Hipótesis para los modelos de inventario

- 1) **Pedido repetitivo:** La decisión de pedir se repite en forma frecuente, es decir que se coloca un pedido a medida que se consume el inventario.
- 2) **Período continuo:** Se puede hacer un pedido en cualquier momento

Los modelos estocásticos para productos con demanda probabilística son los siguientes:

Tabla 2. 1 Modelos estocásticos para productos con demanda probabilística

	Revisión Continua	Revisión Periódica
Productos tipo A	(s,S)	(R,s,S)
Productos tipo B	(s,Q)	(R,S)

2.5.2.2. 1 SISTEMAS DE REVISION CONTINUA

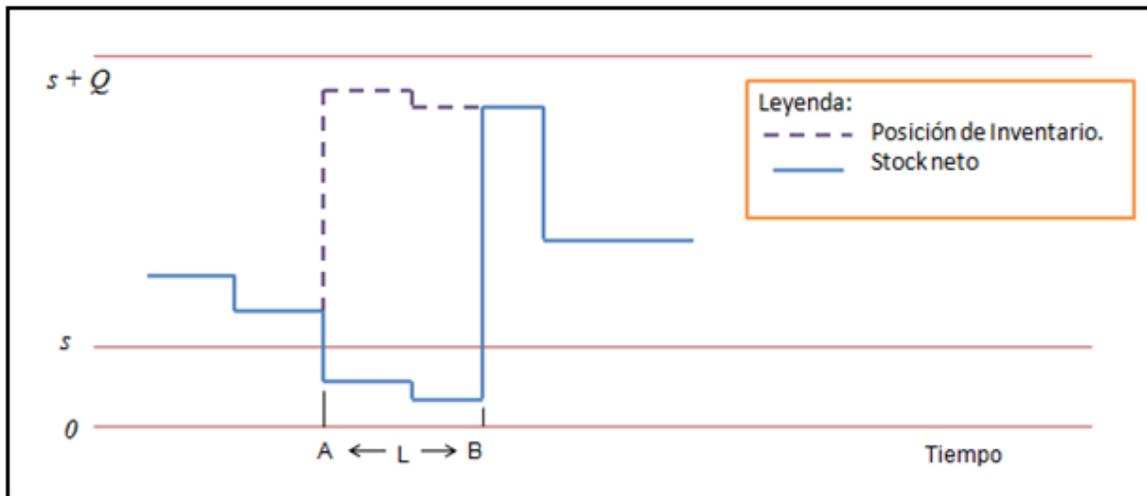
Modelo (s,Q)

s = Punto de orden

Q = Cantidad a ordenar

Este modelo tiene una política de revisión continua, en la que se pide una cantidad Q cuando el inventario alcanza el punto de reorden s. Una condición que se debe cumplir es que el tiempo de entrega sea diferente de cero.

Gráfico 2. 1 Sistema de Revisión Continua Modelo (s,Q)



Fuente: Control y Aprovisionamiento de Inventario - Sofía López

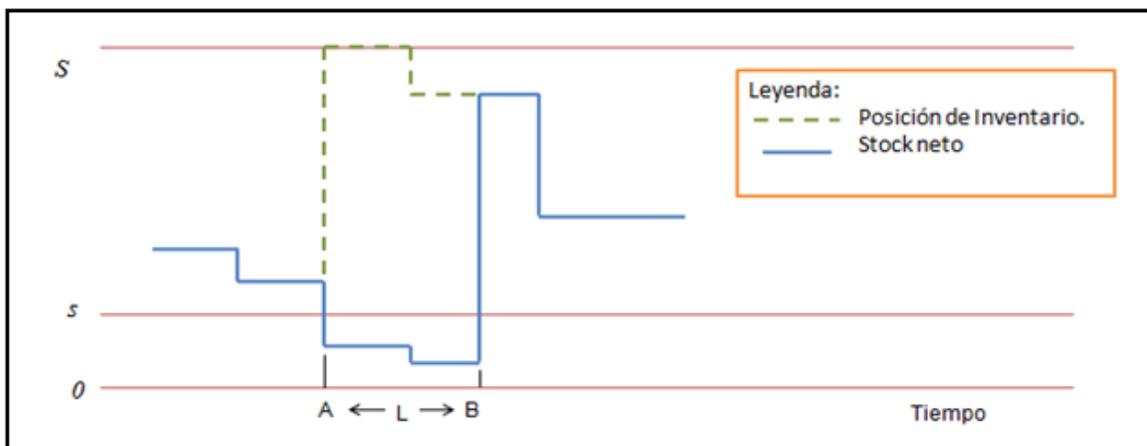
Modelo (s,S)

s = Punto de orden

S = Cantidad hasta la que se debe ordenar

Consiste en hacer un pedido cuando el nivel de inventario sea igual o menor a s, siendo la cantidad a pedir la que permite llevar el nivel de inventario a S.

Gráfico 2. 2 Sistema de Revisión Continua Modelo (s,S)



Fuente: Control y Aprovisionamiento de Inventario - Sofía López

2.5.2.2. 2 SISTEMAS DE REVISION PERIODICA

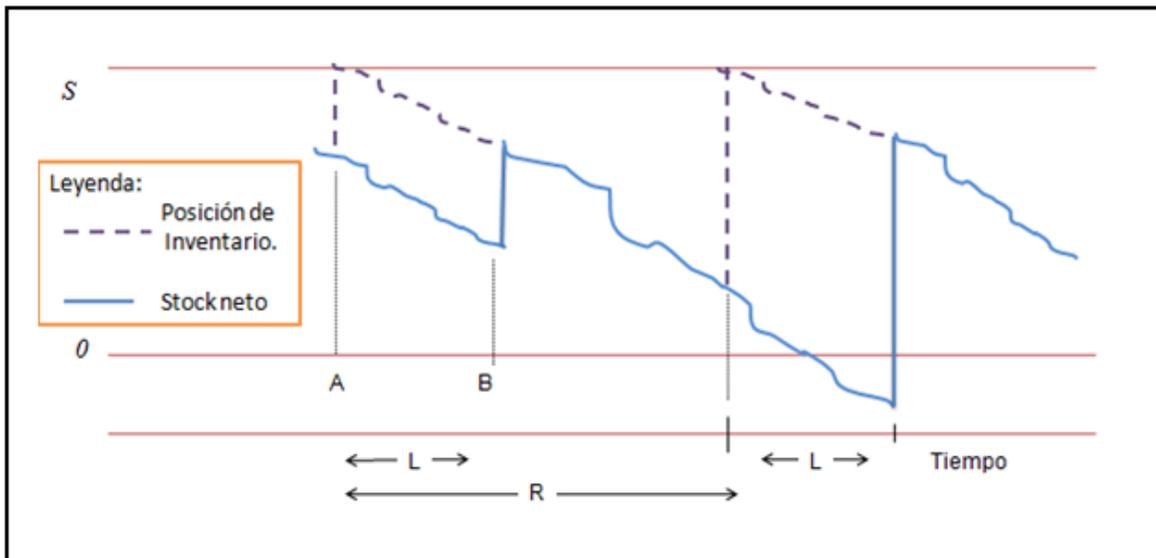
Modelo (R,S)

R: intervalo de re-orden

S: Cantidad hasta la que se debe ordenar

Se toman decisiones sobre inventario periódicamente.

Gráfico 2. 3 Sistema de Revisión Continua Modelo (R,S)



Fuente: Control y Aprovisionamiento de Inventario - Sofía López

2. 6 MODELOS DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

Todas las empresas operan con incertidumbre, pero a pesar de esto se deben tomar decisiones que afecten el futuro de la organización. Los encargados de tomar las decisiones lo harán de mejor manera si comprenden las técnicas de pronóstico de forma cualitativa como cuantitativa.

En los procesos de producción y de operaciones comerciales, los pronósticos son una parte principal de la planeación de un negocio, de su asertividad depende la supervivencia, el crecimiento y la rentabilidad a largo plazo, así como la eficiencia y

efectividad a corto plazo. Es importante que las organizaciones realicen pronósticos eficaces y que el pronóstico integre la planeación. El primer paso en la planeación es el pronóstico, es decir estimar la demanda futura de productos y servicios y los recursos necesarios para producirlos. En este análisis se debe tener en cuenta el horizonte de planeación, ¿qué se debe producir?, ¿cuánto hay que producir?, ¿donde hay que producir? y ¿cuándo hay que producir?, esto ayuda a identificar las fuentes potenciales de demanda, así como la influencia que se tiene en los niveles y duración de esa demanda.

2.6. 1 MODELOS DE SERIES DE TIEMPO PARA PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

Los modelos de series de tiempo son las técnicas de pronósticos que se basan únicamente en la historia de la demanda del ítem que se está pronosticando. El sistema funciona captando los patrones en los datos históricos extrapoliándolos en el futuro. Los Modelos de series de tiempo son adecuados cuando se puede asumir una cantidad razonable de datos y una continuidad en el futuro próximo de las condiciones que se presentaron en el pasado. Estos modelos se adaptan mejor al corto plazo del pronóstico, esto se debe a la hipótesis de que los patrones pasados y las tendencias actuales son similares a los patrones y tendencias que se van a presentar en el futuro. Esto es una suposición razonable en el corto plazo, pero va perdiendo validez en el largo plazo.

El comportamiento de las series de tiempo, se debe a 4 componentes: la tendencia, la variación cíclica, la variación estacional y la variación irregular.

La tendencia es aquel comportamiento a largo plazo sin alteraciones de una serie de tiempo. Esta tendencia puede ser de tipo lineal o no lineal, así como también creciente o decreciente y también como una combinación de alguna de las antes mencionadas.

La segunda componente es la variación cíclica en la que a través del período de tiempo analizado se producen ascensos y descensos en varias oportunidades.

La tercera componente es la variación estacional, que tiene como característica de variación regular dentro de un año y que a su vez se repite cada año,

La última componente es la componente irregular que adiciona las características antes mencionadas pero además tiene comportamiento extraños imprevisibles que se dan generalmente en el corto plazo.

Para poder pronosticar cuál es el comportamiento futuro de una variable en función a estas características de comportamiento es necesario poder representarlo matemáticamente. Existen métodos llamados métodos de suavización porque su objetivo es suavizar la variación causada por el componente irregular de la serie de tiempo, estos métodos son:

Promedios móviles, promedios móviles ponderados y suavización exponencial. La tendencia lineal es la más fácil de representar, y utilizar sí es el comportamiento de nuestra variable analizada.

2.6. 2 PROMEDIOS MÓVILES

Incrementos porcentuales, ajustes a la curva, datos de años anteriores son los modelos de series de tiempo más simples que se pueden utilizar para generar pronósticos. Estos modelos pueden ser implementados a través de hojas de cálculo rápidamente y no requieren de mucho conocimiento de estadística, usualmente estos modelos son muy simples y para tener mayor exactitud en el pronóstico las compañías casi siempre deben acudir a modelos alternativos de series de tiempo.

2.6. 3 MODELOS DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL

Modelo de suavización exponencial es el método utilizado por la mayoría de empresas, estos modelos son muy precisos, fáciles de aplicar y pueden ser automatizados, permitiendo ser utilizados a gran escala. Los modelos de suavización exponencial capturan y pronostican el nivel de los datos con los diferentes tipos de tendencias y patrones estacionales. Los modelos son fácilmente adaptables y pronostican dando mayor importancia a los datos más recientes sobre los datos más distantes en el pasado.

2.6. 4 BOX-JENKINS (MODELOS ARIMA)

Los modelos ARIMA fueron surgieron en los años 70 por George Box y Gwilym Jenkins, sus nombres se utilizan como sinónimos de la metodología ARIMA aplicada a análisis y predicción de series. Esta familia de modelos ha sido muy utilizada a partir de los 80, debido a los avances de recursos de cálculo y de optimización.

La principal ventaja de los modelos ARIMA es que proporciona predicciones óptimas en el plazo inmediato y en el corto plazo, esto se debe a que la metodología Box-Jenkins permite elegir entre un amplio rango de distintos modelos según represente mejor el comportamiento de los datos. Como predicciones óptimas se puede interpretar que ningún modelo univariante puede ofrecer mejores predicciones que un modelo ARIMA.

La principal desventaja de estos modelos es que la determinación del modelo que mejor se adecua a la serie de datos no es trivial y, por tanto, se requiere que la persona que realice predicciones tenga amplios conocimientos sobre esta metodología. Esto ha inhibido el uso de esta metodología para realizar predicciones en el mundo de la empresa, ya que el aumento de precisión de las mismas no compensaba el coste de implantación. Sin embargo, es posible manejar algoritmos

automáticos, que permiten que la persona que utilice estas técnicas no tenga que tener conocimientos extensos sobre esta materia. Así se lograrán mejores modelos y, por tanto, mejores predicciones, sin necesidad de ese aumento del coste de implantación.

2.6.4. 1 EXPRESIÓN GENERAL DE UN MODELO ARMA

ARIMA significa modelo autorregresivo integrado de media móvil (AutoRegresive Integrated Moving Average). Cada una de las tres partes del acrónimo se le denomina componente y modela un comportamiento distinto de la serie.

La expresión típica de un modelo Arima de forma algebraica es la siguiente:

$$Y_t = C + \underbrace{\phi_1 \cdot Y_{t-1} + \dots + \phi_p \cdot Y_{t-p}}_{\text{Comp. Autorregresiva}} + \underbrace{\theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \cdot \varepsilon_{t-q}}_{\text{Comp. de Media Móvil}} + \varepsilon_t$$

Un modelo ARMA es un modelo lineal, es decir que la variable que define la serie temporal depende de una constante C, linealmente de valores pasados de la misma variable y linealmente de una ponderación de errores de ajuste realizados en el pasado.

A la dependencia de la serie temporal con los valores pasados de la misma serie temporal se le denomina componente autorregresiva del modelo (AR). El número de retrasos de la serie temporal que se introducen en el modelo se denomina orden autorregresivo del modelo y se denota mediante la letra p. La palabra autorregresivo se deriva de que se modela este comportamiento como una regresión lineal múltiple con valores propios de la misma serie temporal retrasados un periodo de muestreo T (T=1,2,...,p).

Siguiendo un desarrollo a la par al anterior, se denomina componente de media móvil de un modelo ARMA a la dependencia de la serie temporal con Y_t valores pasados de los errores (MA). El número de errores pasados que se introducen en el modelo se llama orden de media móvil, y se nota con la letra q .

2.6.4. 2 EXPRESIÓN GENERAL DE UN MODELO ARIMA

Los modelos ARIMA se construyen a partir de los modelos ARMA, pero considerando que la serie en estudio para que sea estacionaria tendrá que diferenciarse una serie de veces.

Un modelo ARIMA (p,d,q) es un modelo ARMA(p,q) sobre la serie diferenciada d veces. Es decir, su expresión algebraica es:

$$Y_t^{(d)} = C + \underbrace{\phi_1 \cdot Y_{t-1}^{(d)} + \dots + \phi_p \cdot Y_{t-p}^{(d)}}_{\text{Comp. Autorregresiva}} + \underbrace{\theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1}^{(d)} + \dots + \theta_q \cdot \varepsilon_{t-q}^{(d)}}_{\text{Comp. de Media Móvil}} + \varepsilon_t^{(d)}$$

Donde $Y_t^{(d)}$ es la serie de diferencias de orden d y $\varepsilon_t^{(d)}$ es la serie de los errores que se cometen en la serie anterior.

Frecuentemente, el orden de diferenciación d , entero, oscila entre 0 y 2.

Los modelos ARIMA son un modelo de regresión lineal múltiple, donde la variable dependiente es la propia serie (diferenciada o no) y las variables independientes son valores de la serie y valores de los errores de ajuste retrasados hasta unos órdenes p y q .

Una vez identificado el modelo, que equivale a identificar los órdenes p , q y el orden de diferenciación (si se requiere), la determinación de los $p+q$ parámetros usados en el modelo (ϕ 's y θ 's) se realiza de igual forma que en el caso de la regresión múltiple, es decir, utilizando minimización del error cuadrático.

La ventaja de los modelos ARIMA en relación a los modelos ARMA es la incorporación de esta diferenciación dentro del modelo, dentro de la parte de integración.

2.6.4. 3 CONSIDERACIONES SOBRE EL MODELO ARIMA

A continuación se detallan ciertas características que debe tener un modelo ARIMA:

Parsimonia

Box y Jenkins enfatizan en que la clave de un buen modelo ARIMA es que cumpla el principio de parsimonia, que significa sencillez. Un modelo se dice que es parsimonioso si se ajusta a la serie de forma adecuada sin usar coeficientes innecesarios. Por ejemplo, si un modelo AR(1) y un modelo AR(2) tienen comportamientos prácticamente idénticos, se deberá elegir el modelo AR(1) debido a que así se deberá estimar un coeficiente menos.

El principio de parsimonia es importante porque un modelo parsimonioso suele generar mejores predicciones. El principio de parsimonia es una gran orientación a la hora de modelar e identificar un modelo ARIMA, de esta forma no se deberá buscar el proceso ARIMA que realmente genera la serie temporal, sino el modelo que se aproxime correctamente tanto práctica como estadísticamente, al comportamiento de la serie temporal que se está analizando.

Estacionariedad

Otra condición de gran importancia para lograr un buen modelo ARIMA es que la serie sea estacionaria. El asumir que una serie sea estacionaria permite desarrollar un marco de trabajo bastante simple y usar mecanismos estadísticos de muestreo de gran potencia. Así, si la media de un proceso es constante, podremos usar N observaciones para estimarla, mientras que sería mucho más complicado si la media no fuese estacionaria.

Las técnicas más comunes para conocer si una serie temporal es estacionaria son los contrastes de existencia de raíces unidad (variables con tendencias estocásticas).

Si una serie no es estacionaria podemos modificar dicha serie para convertirla en estacionaria. Dado que las modificaciones son conocidas, podemos posteriormente revertirlas para obtener las predicciones en la misma métrica que la serie original. Existen distintas técnicas para estabilizar la media y la varianza, como ya se ha comentado.

Buenos coeficientes estimados

Que un modelo tenga unos buenos coeficientes estimados, está relacionado con dos vertientes distintas.

La primera es que los coeficientes, tanto los de la componente autorregresiva (ϕ 's) como los de la componente de media móvil (θ 's) sean significativamente distintos de cero. Esto se realiza mediante contrastes de hipótesis.

La segunda es que las estimaciones de los coeficientes ϕ 's y θ 's no deben estar altamente correlacionadas entre sí. Si están muy correlacionadas, tienden a ser inestables, incluso siendo estadísticamente significativos.

Los residuos son ruido blanco

Esta proposición es muy importante a la hora de verificar un modelo ARIMA, una vez se han realizado las etapas de identificación y ajuste.

La hipótesis crítica es la de incorrelación. Para comprobar esta hipótesis se utilizan distintos métodos de inferencia estadística (típicamente contrastes t y chi-cuadrado) aplicados a cada coeficiente de la función de autocorrelación y a la función de autocorrelación completa.

Debe ajustarse bien a los datos

Un modelo que se ajusta a los datos de los que es generado, es una hipótesis asumible y lógica. Esta bondad del ajuste se mide en términos de error. Distintas medidas de error son computables en la etapa de ajuste y se han analizado previamente.

Los márgenes asumibles del valor de estos errores de ajuste depende, ciertamente, de la naturaleza de la serie, por lo que no hay un criterio unívoco de comprobación de la adecuación del ajuste.

Debe dar buenas predicciones

Aunque el modelo haya sido ajustado y prediga el pasado de una forma suficientemente correcta, lo que realmente se requiere de cualquier modelo de predicción es que realice predicciones satisfactorias.

La evaluación de un modelo según este criterio se debe realizar mediante el uso durante un periodo de prueba o de verificación.

2.6.4. 4 ESQUEMA DE IDENTIFICACIÓN – OPTIMIZACIÓN - COMPROBACIÓN

Box y Jenkins proponen un procedimiento práctico en tres etapas para hallar el modelo ARIMA óptimo.

Etapas1.- Identificación

En esta se analiza mediante distintas técnicas cual es el modelo ARIMA que mejor se puede ajustar a la serie. Según la metodología clásica, las herramientas que permiten identificar el patrón que sigue la serie son las funciones de autocorrelación.

La idea básica para utilizar estas funciones de autocorrelación es la siguiente: cada modelo ARIMA tiene asociadas unas funciones de autocorrelación teóricas. En esta etapa se comparan las funciones de autocorrelación estimadas con las teóricas y se eligen como modelo tentativo aquel al que más se aproximen ambas. El modelo

que se obtenga es tentativo y se deben realizar el resto de las etapas para comprobar que realmente es el adecuado.

Etapa 2.- Estimación

En esta etapa se obtienen las estimaciones de los parámetros del modelo ARIMA, una vez fijados en la etapa de identificación los órdenes autorregresivo y de media móvil. Esta estimación se realiza mediante minimización cuadrática del error de ajuste. Esta etapa proporciona señales de aviso sobre si el modelo es adecuado o no. Si los coeficientes no cumplen ciertas inecuaciones derivadas de la invertibilidad y la estacionariedad, el modelo ajustado debe ser rechazado.

Etapa 3.- Comprobación

Box y Jenkins proponen algunas comprobaciones de hipótesis que deben ser realizadas para comprobar que el modelo estimado es estadísticamente adecuado. Algunas de las comprobaciones que se deben realizar son las siguientes:

2.6.4.4. 1 PRUEBA DE NORMALIDAD

Prueba utilizada para determinar si los datos siguen o no una distribución normal. En R Estudio se utiliza los comandos `qqnorm` y `shapiro.test` para comprobar de forma gráfica y por medio del valor de estadístico (P) si esta hipótesis se cumple.

En la prueba de `shapiro.test` se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Partimos del supuesto que la hipótesis nula (**H₀**), corresponde a que los datos están distribuidos en forma normal. Para la evaluación de esta prueba se debe de considerar.
- Si el valor de (**P**) es mayor que 0.10, no hay evidencia en contra de la hipótesis nula.

- Cuando el valor de **(P)** está entre 0.05 y 0.10 existe poca evidencia en contra de la hipótesis nula.
- Si el valor de **(P)** está entre 0.01 y 0.05, existe buena evidencia en contra de la hipótesis nula.
- Cuando el valor de **(P)** es menor que 0.05 se debe rechazar la hipótesis nula.
- Si el valor de **(P)** está entre 0.001 y 0.01 existe mucha evidencia en contra de la hipótesis nula.
- Cuando el de **(P)** es menor que 0.001 evidencia abrumadora en contra de la hipótesis nula.

2.6.4.4. 2 PRUEBA DE AUTOCORRELACION

Prueba utilizada para determinar si los datos objeto de análisis tienen auto correlaciones entre sí. En R Estudio se utiliza los comandos `acf` y `Box.test` para comprobar de forma gráfica y por medio del valor de estadístico **(P)** si esta hipótesis se cumple.

En la prueba de `Box.test` se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Partimos del supuesto que la hipótesis nula **(H₀)**, corresponde a que los datos no están correlacionados. Para la evaluación de esta prueba se debe de considerar.
- Si el valor de **(P)** es mayor que 0.10, no hay evidencia en contra de la hipótesis nula.
- Cuando el valor de **(P)** está entre 0.05 y 0.10 existe poca evidencia en contra de la hipótesis nula

- Si el valor de **(P)** está entre 0.01 y 0.05, existe buena evidencia en contra de la hipótesis nula.
- Cuando el valor de **(P)** es menor que 0.05 se debe rechazar la hipótesis nula.
- Si el valor de **(P)** está entre 0.001 y 0.01 existe mucha evidencia en contra de la hipótesis nula.
- Cuando el de **(P)** es menor que 0.001 evidencia abrumadora en contra de la hipótesis nula.

2.6.4. 5 EQUIVALENCIA DE MODELOS ARIMA CON ALISADOS EXPONENCIALES

La formulación ARIMA permite incluir algunos de los modelos de alisado exponencial. Sus predicciones son idénticas a las del modelo ARIMA asociado.

Las equivalencias más importantes son:

- La predicción de un alisado exponencial simple es equivalente a la de un ARIMA(0,1,1). El parámetro de media móvil θ coincide con $1 - \alpha$, siendo α el parámetro de alisado.
- El método de Holt lineal es equivalente a un modelo ARIMA(0,2,2). Los valores de los parámetros de media móvil serán $\theta_1 = 2 - \alpha - \beta$ y $\theta_2 = \alpha - 1$, siendo α y β los parámetros de alisado.

La gran ventaja de estas equivalencias es que permiten calcular intervalos de predicción mediante los modelos ARIMA. Dado que ningún alisado exponencial es un modelo estadístico, el cálculo de los intervalos de predicción es tarea muy complicada. De hecho, se dice que los alisados exponenciales dan predicciones punto a punto.

Predicción mediante un modelo ARIMA

Para realizar predicciones puntuales mediante un modelo ARIMA, se utiliza la notación algebraica. Se resuelve la ecuación para Y_t . Para ello se introducen las estimaciones de la constante del modelo y de los parámetros ϕ y θ y se asigna cero como valor esperado del error ϵ_t . Lo que se realiza a continuación es insertar los valores pasados de Y_t y de los errores. En la práctica se deben usar como errores los obtenidos en la etapa de estimación y, si el periodo de predicción es mayor que el orden de media móvil, se asignarán a las estimaciones de los errores el valor nulo. De igual forma se utilizarán predicciones de Y_t en el caso de que el periodo de predicción sea mayor al orden autorregresivo.

2.6. 5 MODELO DE DEMANDA INTERMITENTE DE CROSTON

El modelo de Croston fue diseñado para series de datos donde la demanda para un periodo determinado a menudo es cero y el calendario exacto de la siguiente orden no se conoce. Los datos se caracterizan por un bajo volumen, productos fabricados especialmente para un cliente específico o piezas de repuesto que con frecuencia presentan este tipo de patrón de la demanda. El pronóstico no va a indicarle cuando se pondrá la próxima orden) sin embargo a menudo producen un mejor pronóstico que otros enfoques de series de tiempo.

La selección del modelo de serie de tiempo adecuado para un determinado grupo de datos puede realizarse de varias maneras. El pronosticador puede aplicar el modelo adecuado de acuerdo al conocimiento que posee de los datos. Otra alternativa es probar diferentes modelos y seleccionar aquel que dentro o fuera de la muestra minimiza el error.

2. 7 PROGRAMACIÓN LINEAL

La programación lineal es un conjunto de técnicas racionales de análisis y de resolución de problemas cuyo objetivo es facilitar la toma de decisiones sobre asuntos en los que interviene un gran número de variables.

La programación lineal fue utilizada por G. Monge en 1776, aunque también se considera a L. V. Kantoróvich uno de sus creadores, debido a que presentó en su libro Métodos matemáticos para la organización y la producción (1939) y la desarrolló en su trabajo sobre la transferencia de masas (1942). Kantoróvich recibió el premio Nobel de economía en 1975 por sus aportaciones al problema de la asignación óptima de recursos humanos.

En 1979, otro matemático ruso, Leonid Khachiyan, diseñó el llamado Algoritmo del elipsoide, por medio del cual demostró que el problema de la programación lineal se puede solucionar de manera eficiente, es decir, en tiempo polinomial.

En 1984, Narendra Karmarkar introdujo un nuevo método del punto interior para resolver problemas de programación lineal, lo cual significó un gran avance en los principios teóricos y prácticos en el área.

2.7.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

1. La función objetivo es lineal:

$$f(x) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots$$

2. Las restricciones del problema también son lineales:

$$h_1(x); \quad a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1$$

$$h_2(x); \dots a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2$$

$$h_m(x); \dots a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m$$

3. Las variables instrumentales deben tomar necesariamente valores mayores o iguales que cero, es lo que se denomina condición de no negatividad.

$$x_i \geq 0$$

En notación matricial:

$$\begin{array}{ll} \max (\min) & z = \mathbf{c}^t \cdot \mathbf{x} \\ \text{s.a} & \mathbf{A} \cdot \mathbf{x} \leq \mathbf{b} \end{array}$$

Donde $\mathbf{x} \geq 0$

$$\left. \begin{array}{l} \mathbf{c}^t = (c_1, c_2, \dots, c_n) \\ \mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \end{array} \right\} \text{son vectores de } n \text{ componentes}$$

A es una matriz de m x n llamada también matriz técnica

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} = (P_1, P_2, P_3, \dots, P_n)$$

Siendo P_j el vector columna asociado a la variable x_j y B es el vector de términos independientes de m componentes.

$$\mathbf{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$$

2.7. 2 CONCEPTOS CLAVE PARA LA FORMULACIÓN DE LOS MODELOS DE PROGRAMACION LINEAL

Para resolver problemas de Programación Lineal es importante entender los siguientes conceptos básicos:

- **Variables de Decisión:** Son el conjunto de variables cuya magnitud se desea determinar resolviendo el modelo de programación lineal.

- **Restricciones:** Son el conjunto de desigualdades que limitan los valores que pueden tomar las variables de decisión en la solución.
- **Función Objetivo:** Es la función matemática que relaciona las variables de decisión.
- **Linealidad:** Es la relación entre las variables, la función objetivo como las restricciones deben ser lineales.
- **Desigualdades:** Las desigualdades que se usan para representar las restricciones deben ser cerradas o flexibles, es decir, menor o igual (\leq) o mayor o igual (\geq). No se permiten desigualdades de los tipos estrictamente mayor o estrictamente menor.
- **Condición de no negatividad:** Esta condición indica que en la programación lineal las variables de decisión sólo pueden tomar valores de cero a positivos. No se permiten valores negativos.
- **Solución Factible:** La solución factible debe ser una solución que esté contenida dentro del conjunto convexo de oportunidades. La solución factible óptima es aquel o aquellos vectores admisibles para los que la función objetivo alcanza el óptimo.

La interpretación adecuada a todos los conceptos antes mencionados es información valiosa a la hora de tomar decisiones.

2.7. 3 PRINCIPALES MÉTODOS PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE PROGRAMACIÓN LINEAL

Entre los métodos para resolver problemas de programación lineal tenemos los siguientes:

2.7.3. 1 EL ALGORITMO SIMPLEX

El punto de partida del algoritmo simplex es la solución factible básica inicial. Si esta solución no es la óptima se van generando, a través del método de cálculo sucesivas soluciones básicas, hasta determinar cuál de ellas es la óptima, momento en el cual se detiene el proceso.

2. 8 PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA MIXTA

En muchos problemas de decisión se consideran no sólo variables que pueden tomar valores reales, sino también variables de tipo discreto que están representadas de forma natural por variables enteras o binarias.

Estos problemas de optimización híbridos con variables reales y enteras se denominan de programación entera mixta.

Matemáticamente un modelo de programación entera se puede expresar de la siguiente manera:

$$\max(\min) \quad z = c^T x$$

sujeto a:

$$Ax \leq b$$

$$\text{con } x \in \mathbb{Z}^n, c \in \mathbb{R}^n, b \in \mathbb{R}^m, A \in M_{m \times n}$$

Particularmente, si algunas variables deben tomar valores enteros y otros valores reales se dice Programa lineal mixto (MIP)

$$\max(\min) \quad z = c^T x + a^T y$$

sujeto a:

$$Ax + By \leq b$$

$$\text{con } x \in \mathbb{R}^n, y \in \mathbb{Z}^n, c, a \in \mathbb{R}^n, b \in \mathbb{R}^m, A \in M_{m \times n}$$

Existen numerosas aplicaciones de programación entera en la que el problema incluye cierto número de decisiones (sí o no) interrelacionadas.

Debido a que estos problemas involucran sólo dos posibilidades, este tipo de decisiones se pueden representar de forma binaria (valores 0 y 1), de esta forma la *i*-ésima decisión se puede representar por $X(i)$ tal que:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{si la decisión } i \text{ es sí} \\ 0 & \text{si la decisión } i \text{ es no} \end{cases}$$

Los modelos de programación entera mixta son una extensión de los modelos lineales en los cuales las variables del modelo pueden tomar valores enteros. Por medio de estos modelos se puede representar sistemas de mayor complejidad, pero paralelamente, la resolución de los mismos a través de métodos exactos se complica. Es por esta razón que los métodos más usados para resolver un problema MIP incluyen relajaciones y heurísticas.

Las relajaciones se realizan básicamente abandonando algunas restricciones del problema original, y su principal objetivo es que el problema sea más fácil de resolver que el original.

Los métodos heurísticos producen un número finito de iteraciones para encontrar una solución factible de buena calidad para el problema, sin que esto garantice que se encontrará el óptimo para el problema objeto de estudio.

Entre las principales heurísticas podemos citar: algoritmos glotones, algoritmos genéticos, búsqueda tabú, redes neuronales, colonia de hormigas, entre otros.

2.8. 1 PROBLEMAS MÁS RELEVANTES DE LA PROGRAMACION ENTERA MIXTA

Entre los problemas más relevantes de la programación entera mixta podemos citar:

- El **Problema de la Mochila**, el cual consiste en elegir un subconjunto de objetos de tal forma que se maximice la utilidad que el excursionista obtiene, pero sin rebasar su capacidad de llevar objetos.
- El **Problema de la Asignación** cuyo objetivo es determinar la asignación óptima de tareas, de forma que se minimice el costo total de la asignación considerando la restricción de que cada operador debe ejecutar una tarea y sólo una.
- Otro de los aplicativos de la programación entera mixta es el **Problema del Particionamiento**, el cual considera un conjunto de (n) clientes a los que se les debe satisfacer la demanda de bienes. El objetivo es escoger un subconjunto de las (m) rutas, de tal forma que a cada cliente se le visite una y sólo una vez.
- El **Problema de Recubrimiento** en cuya solución se debe decidir la instalación de centros de seguridad de entre (n) posibles de tal suerte que se cubran (m) regiones. Cada centro tiene asociado un costo de instalación y definido el número de regiones que pueden ser cubiertos por éste. El objetivo es la elección de un subconjunto de centros que cubran todas las regiones y minimicen los costos de instalación.
- El **Problema del Agente Viajero** cuyo objetivo es encontrar el TOUR para el cual la distancia total recorrida sea mínima considerando un conjunto de nodos que se deben de visitar una sola vez.

- **El Problema del Transporte (Estructura de Redes Logísticas)** se basa en el escenario en el cual se tiene (m) orígenes o depósitos, (n) destinos o puntos de demanda. Adicional se considera el costo de envío de una unidad de producto desde el origen (i) al destino (j) representado con (cij).

El problema consiste en determinar las cantidades (xij), que deben enviarse desde el origen (i) al destino (j), para satisfacer la demanda y minimizando el costo total del envío a través de toda la red.

Este modelo puede ser expresado en forma simple de la siguiente manera:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = u_i \quad \forall i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = v_j \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

CAPÍTULO III

CÁLCULO DE PRONÓSTICOS Y DETERMINACIÓN DE LA POLÍTICA DE INVENTARIO

3. 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente en la empresa, la determinación de los estimados de la demanda se realiza de una forma poco técnica debido a que se usa la información histórica de las ventas pero no se cuenta con una herramienta estadística sólida que ayude a calcular pronósticos de forma más acertada.

Para la realización de este trabajo de investigación se han considerado las ventas de la empresa de los años 2010, 2011, 2012 y los primeros cuatro meses del 2013.

El negocio posee 205 artículos dentro de su portafolio de productos, pero sólo algunos de éstos representan el mayor porcentaje de venta. Para identificarlos se realizó un proceso de categorización de productos (en base a las ventas), lo cual permitió determinar que únicamente 20 códigos representan el 80% de las ventas (análisis de Pareto), 48 códigos representan el 15% y 137 códigos representan únicamente el 5% del total de ventas.

Este análisis es un importante punto de partida debido a que permite enfocarse en los códigos que realmente son decisivos para el nivel de servicio.

Tabla 3. 1 Categorización de Productos

Categoría	Cantidad de códigos por categoría
A	20
B	48
C	137
Total	205

Elaborado por: Jacqueline Coronel

Tabla 3. 2 Productos tipo A y Porcentaje de Participación de Ventas

Categoría	% Participación Ventas
Esteri 1322	7%
Apósito 1626	6%
Apósito Transparente 3	6%
Esparadrapo papel 3	6%
Apósito 1624	5%
Esteri 1292	5%
Esparadrapo papel 2	5%
Esteri 4100	4%
Cardiólogo 2560	4%
Apósito 3584	4%
Apósito 3590	4%
Apósito 3591	3%
Esteri 1250	3%
Esteri 1224	3%
Apósito Transparente 2	3%
Esparadrapo papel 1	3%
Desinfectante	3%
Drape 1050	2%
Esteri 1294	2%
Cortadores	2%
	80%

Elaborado por: Jacqueline Coronel Flores

Una vez determinados los productos que serán considerados en el estudio, se organizaron los datos en semanas, debido a que la política de inventario será calculada en la misma unidad de tiempo.

Para realizar el cálculo de los pronósticos de demanda de los 8 meses restantes (Mayo – Diciembre debido a que los datos se obtuvieron hasta Abril), se utilizará el programa estadístico R Estudio.

3. 2 SECUENCIA DE COMANDOS UTILIZADOS EN R ESTUDIO

En la siguiente tabla se muestra el detalle de los comandos en R Estudio que serán utilizados para el cálculo de los pronósticos.

Tabla 3. 3 Secuencia de Comandos Utilizados en R Estudio

Paso	Descripción de instrucción	Comando	Ejemplo
1	Importar datos a R	Nombre de la variable=scan("C:/Ubicación del archivo.txt")	j=scan("C:/Documents/JACQUELINE/dato ssemana/Esteri1294.txt")
2	Graficar como serie de tiempo	Nombre de la variable=ts(nombre de la variable,freq=# frecuencia de períodos de tiempo,start=c(tiempo en el que inicia la serie))	Esteri1294=ts(j,freq=52,start=c(2010,1))
3	Gráficar Datos	Plot(Nombre de la variable)	plot(Esteri1294)
4	Graficar medias por períodos de tiempo	Monthplot(Nombre de la variable)	monthplot(Esteri1294)
5	Calcular autocorrelaciones	acf(Nombre de la Variable,lag.max=e los datos)	acf(Esteri1294,lag.max=52)
6	Calcular autocorrelaciones parciales	pacf(Nombre de la variable,lag.max=tamaño de los datos)	pacf(Esteri1294,lag.max=52)
7	Cálculo de los modelos	modelo1=arima(Nombre de la variable),c(0,0,0),c(0,0,0))	modelo1=arima(Esteri1294),c(0,1,1),c(0,1,1))
8	Verosimilitud AIC	AIC(Nombre de Variable)	AIC(modelo1)
9	Carcular residuos del modo	e#=residuals(m#)	e1=residuals(m1)
10	Plot de los errores	Plot(e#)	plot(e1)
11	Autocorrelación de los errores	acf(e#)	acf(e1)
12	Prueba gráfica de normalidad qqnorm	qqnorm(window(resid(m#),start=c(período de tiempo)))	qqnorm(window(resid(m1),start=c(2011,1)))
13	Prueba de normalidad de los errores	shapiro.test(window(resid(m#),start=c(2011,1)))	shapiro.test(window(resid(m1),start=c(2011,1)))
14	Prueba de normalidad de los errores	Box.test(e#)	Box.test(e1)
15	Cálculo de pronósticos	p#=predict(m#,período de tiempo a pronosticar)	p1=predict(m1,38)
16	Gráfico de los pronósticos	ts.plot(Esteri1294,exp(p1\$pred)-1,col=c(1,2))	ts.plot(Esteri1294,exp(p1\$pred)-1,col=c(1,2))

Elaborado por: Jacqueline Coronel

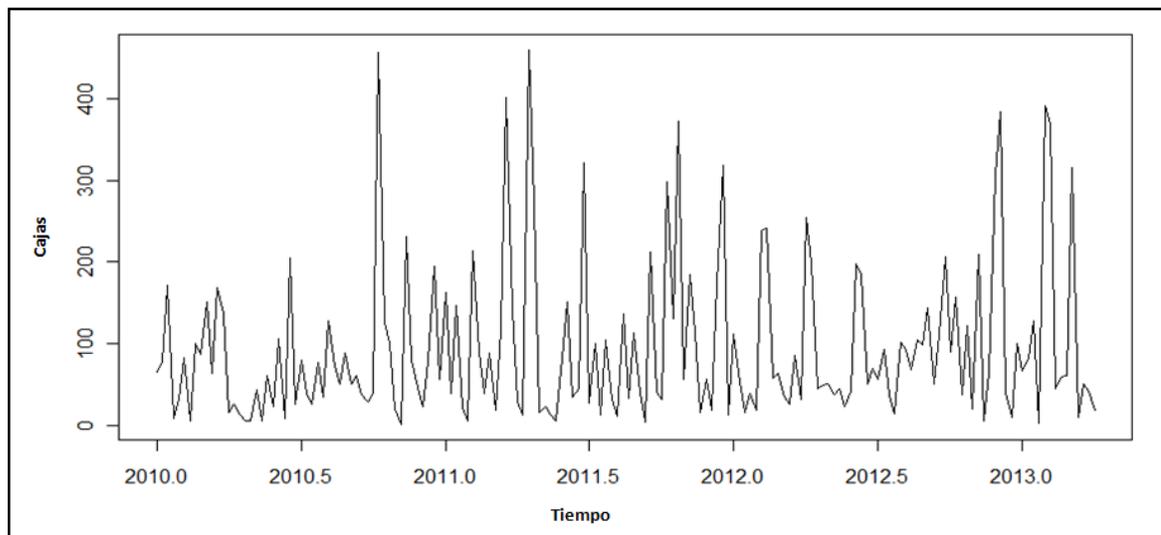
3. 3 CÁLCULO DE PRONÓSTICOS PARA PRODUCTOS TIPO A

A continuación se detalla el cálculo de los pronósticos para los 20 códigos categorizados como A mediante la utilización del programa R Estudio. Para objeto de cálculo de pronósticos y de la política de inventario, los datos están agrupados en semanas.

3.3. 1 APÓSITO 1624

Este producto representa el 5% de las ventas de la compañía, a continuación se muestra el gráfico de la serie de datos.

Gráfico 3. 1 Ventas 1624



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo aplicado a este producto para la determinación del pronóstico es un **Sarima (0,1,1),(0,1,1)**. Como paso previo, se aplicó logaritmo a la serie y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

Los resultados obtenidos en R son los siguientes:

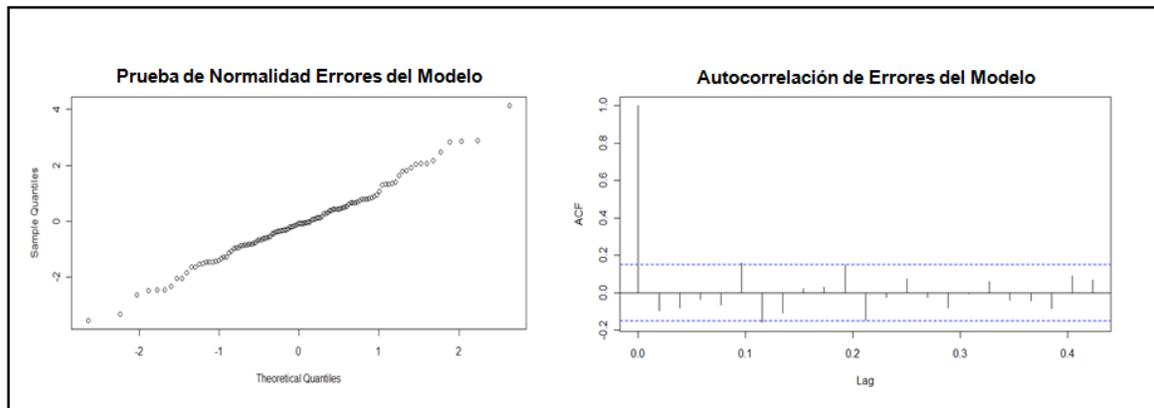
Tabla 3. 4 Resultados R - Apósito 1624

Pruebas	Resultado
AIC	433.74
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	1.32
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.4679
Prueba de Auto correlación de errores Box. Test	0.2007

Elaborado por: Jacqueline Coronel

En el siguiente gráfico se puede visualizar los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo (prueba de normalidad y auto correlación).

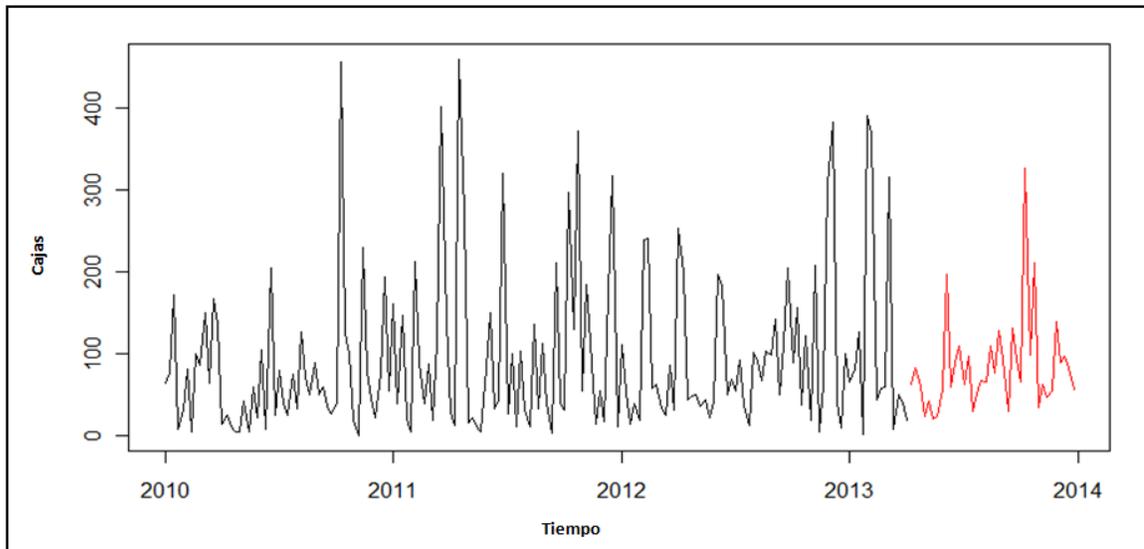
Gráfico 3. 2 Prueba de Normalidad y Autocorrelación Apósito 1624



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Finalmente, se muestran los pronósticos obtenidos para la serie de tiempo analizada, estos se ilustran en el siguiente gráfico con color rojo:

Gráfico 3. 3 Pronostico Apósito 1624

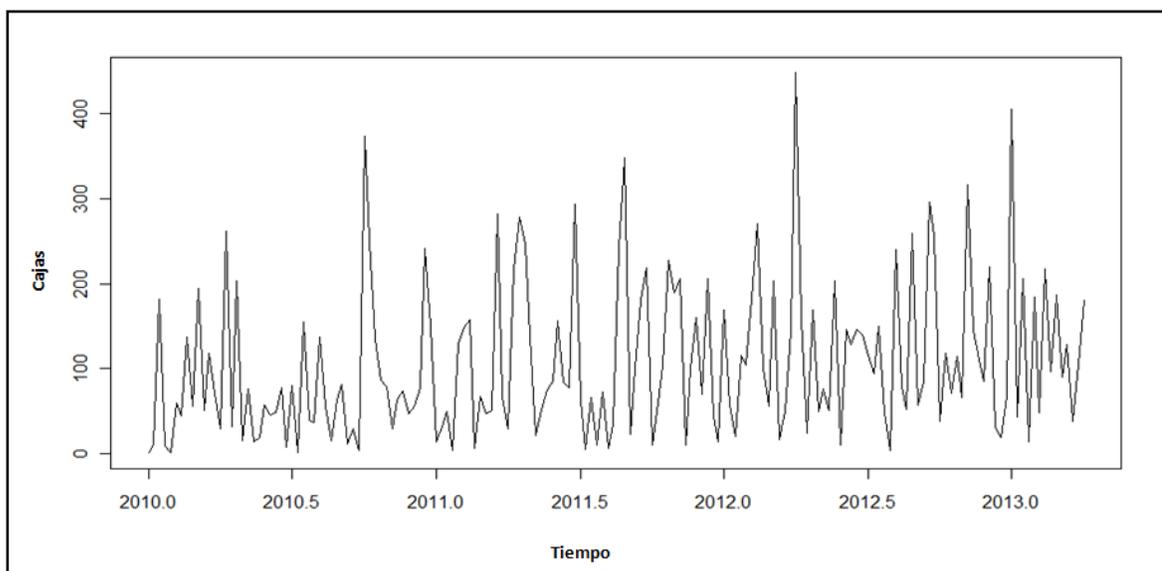


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 2 APÓSITO 1626

Este artículo representa el 6% de las ventas de la compañía, en seguida se muestra el gráfico de la serie de datos.

Gráfico 3. 4 Ventas Apósito 1626



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo aplicado a este producto para el cálculo del pronóstico es un **Sarima (0,1,1),(1,1,0)**. En el desarrollo del modelo se aplicó un logaritmo a la serie y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

En R se obtuvieron los siguientes resultados.

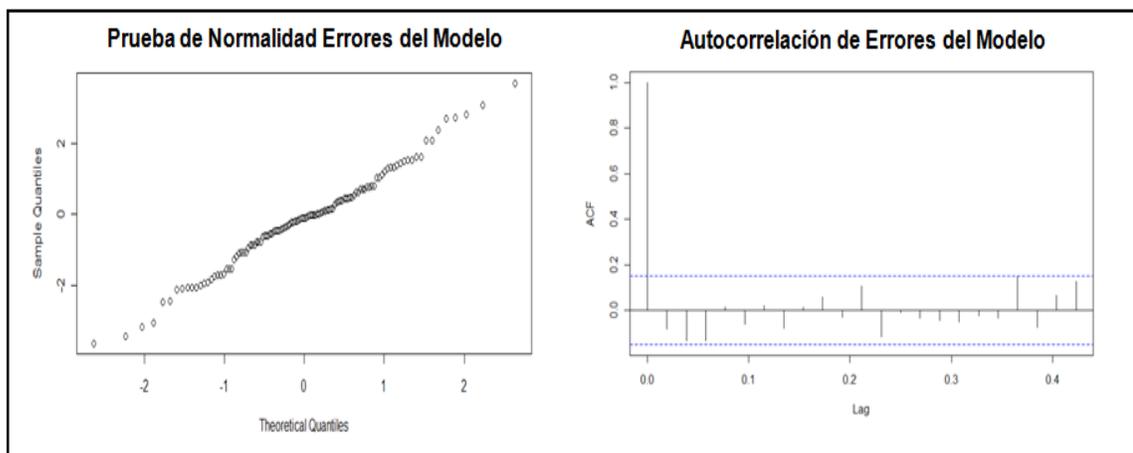
Tabla 3. 5 Resultados R – Apósito 1626

Pruebas	Resultado
AIC	428.82
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	1.367
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.4466
Prueba de Auto correlación de errores Box. Test	0.2918

Elaborado por: Jacqueline Coronel

En el gráfico siguiente se visualizan los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo (prueba de normalidad y auto correlación).

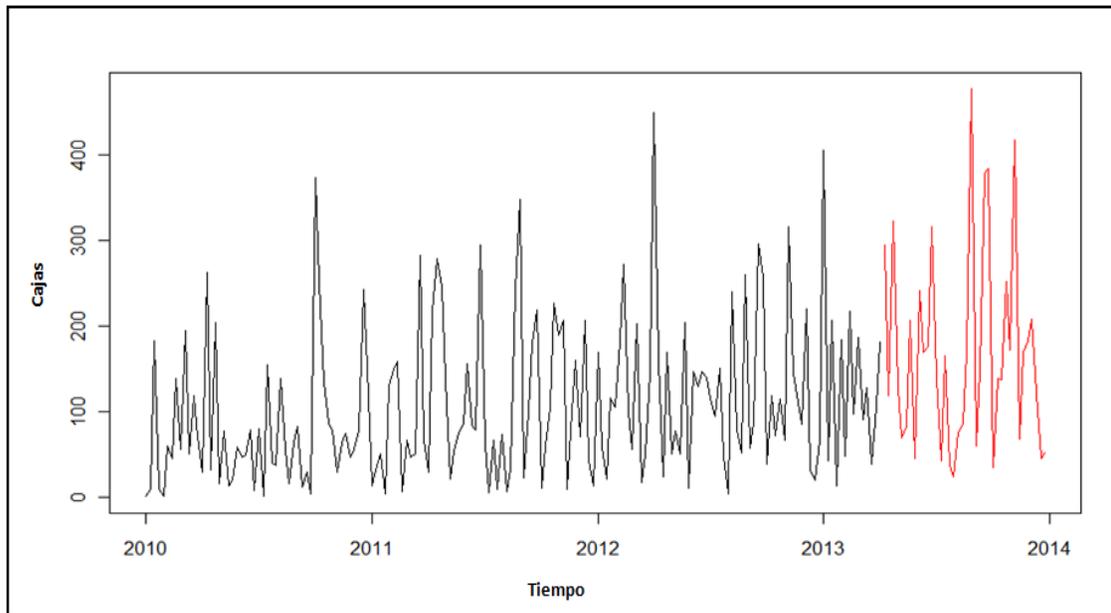
Gráfico 3. 5 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito 1626



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los pronósticos obtenidos para la serie de tiempo analizada se ilustran en el siguiente gráfico con color rojo:

Gráfico 3. 6 Pronóstico Apósito 1626

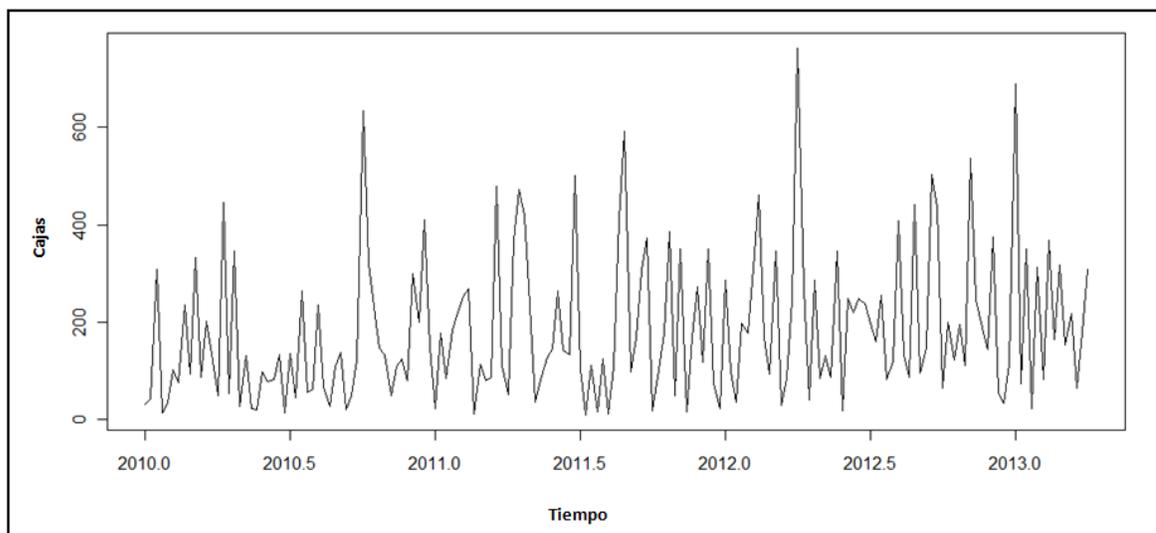


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 3 APÓSITO 3584

La facturación de este código comprende aproximadamente 6% de las ventas totales de la empresa, en seguida se muestra el gráfico de la serie de datos.

Gráfico 3. 7 Ventas Apósito 3584



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo que mejor se ajusta a los datos para el cálculo del pronóstico es un **Sarima (0,1,1),(0,1,1)**. En el desarrollo del modelo se aplicó un logaritmo a la serie y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

En R se obtuvieron los siguientes resultados:

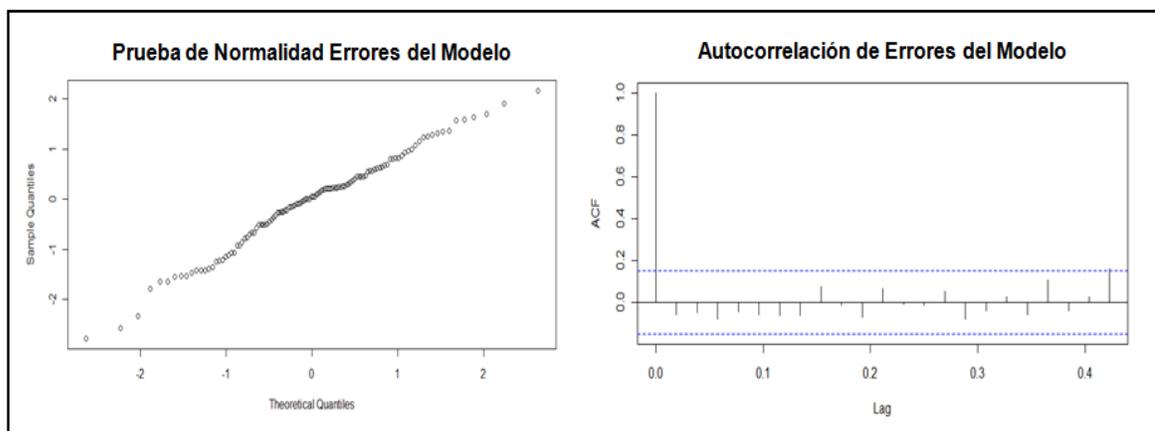
Tabla 3. 6 Resultados R – Apósito 3584

Pruebas	Resultado
AIC	394.52
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	0.9596
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.2856
Prueba de Auto correlación de errores Box. Test	0.4714

Elaborado por: Jacqueline Coronel

En el gráfico siguiente se indican los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

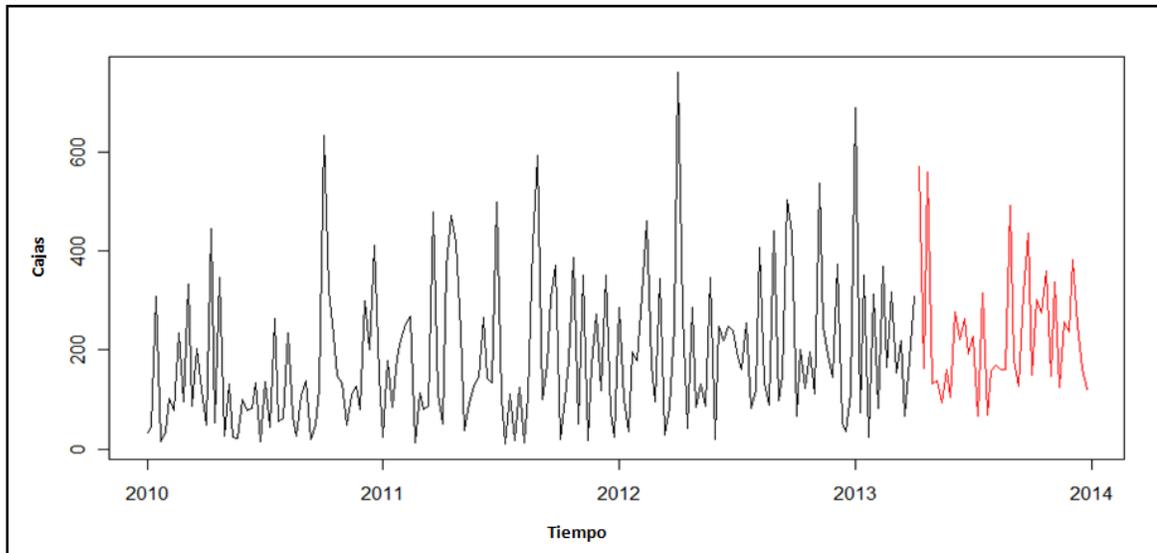
Gráfico 3. 8 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito 3584



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 9 Pronóstico Apósito 3584

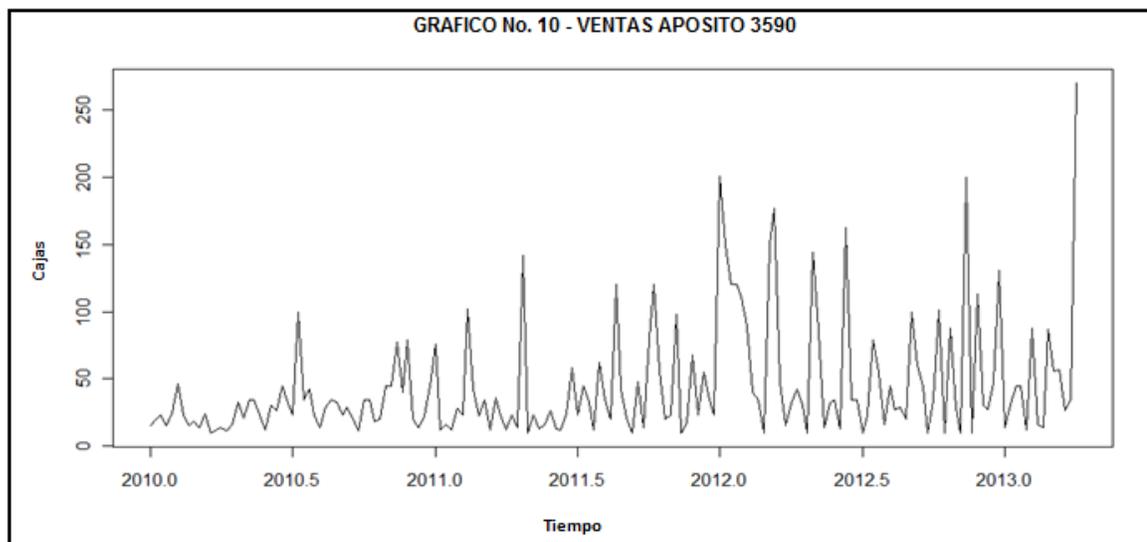


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 4 APÓSITO 3590

Las ventas de este producto son de aproximadamente el 4% de las ventas totales de la empresa, en la siguiente figura se muestra el gráfico de la serie de datos.

Gráfico 3. 10 Ventas Apósito 3590



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo que mejor se adapta a la serie para calcular el pronóstico es un **Sarima (0,1,1),(0,1,1)**. En el desarrollo del modelo se aplicó un logaritmo, una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

En R se obtuvieron los siguientes resultados:

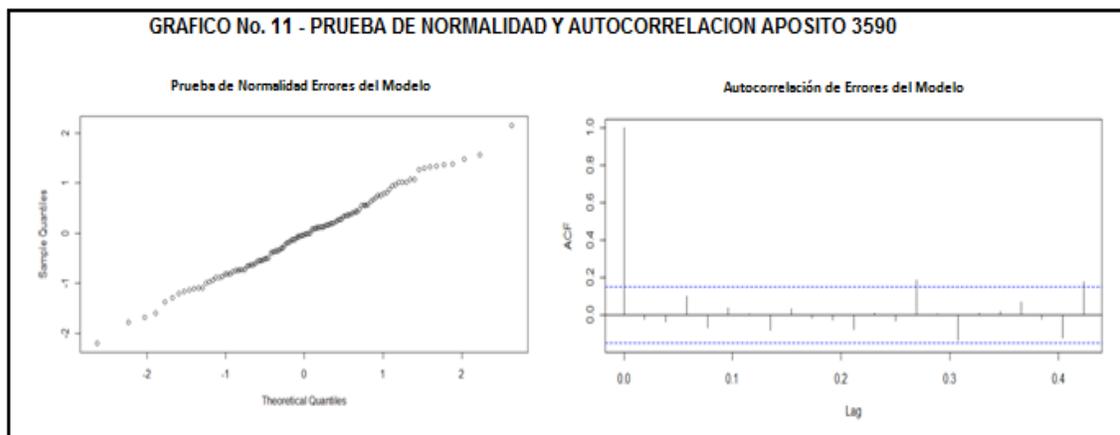
Tabla 3. 7 Resultados R – Apósito 3590

Pruebas	Resultado
AIC	349.11
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	0.800
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.9804
Prueba de Auto correlación de errores Box. Test	0.7635

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

Gráfico 3. 11 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito 3590

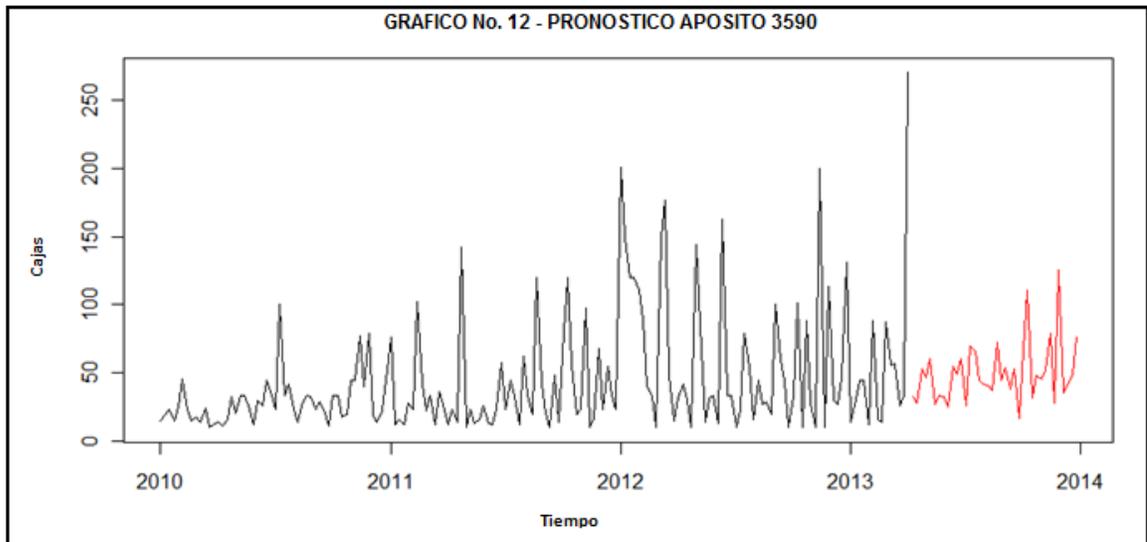


Elaborado por: Jacqueline Coronel

Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 12 Pronóstico Apósito 3590



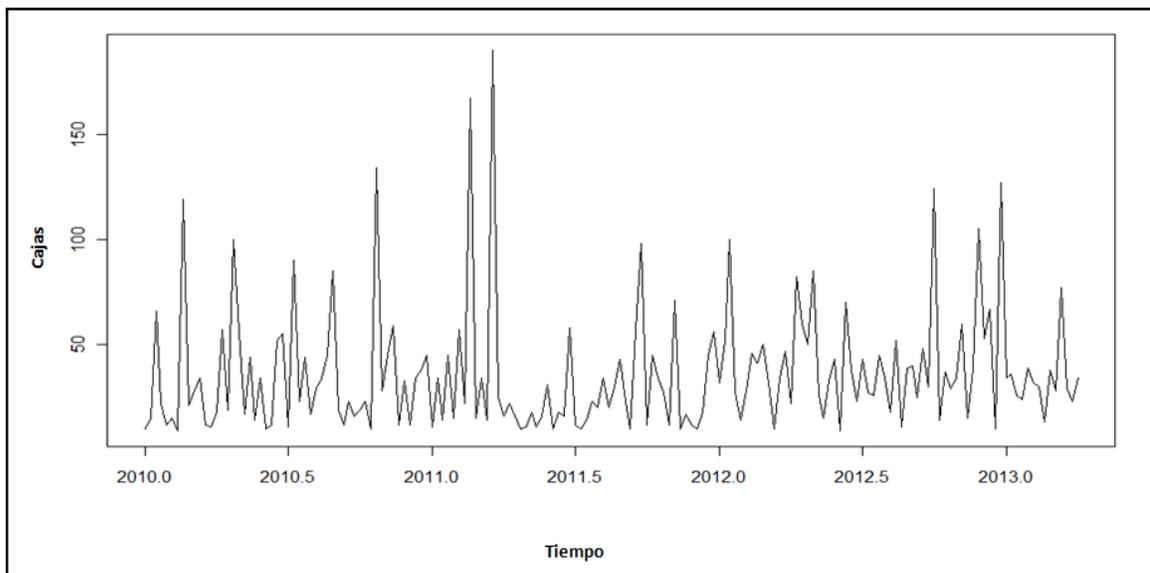
Elaborado por: Jacqueline Coronel

Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 5 APÓSITO 3591

Las ventas de este producto son de aproximadamente el 3% de las ventas totales de la empresa, en la siguiente figura se muestra el gráfico de la serie de datos.

Gráfico 3. 13 Ventas apósito 3591



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo que mejor se adapta a la serie para calcular el pronóstico es un **Sarima (0,1,1),(0,1,1)**. En el desarrollo del modelo se aplicó un logaritmo, una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria. En R se obtuvieron los siguientes resultados:

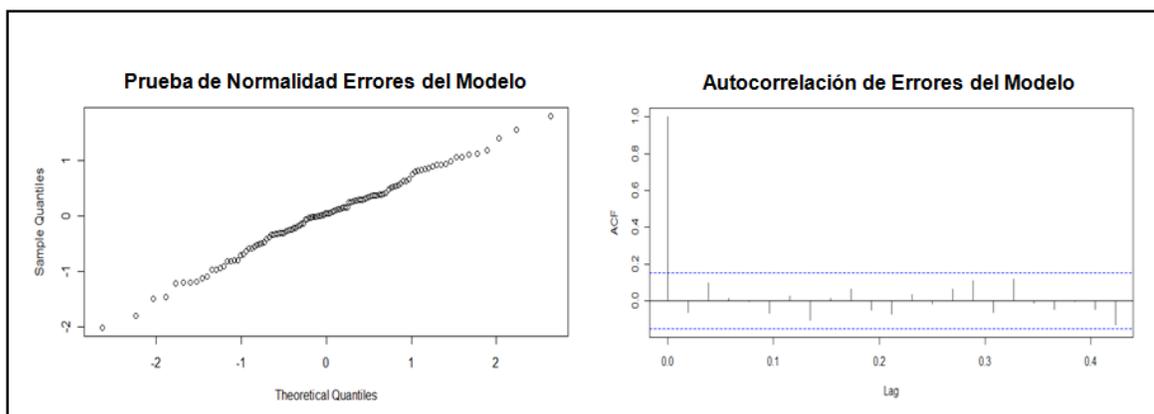
Tabla 3. 8 Resultados R - Apósito 3591

Pruebas	Resultado
AIC	318.24
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	0.704
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.745
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.4094

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

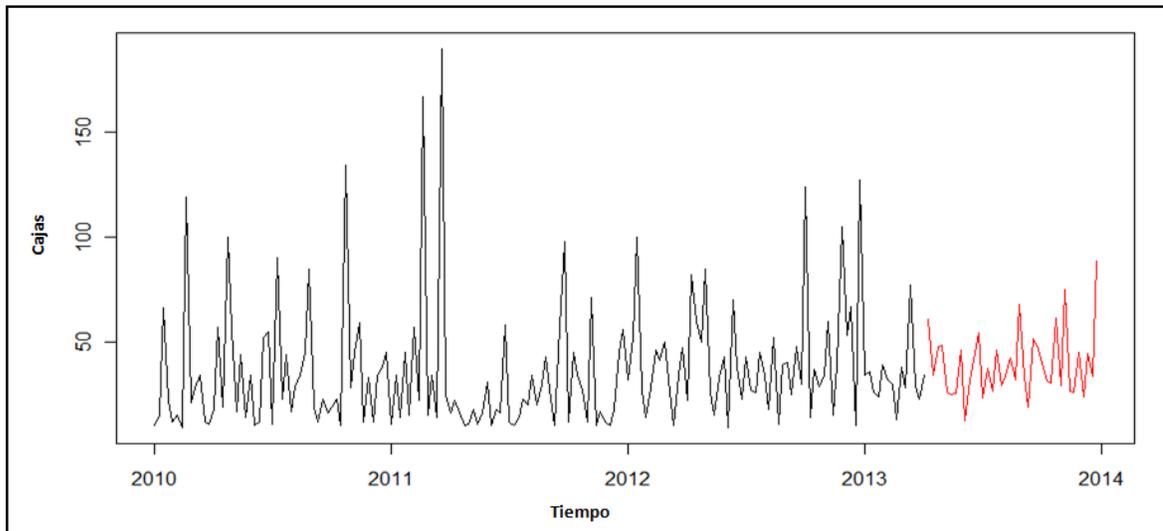
Gráfico 3. 14 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito 3591



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 15 Pronóstico Apósito 3591

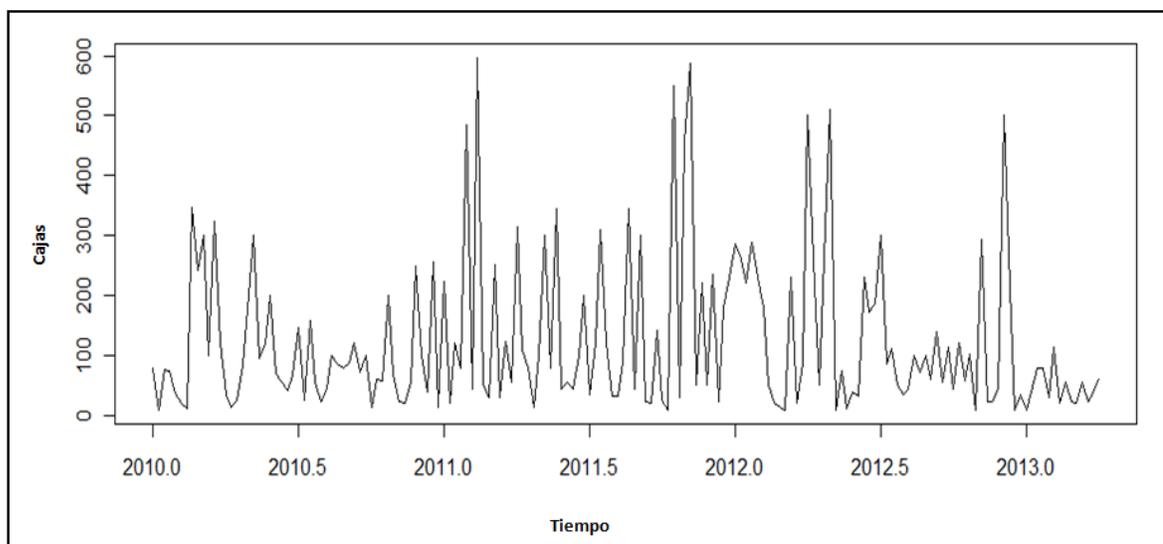


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 6 APÓSITO TRANSPARENTE 2

Este producto representa el 3% de la facturación de la empresa, en el gráfico siguiente se muestra la serie de datos.

Gráfico 3. 16 Ventas Apósito Transparente 2



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo que mejor se adapta a la serie para calcular el pronóstico es un **Sarima (0,1,1),(0,1,1)**. En el desarrollo del modelo se aplicó un logaritmo, una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria. En R se obtuvieron los siguientes resultados:

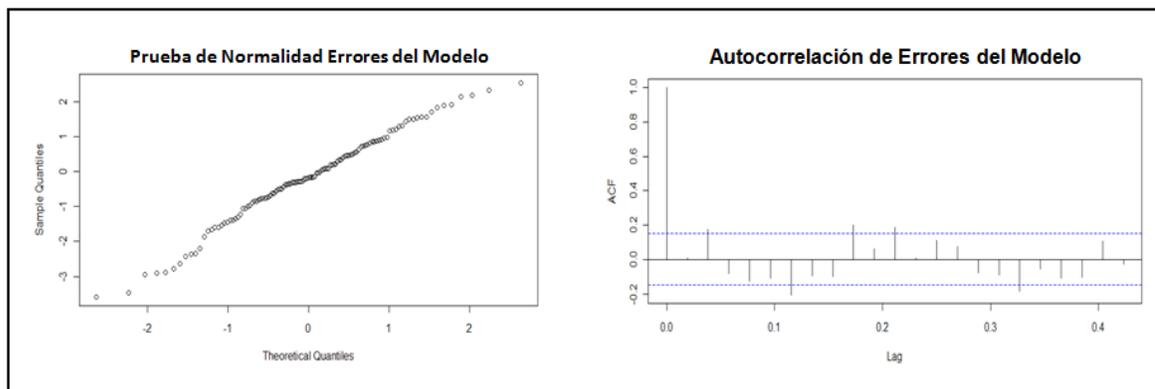
Tabla 3. 9 Resultados R – Apósito Transparente 2

Pruebas	Resultado
AIC	428.63
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	1.290
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.2056
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.9331

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

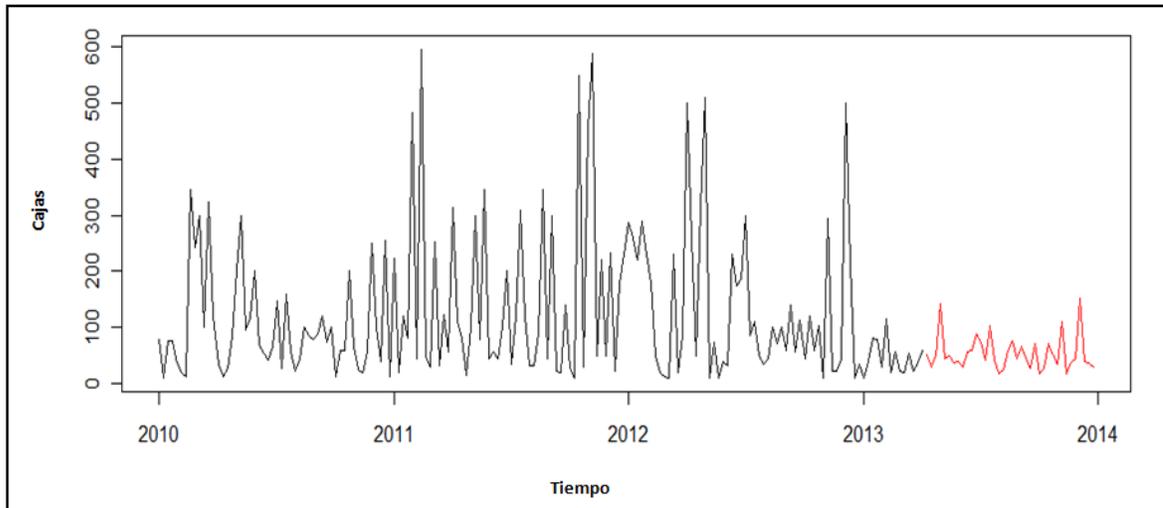
Gráfico 3. 17 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito Transparente 2



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 18 Pronóstico Apósito Transparente 2

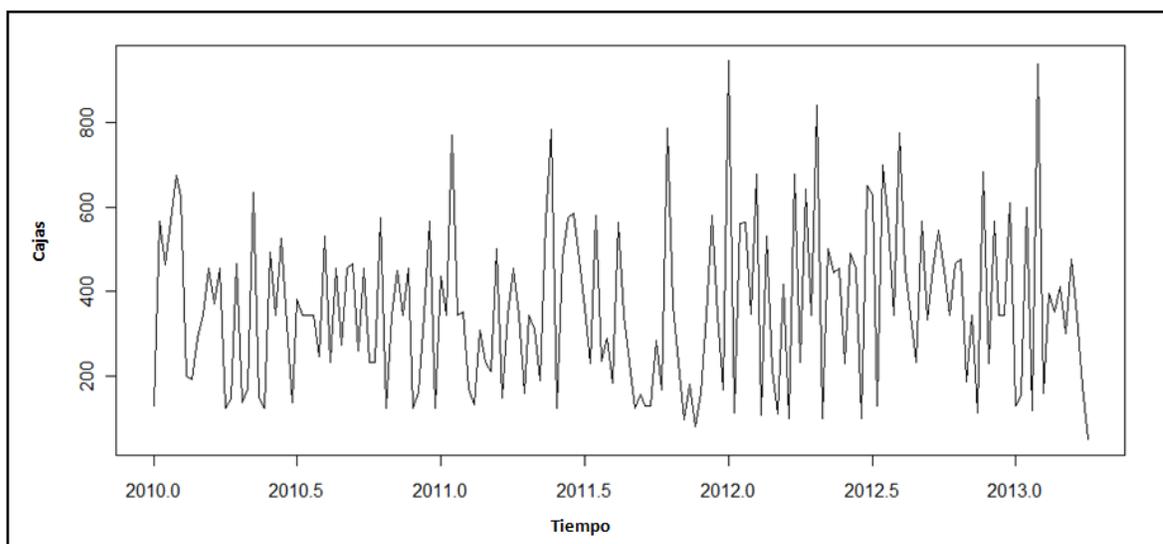


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 7 APÓSITO TRANSPARENTE 3

Este producto representa el 6% de la facturación de la empresa, en el gráfico siguiente se muestra la serie de datos.

Gráfico 3. 19 Ventas Apósito Transparente 3



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo que mejor se adapta a la serie para calcular el pronóstico es un **Sarima (0,1,1),(0,1,1)**. En el desarrollo del modelo se aplicó un logaritmo, una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

En R se obtuvieron los siguientes resultados:

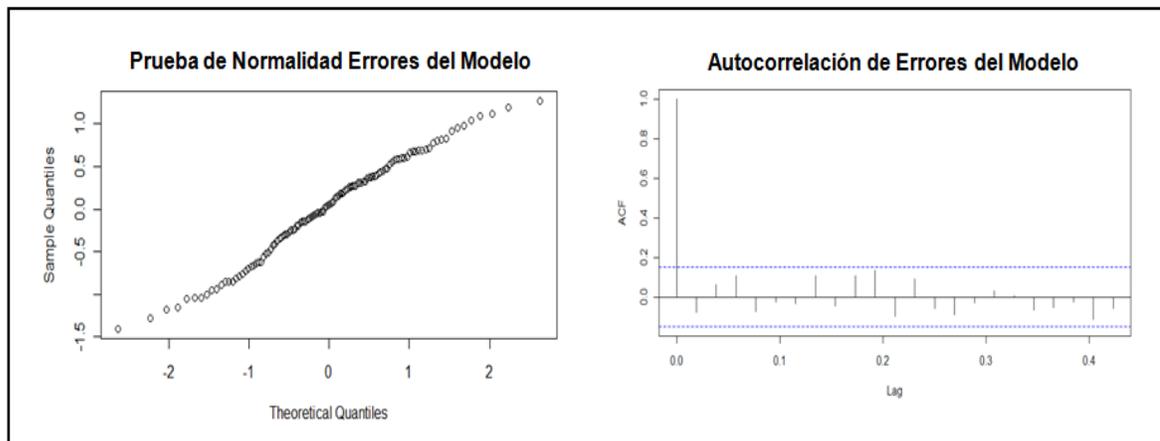
Tabla 3. 10 Resultados R – Apósito Transparente 3

Pruebas	Resultado
AIC	289.17
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	0.612
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.1688
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.3091

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

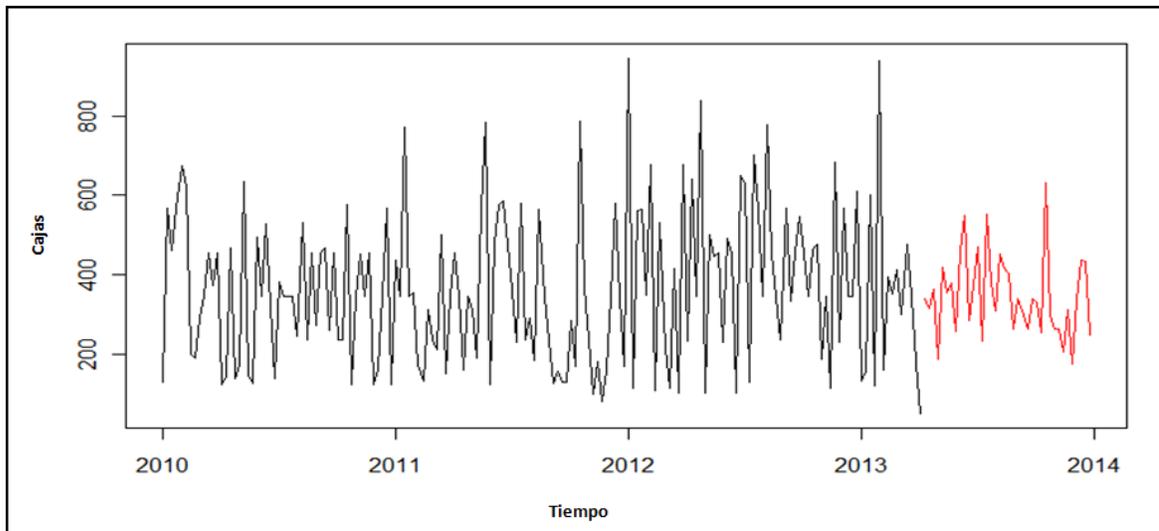
Gráfico 3. 20 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Apósito Transparente 3



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 21 Pronóstico Apósito Transparente 3

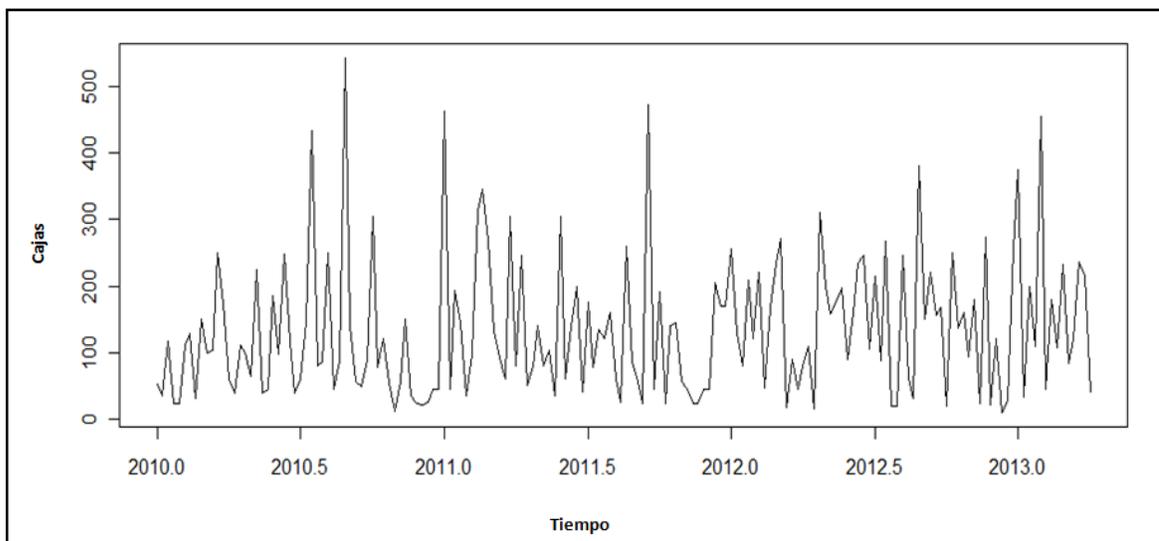


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 8 CARDIOLOGICO 2560

Este producto representa el 4% de la facturación de la empresa, en el gráfico siguiente se muestra la serie de datos.

Gráfico 3. 22 Ventas Cardiólogo 2560



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo que mejor se adapta a la serie para calcular el pronóstico es un **Sarima (0,1,1),(0,1,1)**. En el desarrollo del modelo se aplicó un logaritmo, una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

En R se obtuvieron los siguientes resultados:

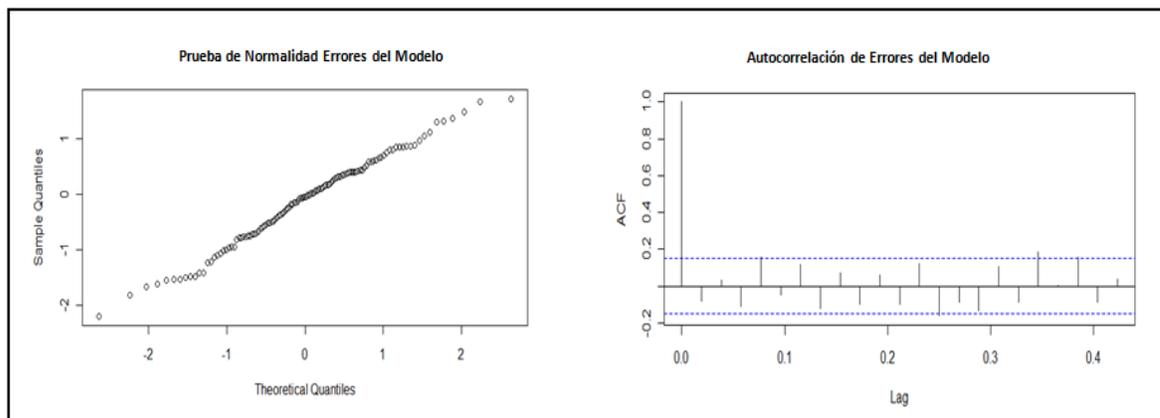
Tabla 3. 11 Resultados R – Cardiólogo 2560

Pruebas	Resultado
AIC	360.75
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	0.831
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.5331
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.274

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

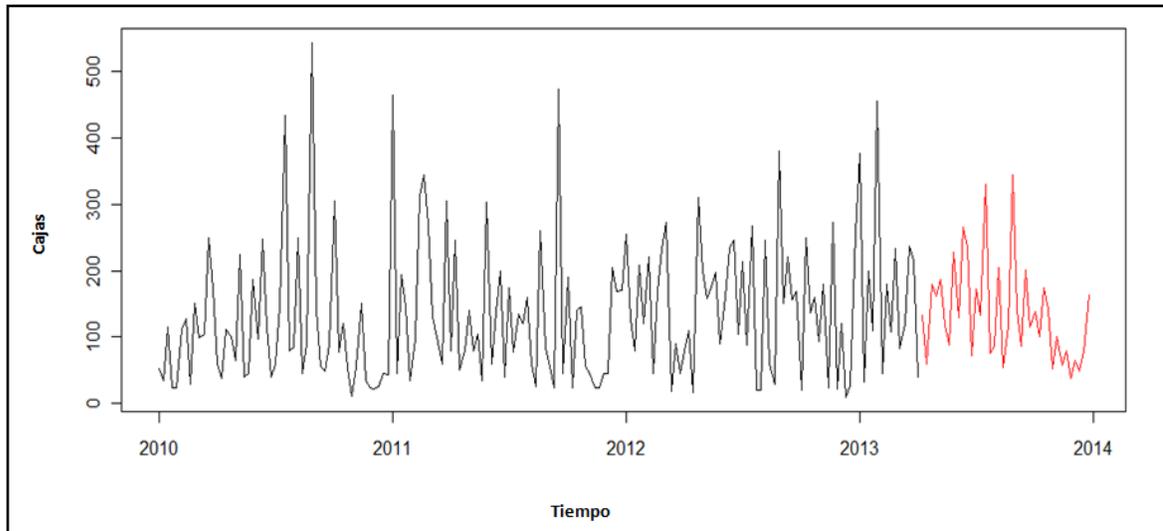
Gráfico 3. 23 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Cardiólogo 2560



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación

Gráfico 3. 24 Pronóstico Cardiólogo 2560

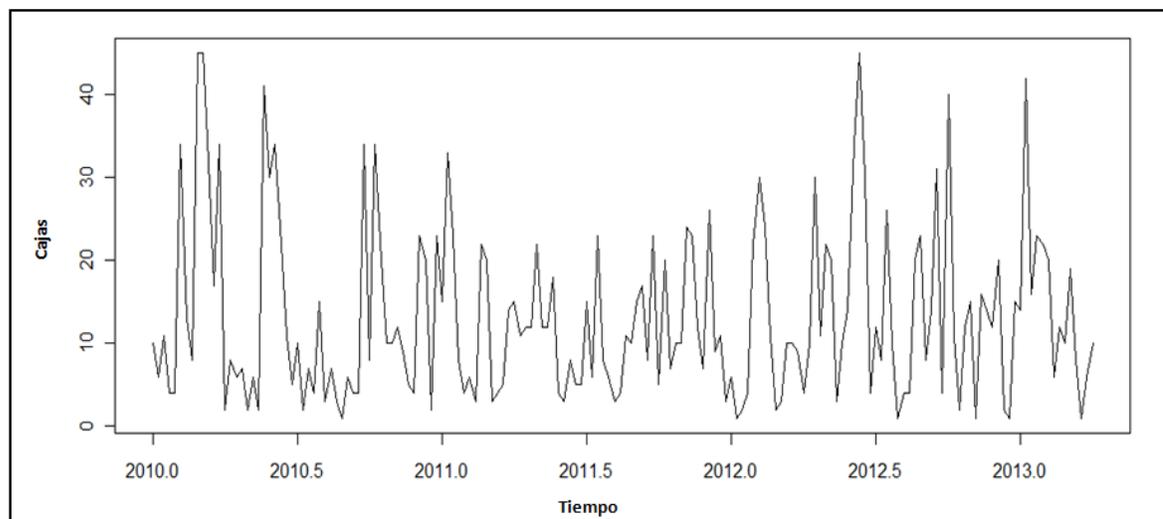


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 9 CORTADORES

Los cortadores representan el 5 % de las ventas de empresa, en el cuadro siguiente se muestra el gráfico de la serie de datos.

Gráfico 3. 25 Ventas Cortadores



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo aplicado a este producto para la determinación del pronóstico es un **Sarima (3,1,0)(0,1,0)**, para calcular este pronóstico se aplicó logaritmo y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

Los resultados dados por R son:

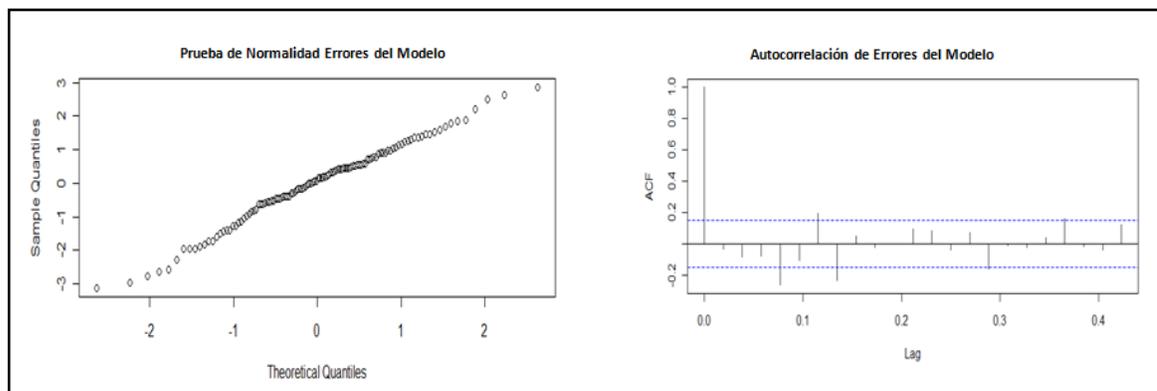
Tabla 3. 12 Resultados R - Cortadores

Pruebas	Resultado
AIC	407.19
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	1.209
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.3973
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.6483

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

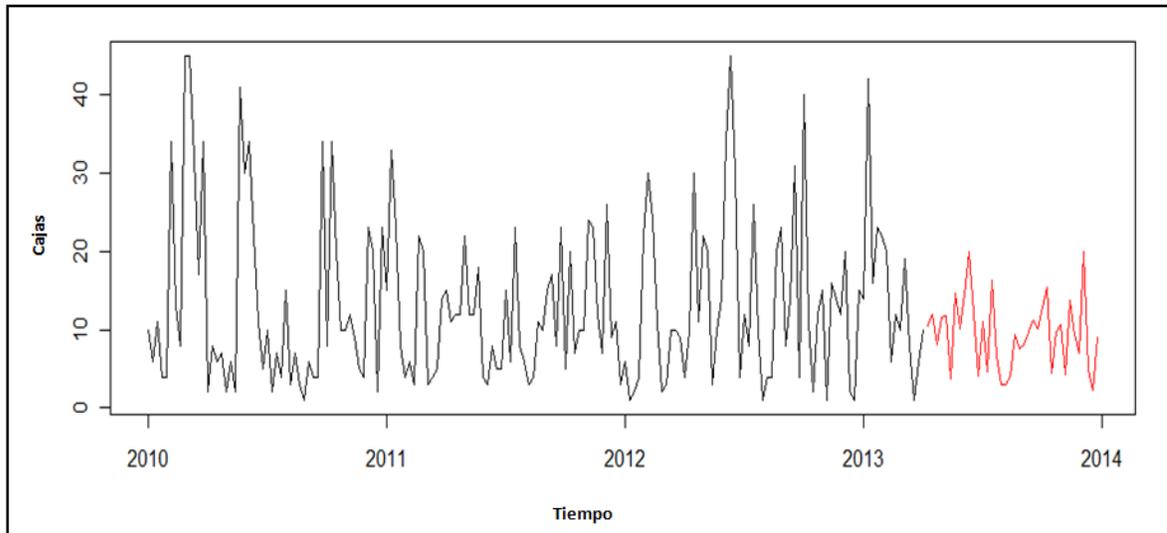
Gráfico 3. 26 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Cortadores



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 27 Pronóstico Cortadores

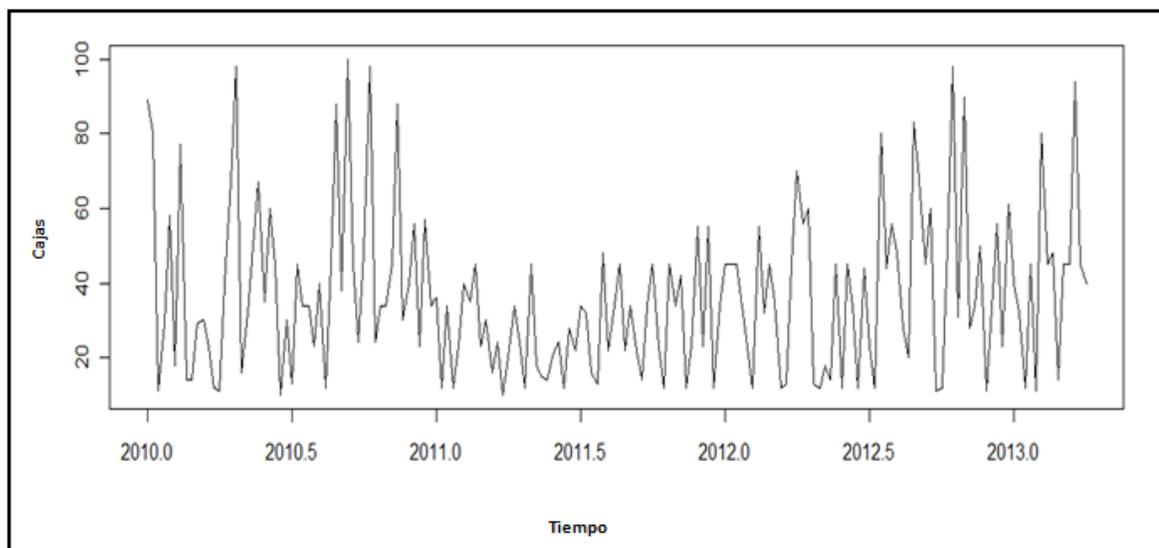


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 10 DESINFECTANTE

Este artículo significa aproximadamente el 3 % de las ventas de compañía, a continuación se muestra la serie de los datos:

Gráfico 3. 28 Ventas Desinfectante



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Un **Sarima (0,1,4)(1,1,0)** es el modelo que se empleó en esta serie para la determinación del pronóstico, complementariamente se aplicó logaritmo natural y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

Los resultados dados por R son los siguientes:

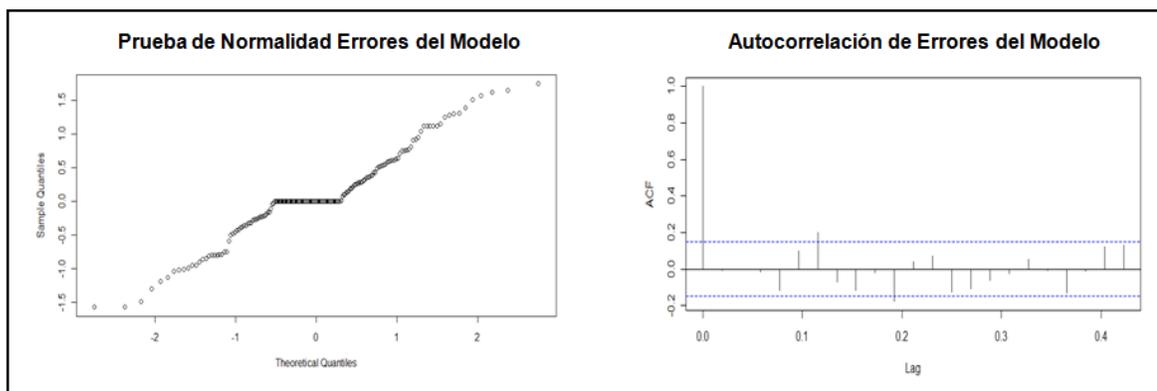
Tabla 3. 13 Resultados R - Desinfectante

Pruebas	Resultado
AIC	305.21
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	0.7739
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.3791
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.9388

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

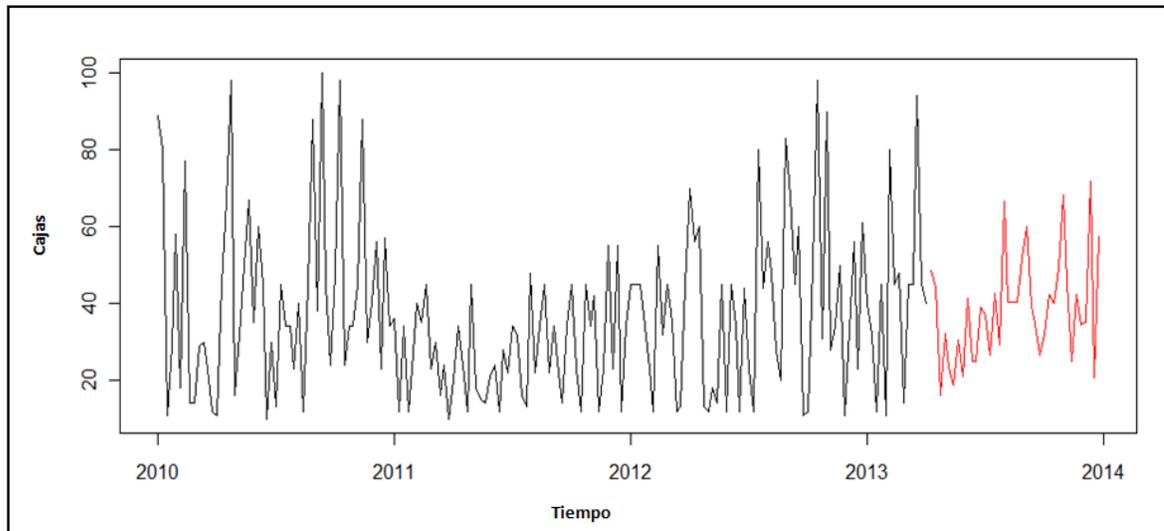
Gráfico 3. 29 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Desinfectante



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 30 Pronóstico Desinfectante

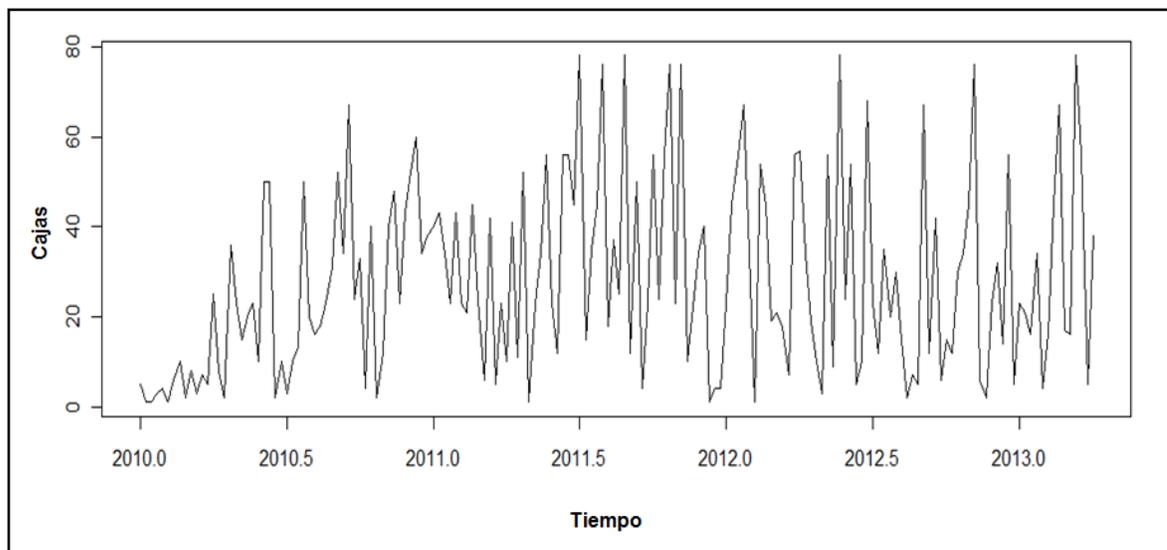


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 11 DRAPE 1050

Este producto representa 2 % de las ventas de la empresa, en el gráfico siguiente se muestra la serie de datos:

Gráfico 3. 31 Ventas Drape 1050



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo aplicado a esta serie es $(2,1,0)(1,1,0)$, también se aplicó logaritmo y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

Los resultados obtenidos en el programa R son los que se detallan a continuación:

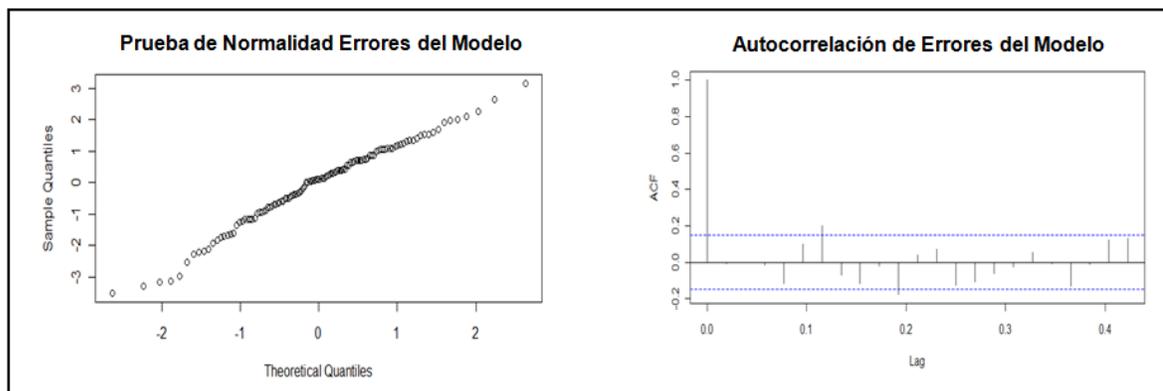
Tabla 3. 14 Resultados R – Drape 1050

Pruebas	Resultado
AIC	426.17
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	13.19
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.153
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.7442

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

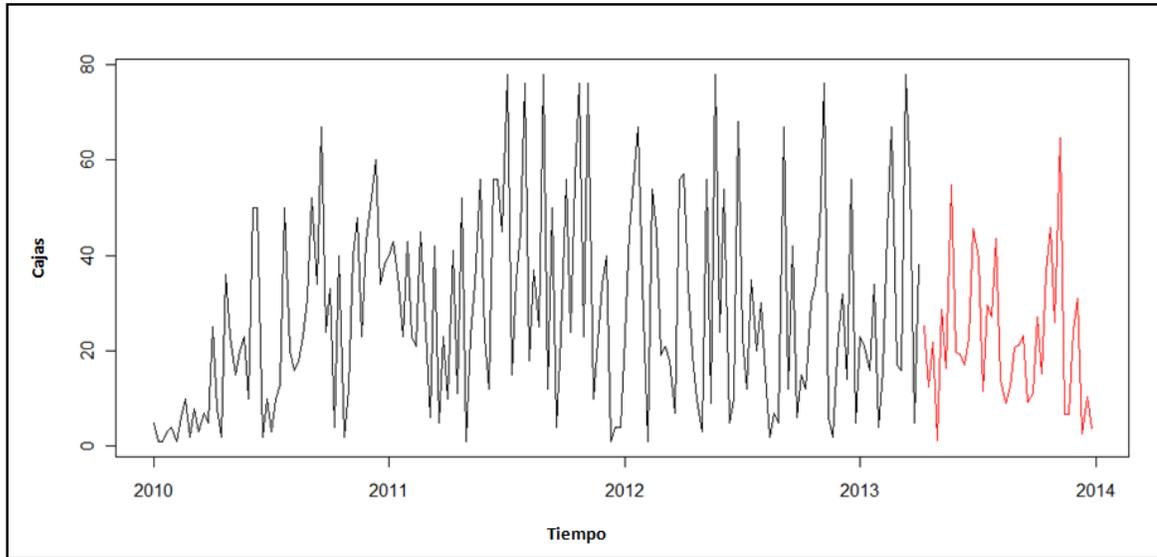
Gráfico 3. 32 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Drape 1050



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 33 Pronóstico Drape 1050

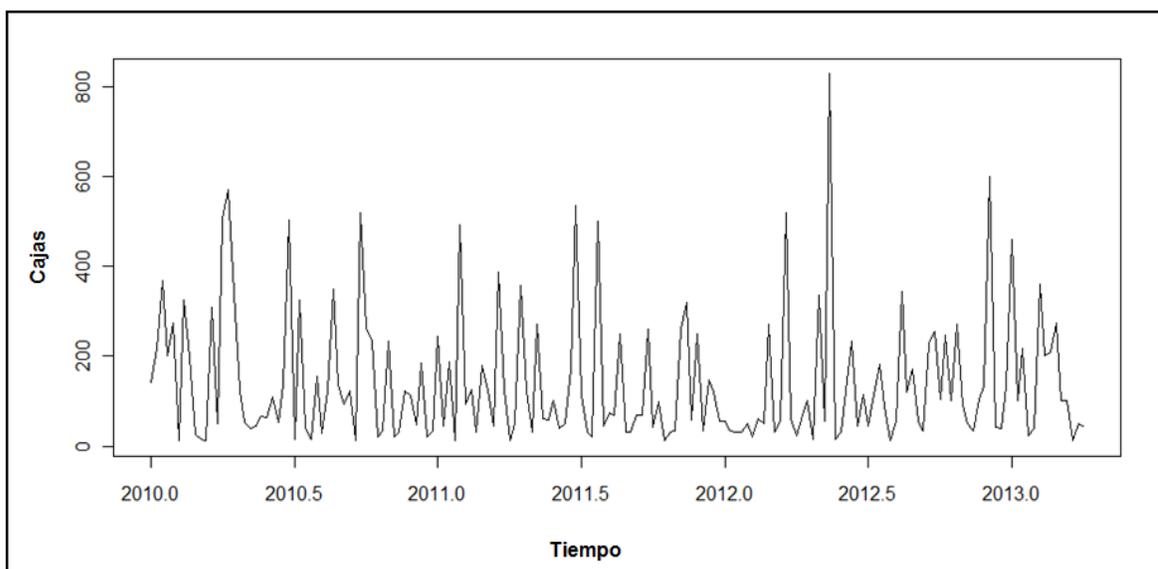


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 12 ESPARADRAPO PAPEL 1

Este producto representa el 3 % de las ventas de la compañía, la serie de datos de este producto es la siguiente:

Gráfico 3. 34 Ventas Esparadrapo Papel 1



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo que mejor se ajustó a esta serie es un **Sarima (0,1,1)(0,1,1)**, como paso previo, se aplicó logaritmo y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria. Los resultados de R son:

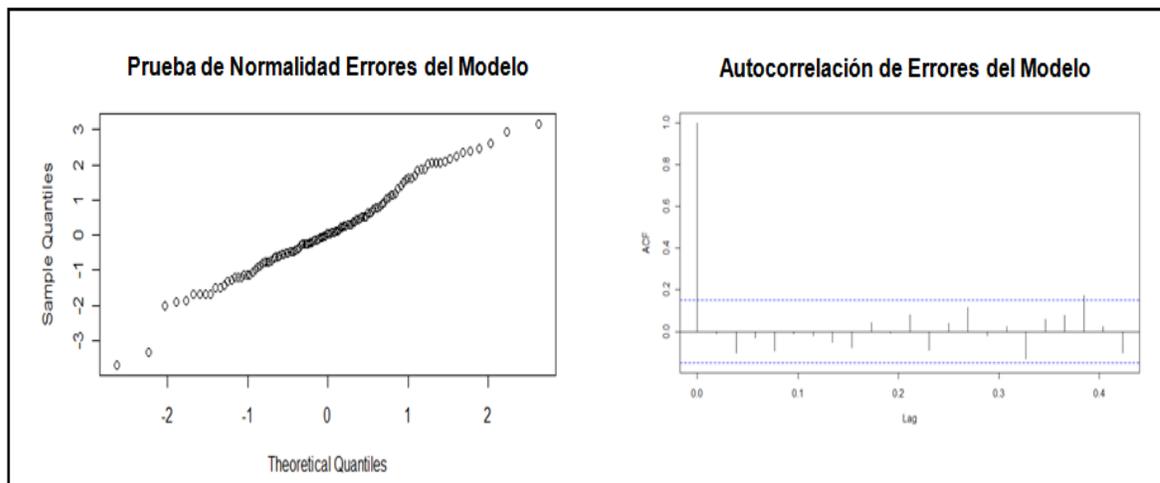
Tabla 3. 15 Resultados R – Esparadrapo Papel 1

Pruebas	Resultado
AIC	419.41
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	1.2774
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.2266
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.8715

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

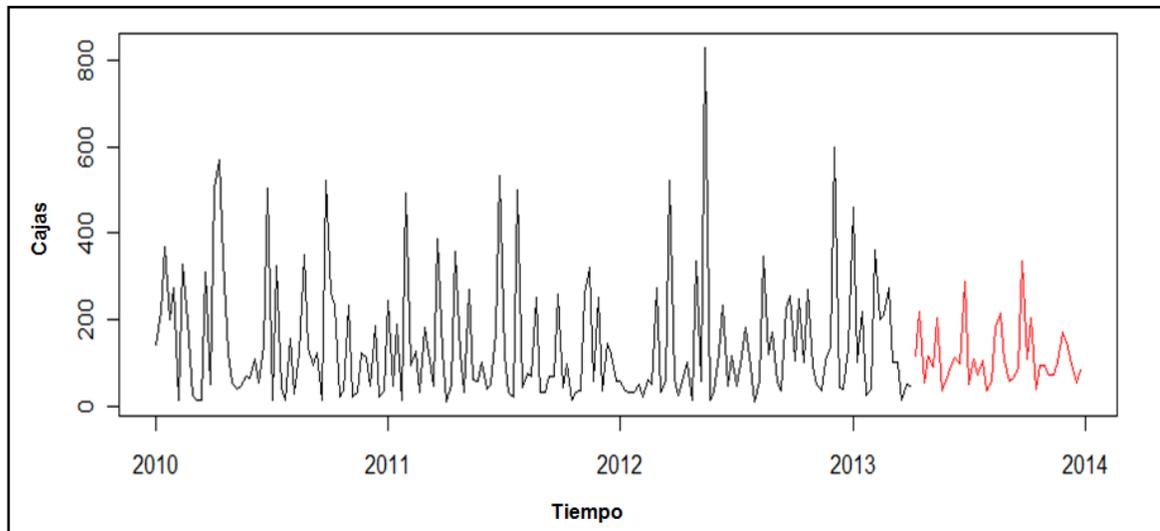
Gráfico 3. 35 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esparadrapo Papel 1



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 36 Pronóstico Esparadrapo Papel 1

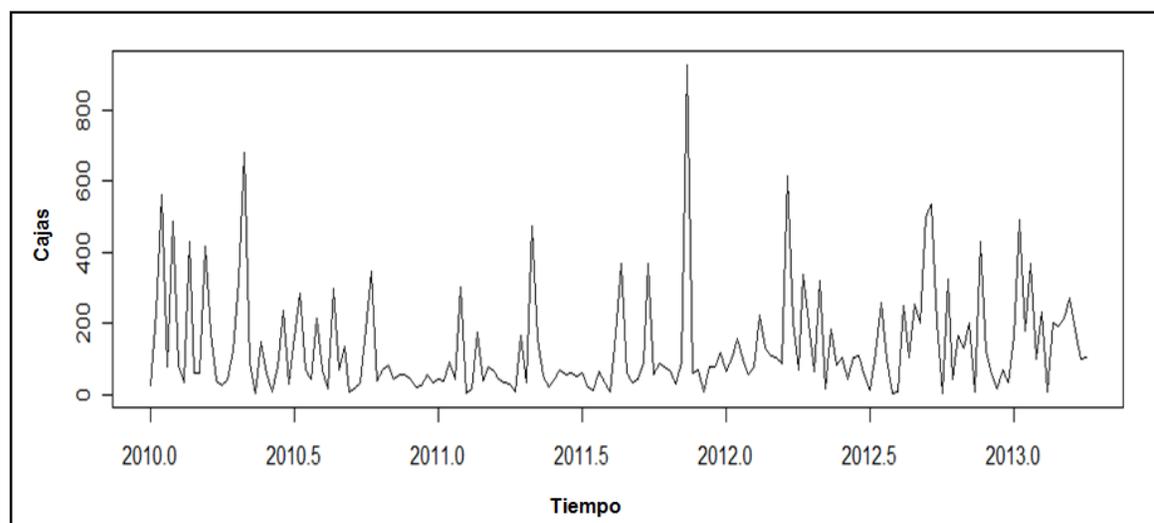


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 13 ESPARADRAPO PAPEL 2

Este producto representa el 5 % de las ventas de la compañía, la serie de datos de este artículo es la siguiente:

Gráfico 3. 37 Ventas Esparadrapo Papel 2



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Un **Sarima (0,1,1)(0,1,1)**, es el modelo que mejor se ajustó a esta serie, también se aplicó logaritmo y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

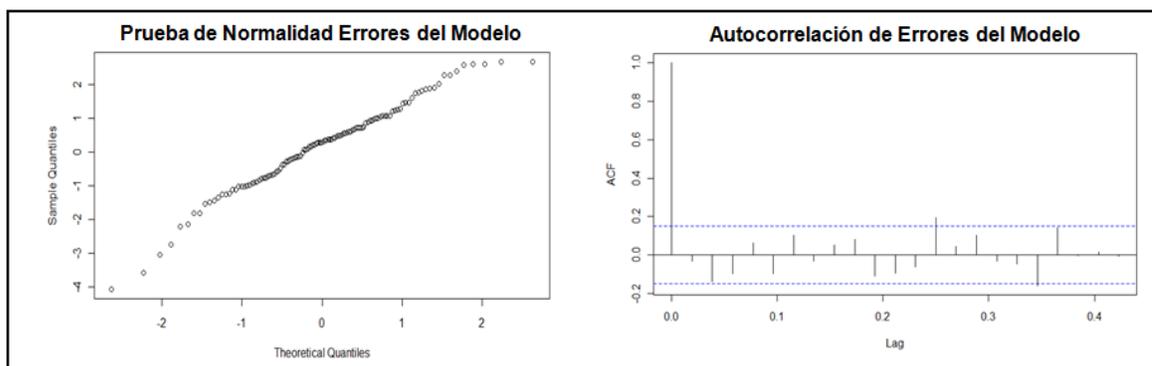
Tabla 3. 16 Resultados R – Esparadrupo Papel 2

Pruebas	Resultado
AIC	418.42
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	1.3118
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.0613
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.663

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

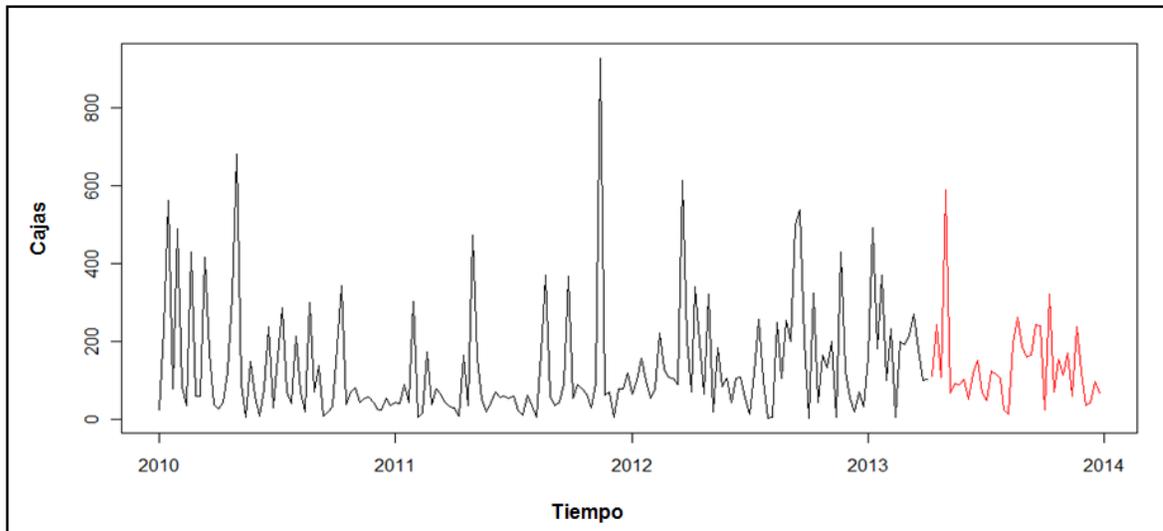
Gráfico 3. 38 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esparadrupo Papel 2



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 39 Pronostico Esparadrapo Papel 2

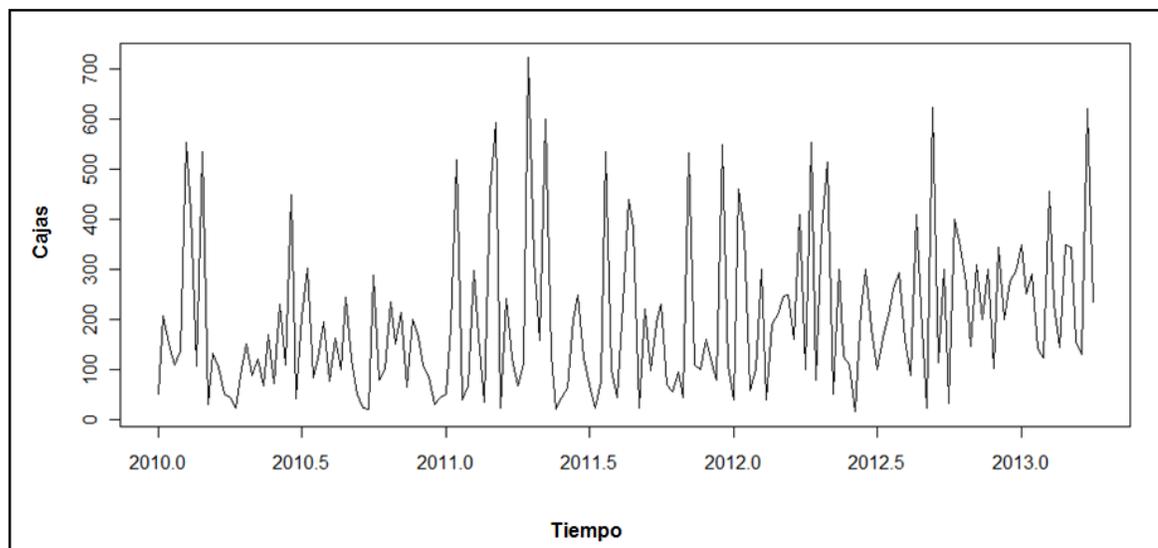


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 14 ESPARADRAPO PAPEL 3

Este producto significa el 6% de las ventas de la compañía, la serie de datos de este artículo es la siguiente:

Gráfico 3. 40 Ventas Esparadrapo Papel 3



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo **Sarima (0,1,1)(0,1,1)** es el modelo que mejor se ajustó a esta serie, se utilizó también logaritmo y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

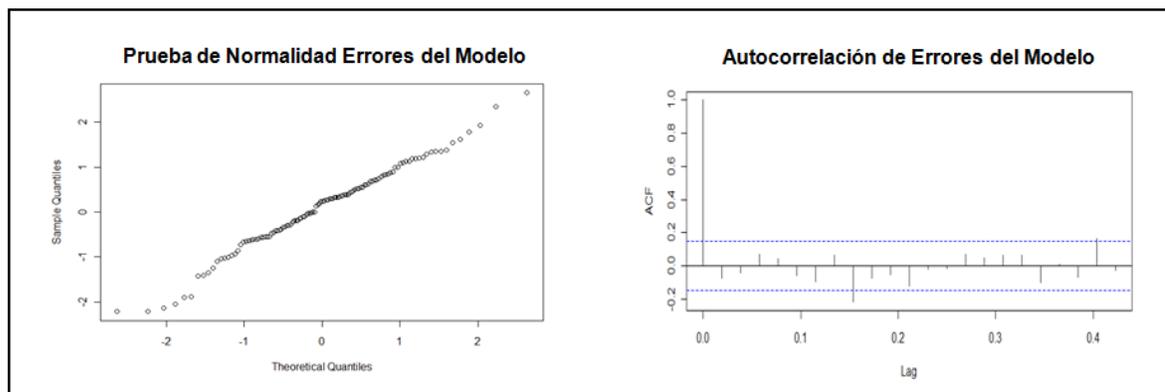
Tabla 3. 17 Resultados R – Esparadrapo Papel 3

Pruebas	Resultado
AIC	355.23
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	0.9137
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.3930
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.3529

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

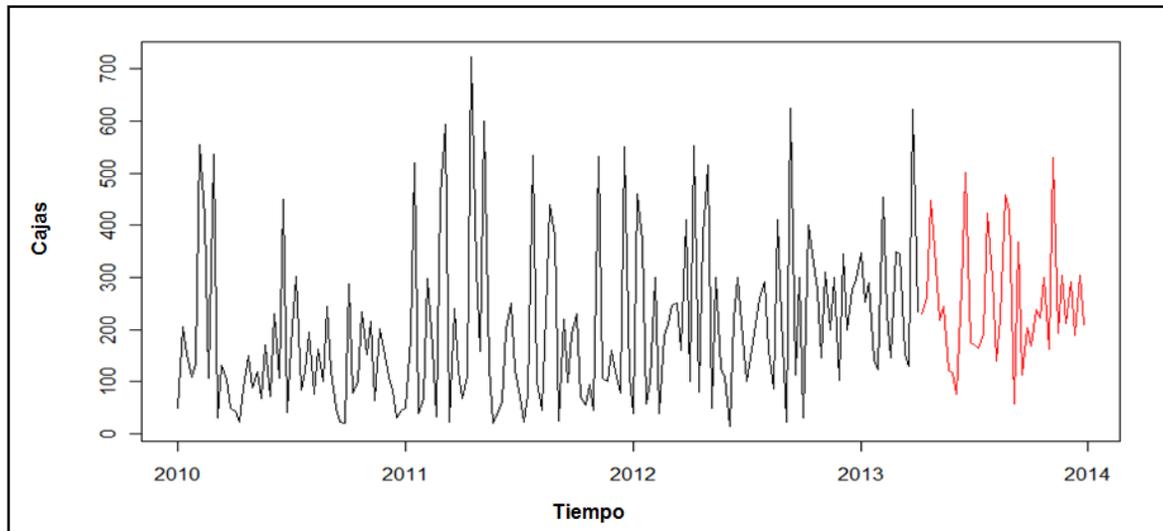
Gráfico 3. 41 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esparadrapo Papel 3



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 42 Pronostico Esparadrapo Papel 3

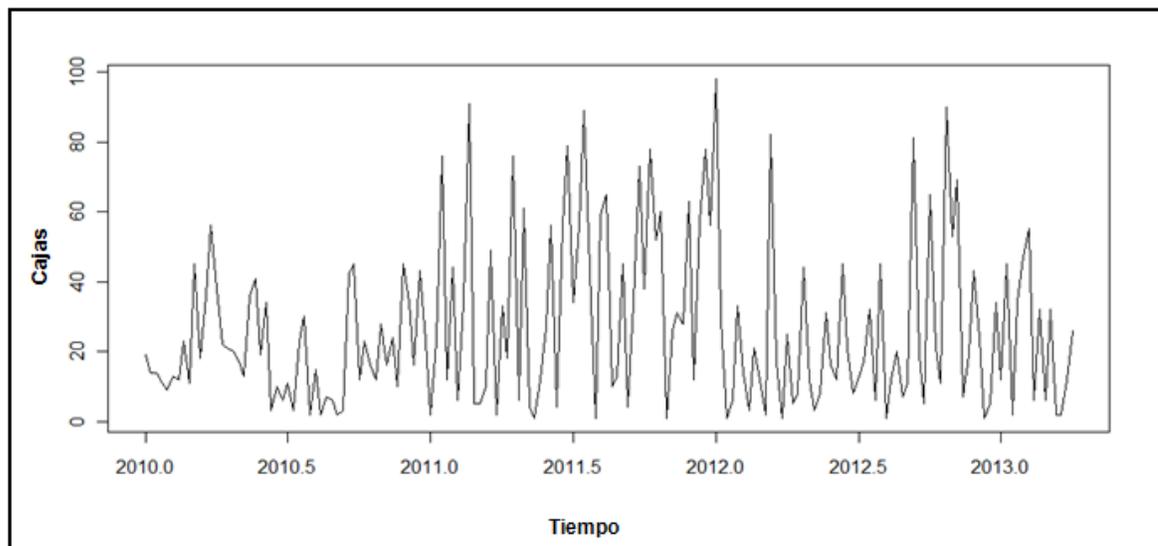


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 15 ESTERI 1292

Esteri 1292 representa el 5% de las ventas de la compañía, la serie de datos de este artículo es la siguiente:

Gráfico 3. 43 Ventas Esteri 1292



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Un modelo **Sarima (0,1,1)(0,1,1)** es el modelo que mejor se ajustó a esta serie, para obtener este modelo se utilizó también logaritmo y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

En R se obtuvieron los siguientes resultados:

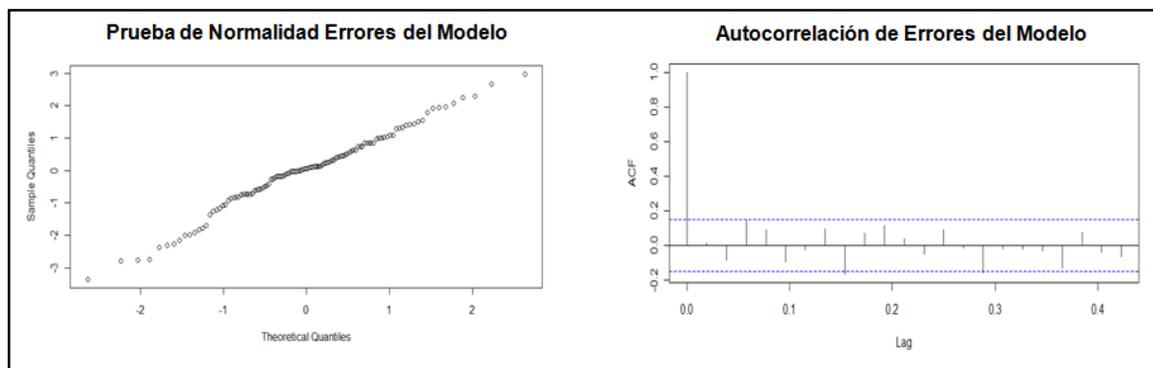
Tabla 3. 18 Resultados R – Esteri 1292

Pruebas	Resultado
AIC	445.99
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	1.209
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.1956
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.8503

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

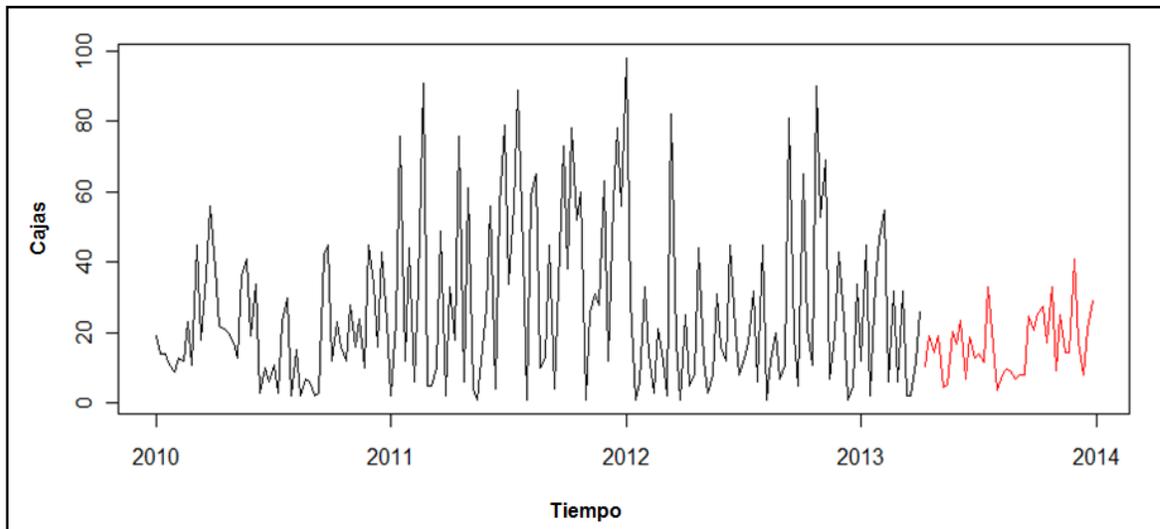
Gráfico 3. 44 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1292



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 45 Pronóstico Esteri 1292

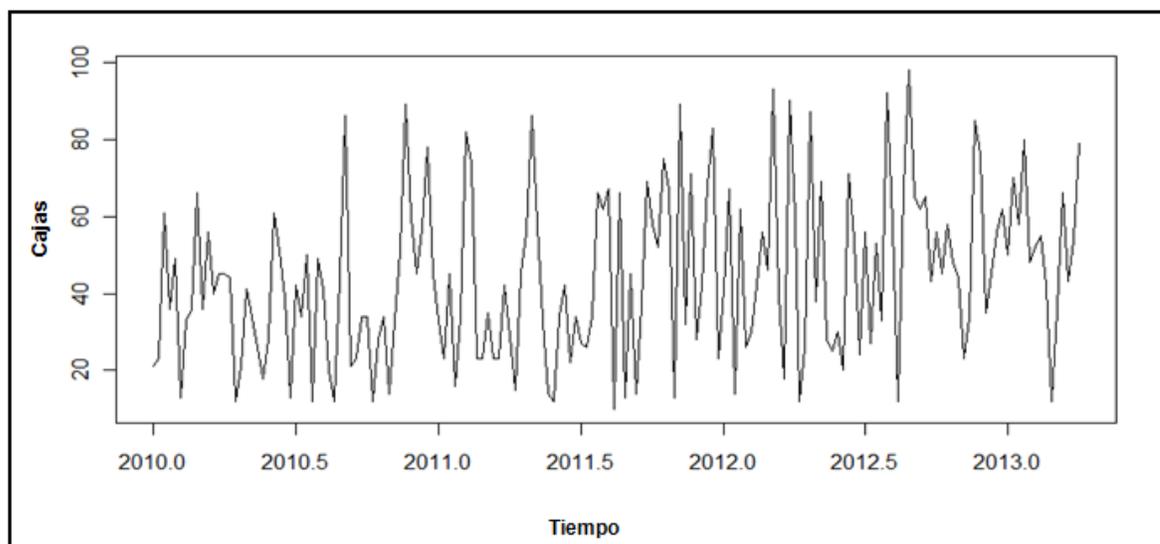


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 16 ESTERI 1250

Este producto representa el 3% de las ventas de la compañía, la serie de datos de este artículo es la siguiente:

Gráfico 3. 46 Ventas Esteri 1250



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo que mejor se ajustó a esta serie es un **Sarima (2,1,0)(1,1,0)**, para obtener este modelo se aplicó logaritmo y se efectuó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

En R se obtuvieron los siguientes resultados:

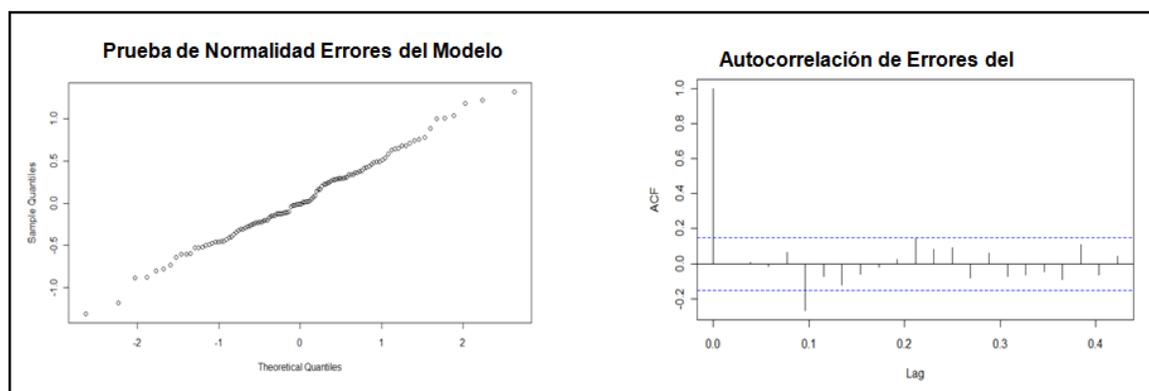
Tabla 3. 19 Resultados R - Esteri 1250

Pruebas	Resultado
AIC	243.61
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	0.5034
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.8292
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.9908

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

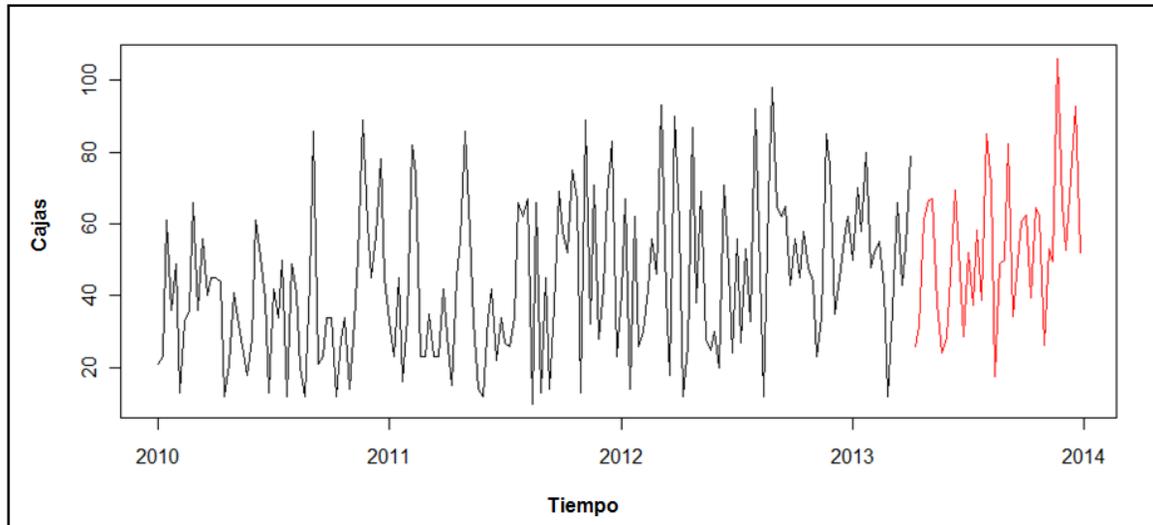
Gráfico 3. 47 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1250



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 48 Pronóstico Esteri 1250

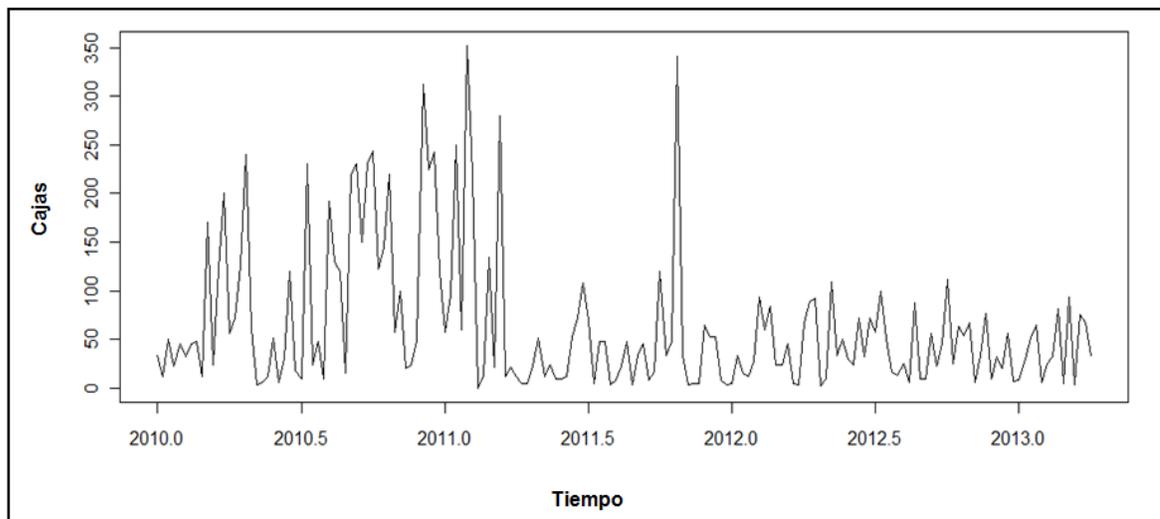


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 17 ESTERI 1224

Este artículo representa el 3% de las ventas de la empresa, la serie de datos de este artículo es la siguiente:

Gráfico 3. 49 Ventas Esteri 1224



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El modelo que mejor se ajustó a esta serie es un **Sarima (3,1,0)(1,1,0)**, para obtener este modelo efectuó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria. Los resultados obtenidos en R son los siguientes:

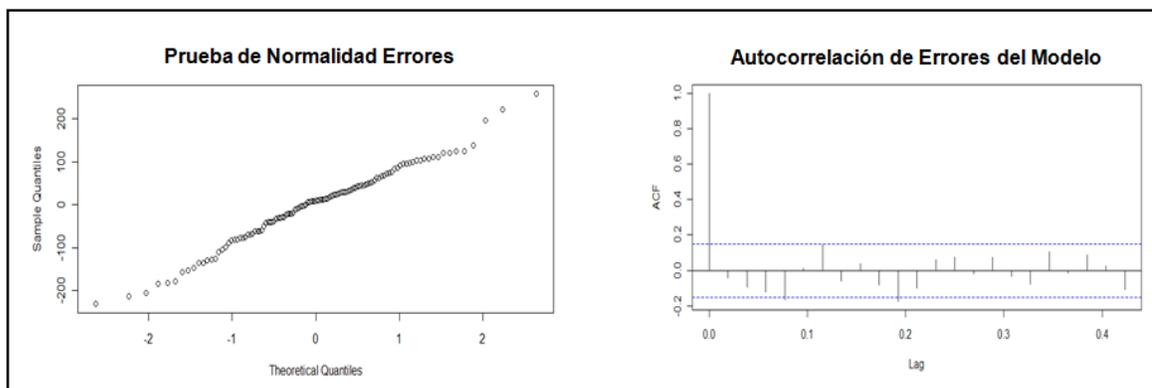
Tabla 3. 20 Resultados R – Esteri 1224

Pruebas	Resultado
AIC	1407.4
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	90.08
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.2709
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.5986

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

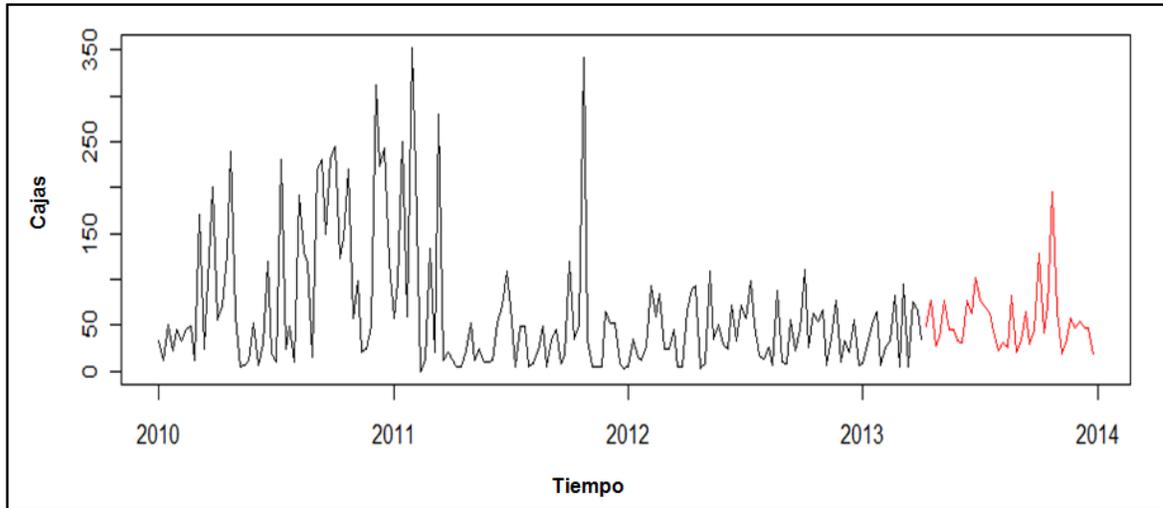
Gráfico 3. 50 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1224



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 51 Pronóstico Esteri 1224

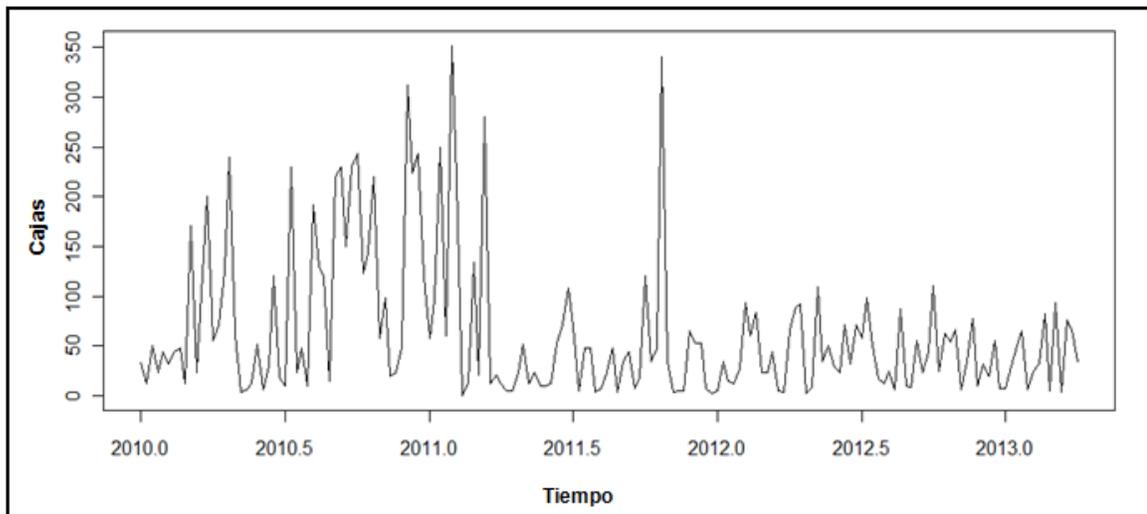


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 18 ESTERI 1322

Esteri 1322 es uno de los productos más representativos de la empresa, representa el 7% de las ventas, la serie de datos de este artículo es la siguiente:

Gráfico 3. 52 Ventas Esteri 1322



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Un **Sarima (0,1,2)(0,1,1)**, es el modelo que mejor se ajusta a la serie, en este modelo se aplicó logaritmo y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria. Los resultados obtenidos en R son los siguientes:

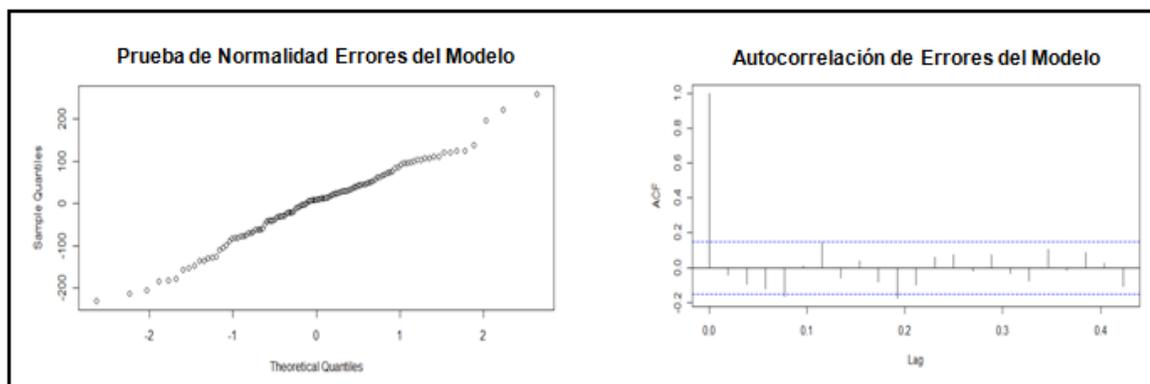
Tabla 3. 21 Resultados R – Esteri 1322

Pruebas	Resultado
AIC	434.6
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	1.1471
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.7078
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.8696

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

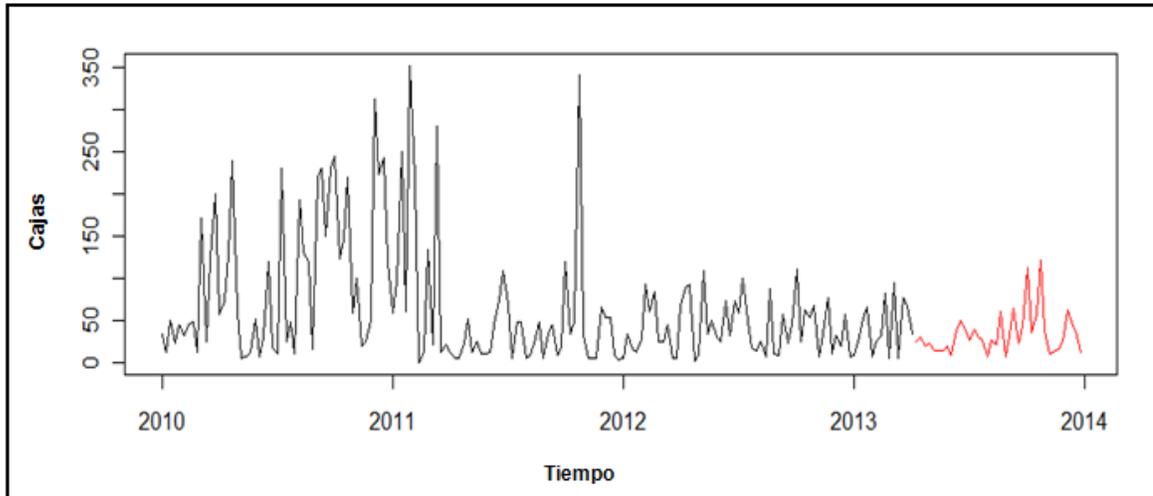
Gráfico 3. 53 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1322



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 54 Pronóstico Esteri 1322

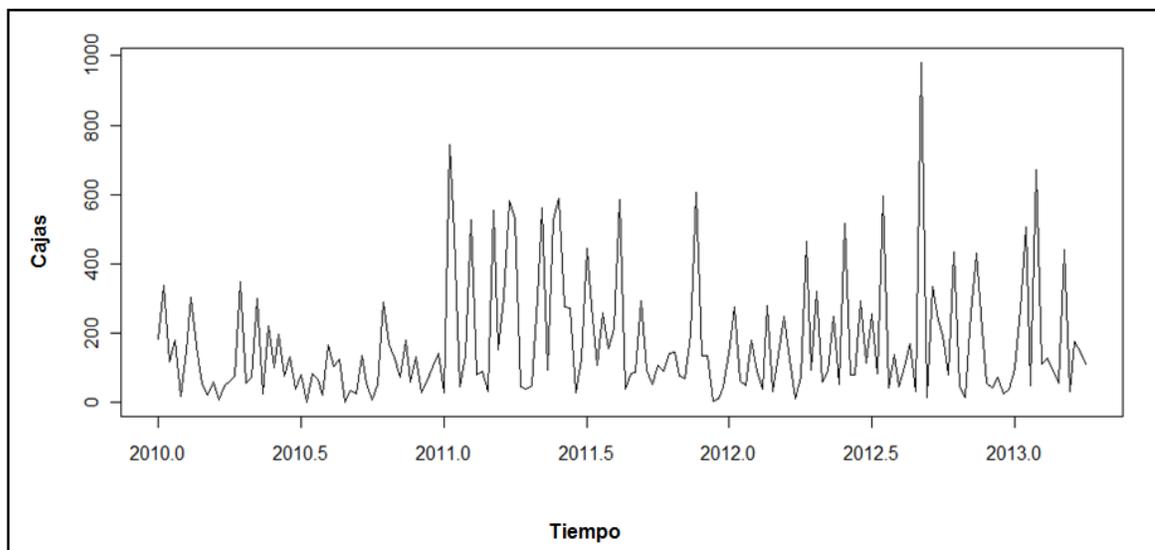


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 19 ESTERI 4100

Este producto representa el 4% de las ventas, la serie de datos de este artículo es la siguiente:

Gráfico 3. 55 Ventas Esteri 4100



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Un **Sarima (0,1,2)(0,1,1)** es el modelo que aplicó a este modelo como mejor opción, también se utilizó logaritmo y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

Los resultados obtenidos en R son los siguientes:

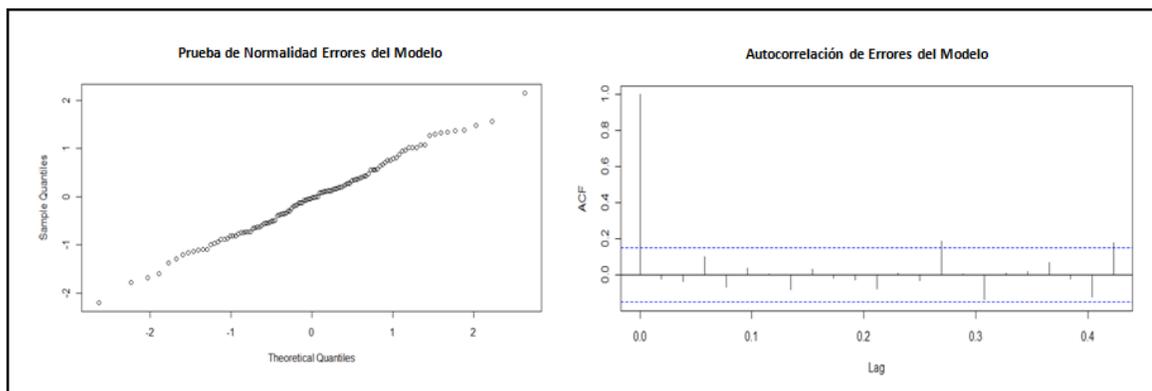
Tabla 3. 22 Resultados R – Esteri 4100

Pruebas	Resultado
AIC	419.56
Error de Pronóstico - Desviación Estandar	1.074
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.3809
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.8319

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

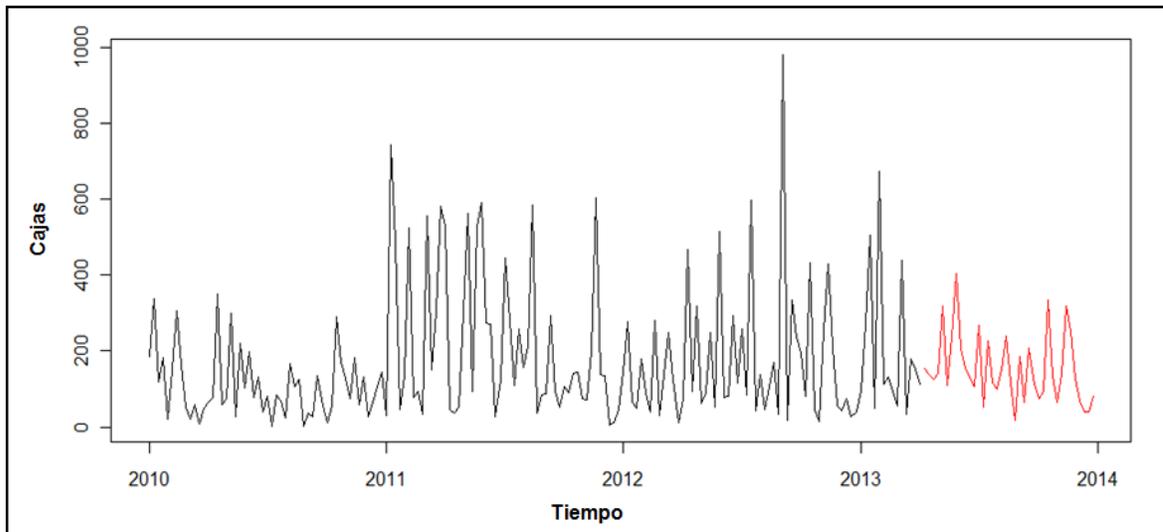
Gráfico 3. 56 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 4100



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 57 Pronóstico Esteri 4100

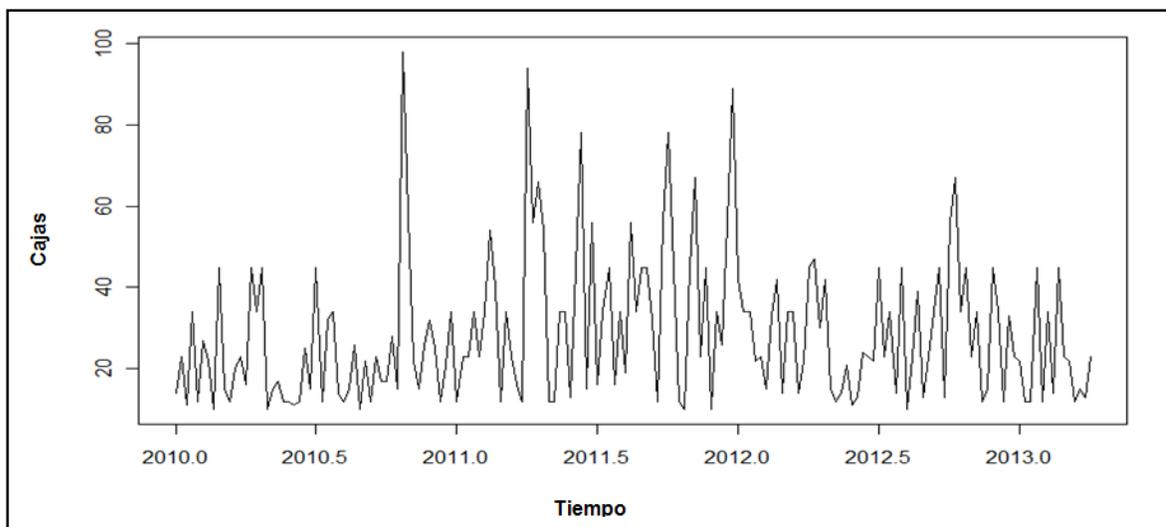


Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 20 ESTERI 1294

Este producto representa el 2% de las ventas para la empresa, la serie de datos de este artículo es la siguiente:

Gráfico 3. 58 Ventas Esteri 1294



Elaborado por: Jacqueline Coronel

El mejor modelo para esta serie de datos es un Sarima **(0,1,2)(0,1,1)** en el proceso también se empleó logaritmos y se realizó una diferenciación normal y una estacional para convertir a la serie de tiempo en una serie estacionaria.

En R, los resultados obtenidos son los siguientes:

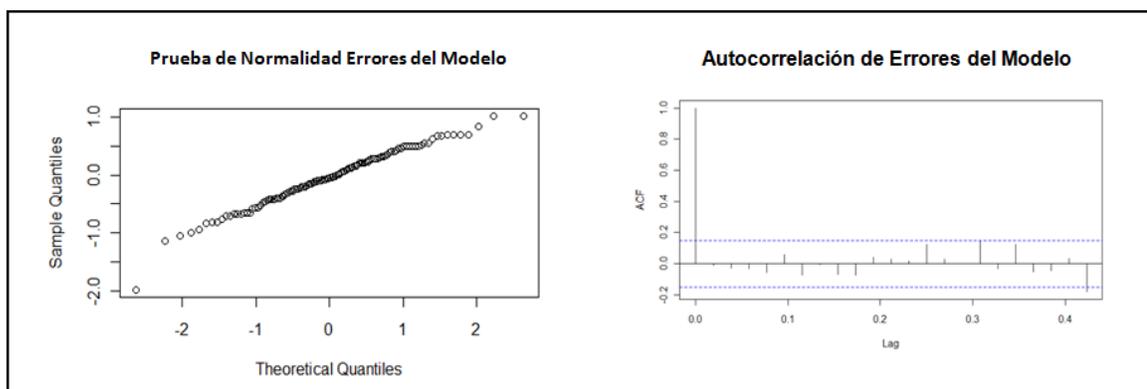
Tabla 3. 23 Resultados R – Esteri 1294

Pruebas	Resultado
AIC	434.6
Prueba de Normalidad de errores - Shapiro.Test	0.7078
Prueba de Autocorrelación de errores Box.Test	0.8696

Elaborado por: Jacqueline Coronel

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas, en donde se cumplen los supuestos de los modelos de series de tiempo.

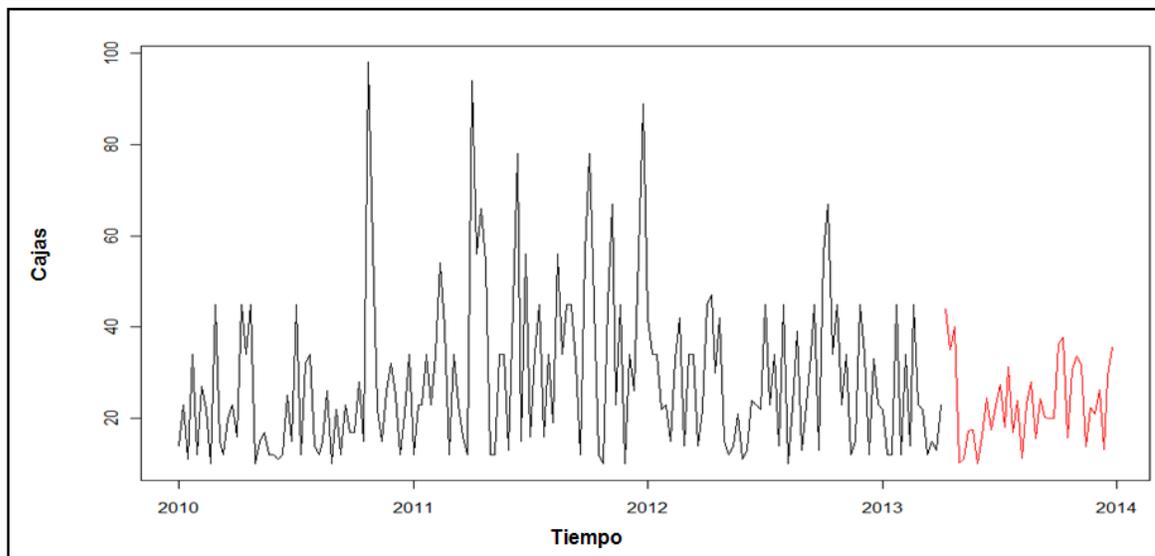
Gráfico 3. 59 Prueba De Normalidad Y Autocorrelación Esteri 1294



Elaborado por: Jacqueline Coronel

Los resultados de los pronósticos obtenidos son los que se muestran a continuación:

Gráfico 3. 60 Pronóstico Esteri 1294



Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.3. 21 RESUMEN DE PRONÓSTICOS OBTENIDOS

En la siguiente tabla se resumen los pronósticos de los 20 artículos con categorización A para las 38 semanas restantes del año.

Tabla 3. 24 Resumen de Pronósticos Obtenidos en R de la semana 15 a la 27 (cajas)

Producto	t15	t16	t17	t18	t19	t20	t21	t22	t23	t24	t25	t26	t27
APOSITO 3584	570	164	558	131	138	92	160	104	278	222	264	191	227
APOSITO 3590	33	28	53	46	60	27	34	33	25	55	49	60	26
APOSITO 3591	61	34	48	48	26	25	25	46	13	32	41	54	23
APOSITO 1624	63	84	62	24	43	21	24	57	198	61	90	110	63
APOSITO 1626	294	119	322	128	69	83	206	45	241	170	175	316	139
APOSITO TRANSPARENTE 2	53	29	49	142	45	49	38	39	29	56	60	87	75
APOSITO TRANSPARENTE 3	338	314	364	185	417	354	377	257	460	549	283	371	470
CARDIOLOGO 2560	133	59	179	161	187	118	89	227	130	266	236	72	173
CORTADORES	10	12	8	12	12	4	15	10	14	20	12	4	11
DESINFECTANTE	48	44	16	32	23	19	31	21	41	25	25	39	37
ESPARADRAPO PAPEL 1	115	217	52	115	92	203	35	57	94	112	97	289	50
ESPARADRAPO PAPEL 2	111	245	108	589	69	94	90	105	54	120	152	69	51
ESPARADRAPO PAPEL 3	230	260	447	356	218	245	121	117	76	281	501	174	171
ESTERI 1250	26	31	61	67	67	38	24	28	45	70	47	29	52
ESTERI 1292	10	19	14	19	4	5	20	17	23	7	19	13	14
ESTERI 1322	46	104	60	60	117	64	46	73	118	30	93	89	68
ESTERI 4100	156	138	126	143	318	110	236	404	209	154	132	106	270
DRAPE 1050	25	12	22	1	29	16	55	20	19	17	23	46	40
ESTERI 1224	49	78	28	37	78	44	45	33	32	77	63	101	76
ESTERI 1294	4	4	4	2	2	2	3	3	2	3	3	3	3

Elaborado por: Jacqueline Coronel

Tabla 3. 25 Resumen de Pronósticos Obtenidos en R de la semana 28 a la 40 (cajas)

Producto	t28	t29	t30	t31	t32	t33	t34	t35	t36	t37	t38	t39	t40
APOSITO 3584	67	316	69	158	169	160	160	492	177	128	316	437	149
APOSITO 3590	70	66	45	42	41	37	73	45	54	38	53	17	67
APOSITO 3591	38	26	46	29	34	43	32	68	34	19	52	47	39
APOSITO 1624	97	30	53	68	66	111	77	129	94	31	131	94	67
APOSITO 1626	42	165	37	24	76	86	169	476	60	148	377	383	35
APOSITO TRANSPARENTE 2	42	102	41	18	24	58	75	44	67	46	26	71	16
APOSITO TRANSPARENTE 3	231	552	379	309	450	416	402	262	339	308	263	338	330
CARDIOLOGO 2560	132	331	76	86	204	54	117	344	140	87	202	115	139
CORTADORES	5	16	7	3	3	4	9	8	8	10	11	10	13
DESINFECTANTE	27	43	29	67	40	40	41	52	60	39	35	27	32
ESPARADRAPO PAPEL 1	107	72	106	35	57	182	213	106	57	63	85	334	107
ESPARADRAPO PAPEL 2	125	118	106	26	16	195	264	187	162	167	244	242	26
ESPARADRAPO PAPEL 3	164	191	422	298	140	221	459	428	57	368	113	203	168
ESTERI 1250	38	58	39	85	71	17	49	50	82	34	50	61	63
ESTERI 1292	12	33	16	4	8	10	9	7	8	8	25	21	25
ESTERI 1322	47	17	139	8	57	64	86	14	50	13	7	20	242
ESTERI 4100	53	226	118	102	152	240	119	18	185	65	209	115	76
DRAPE 1050	12	30	27	44	14	9	12	21	21	23	9	11	27
ESTERI 1224	70	62	44	22	30	27	83	20	33	64	29	45	128
ESTERI 1294	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4

Elaborado por: Jacqueline Coronel

Tabla 3. 26 Resumen de Pronósticos Obtenidos en R de la semana 41 a la 52 (cajas)

Producto	t41	t42	t43	t44	t45	t46	t47	t48	t49	t50	t51	t52
APOSITO 3584	302	276	360	146	338	124	257	236	382	251	162	120
APOSITO 3590	110	32	49	46	52	79	28	125	36	41	49	76
APOSITO 3591	32	30	61	29	75	27	26	45	24	45	33	89
APOSITO 1624	327	99	211	36	63	47	55	140	90	98	83	57
APOSITO 1626	139	137	252	172	416	68	170	182	208	121	46	52
APOSITO TRANSPARENTE 2	27	72	50	34	111	17	36	45	153	40	37	29
APOSITO TRANSPARENTE 3	253	632	297	263	264	203	312	176	337	436	432	247
CARDIOLOGO 2560	101	174	143	53	102	59	79	37	65	49	78	164
CORTADORES	15	4	10	11	4	14	9	7	20	5	2	9
DESINFECTANTE	42	40	49	68	45	25	42	35	35	72	21	57
ESPARADRAPO PAPEL 1	202	40	92	92	74	72	99	170	149	97	52	81
ESPARADRAPO PAPEL 2	323	72	154	114	171	61	237	122	37	44	98	70
ESPARADRAPO PAPEL 3	239	222	300	162	529	194	304	211	291	189	304	210
ESTERI 1250	40	65	62	26	53	50	106	66	53	73	93	52
ESTERI 1292	28	17	33	9	25	14	14	41	18	8	21	29
ESTERI 1322	51	8	16	105	11	95	76	54	42	61	142	32
ESTERI 4100	94	336	135	66	140	319	253	129	70	40	40	81
DRAPE 1050	15	37	46	26	65	7	7	25	31	3	10	4
ESTERI 1224	42	69	195	65	18	34	58	48	54	48	47	18
ESTERI 1294	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4

Elaborado por: Jacqueline Coronel

Tabla 3. 27 Resumen de modelos utilizados en los códigos analizados

Producto	Modelo	Parámetros	AIC	Shapiro Test	Box Test	Desv. Estándar
Apósito 1624	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	433.74	0.47	0.20	1.32
Apósito 1626	SARIMA	(0,1,1),(1,1,0)	428.82	0.45	0.29	1.37
Apósito 3584	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	394.52	0.29	0.47	0.96
Apósito 3590	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	349.11	0.98	0.76	0.80
Apósito 3591	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	318.24	0.75	0.41	0.70
Apósito Transparente 2	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	428.63	0.21	0.93	1.29
Apósito Transparente 3	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	289.17	0.17	0.31	0.61
Cardiológico 2560	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	318.24	0.75	0.41	0.83
Cortadores	SARIMA	(3,1,0),(0,1,0)	407.19	0.40	0.65	1.21
Desinfectante	SARIMA	(0,1,4),(1,1,0)	305.21	0.38	0.94	0.77
Drape 1050	SARIMA	(2,1,0),(1,1,0)	426.17	0.15	0.74	13.19
Esparadrapo Papel 1	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	419.41	0.23	0.87	1.28
ESparadrapo Papel 2	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	418.42	0.06	0.66	1.31
ESparadrapo Papel 3	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	355.23	0.39	0.35	0.91
Esteri 1292	SARIMA	(0,1,1),(0,1,1)	445.99	0.20	0.85	1.21
Esteri 1250	SARIMA	(2,1,0),(1,1,0)	243.61	0.83	0.99	0.50
Esteri 1224	SARIMA	(3,1,0),(1,1,0)	1407.4	0.27	0.60	90.08
Esteri 1322	SARIMA	(0,1,2),(0,1,1)	434.6	0.71	0.87	1.15
Esteri 4100	SARIMA	(0,1,2),(0,1,1)	419.56	0.38	0.83	1.07
Esteri 1294	SARIMA	(0,1,2),(0,1,1)	434.6	0.25	0.65	0.21

Elaborado por: Jacqueline Coronel

3. 4 CÁLCULO DE LA POLÍTICA DE INVENTARIO

Para el cálculo de la Política de Inventario utilizaremos un **modelo MRP** para determinar el calendario programado de colocaciones de órdenes de compra. La metodología utilizada requiere el análisis de la información relacionada con los períodos de reposición, lead times, costos unitarios, costos de compra y holding costos de cada uno de los productos que fueron analizados en los modelos de pronósticos.

Para determinar la Política de Inventario se desarrollará un modelo de programación entera mixta utilizando el software GAMS

3.4. 1 ÍNDICES DEL MODELO

El modelo contempla los siguientes conjuntos:

Tabla 3. 28 Conjuntos del modelo

Conjuntos	Descripción
(i)	Productos
(t)	Períodos

Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.4.1. 1 PRODUCTOS

Este conjunto hace referencia a los 20 códigos de productos que fueron identificados como categoría A y para los cuales se calculó los pronósticos respectivos.

3.4.1. 2 PERÍODOS

Es el tiempo para el cual se calcularon los pronósticos. Se considera un horizonte de 38 semanas, iniciando en la semana 15 hasta llegar a la semana 52.

3. 5 PARÁMETROS DEL MODELO

Los parámetros considerados para el cálculo del modelo matemático son:

Tabla 3. 29 Parámetros del Modelo Matemático

Código	Descripción
$demanda(i,t)$	Demanda del producto (i) en el período (t)
$lead_time(i)$	Lead time del producto (i)
$inv_inicial(i)$	Inventario inicial del producto (i)
$costo_unitario(i)$	Costo unitario del producto (i)
$costo_compra(i)$	Costo de realizar una compra del producto (i)
$holding_cost(i)$	Costo de almacenamiento del producto (i)

Elaborado por: Jacqueline Coronel

3.5. 1 DEMANDA

Cantidad que se estima vender de cada uno de los productos conforme al pronóstico. Estos datos se muestran en las tablas 3.24, 3.25 y 3.26

3.5. 2 LEAD TIME

Tiempo necesario para que un producto esté disponible (incluye tiempo desde que se coloca la orden, tiempo en tránsito y conversión).

3.5. 3 INVENTARIO INICIAL

Es el stock disponible al momento de colocar una orden.

3.5. 4 COSTO UNITARIO

Es el costo de adquisición de cada unidad de producto.

3.5. 5 COSTO DE COMPRA

Son los costos asociados a todo el proceso de realizar una compra (sueldos del departamento de compras, materiales utilizados, etc.)

3.5. 6 HOLDING COST

Es el costo que se genera por almacenamiento del producto.

Los valores de los parámetros considerados en el modelo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. 30 Parámetros del Modelo Matemático
Tabla 3.29
Parámetros de Modelo Matemático

Producto	Leadtime (Semanas)	Inv. Inicial (Cajas)	Costo Unitario	Costo de Compra	Holding Cost
Aposito1624	6	1426	\$ 12,06	\$ 32,50	\$ 0,28
Aposito1626	6	81	\$ 13,70	\$ 32,50	\$ 0,28
Aposito3584	6	152	\$ 18,84	\$ 32,50	\$ 0,28
Aposito3590	6	159	\$ 28,90	\$ 32,50	\$ 0,28
Aposito3591	6	736	\$ 32,41	\$ 32,50	\$ 0,28
Apositotransparente2	6	132	\$ 5,57	\$ 32,50	\$ 0,28
Apositotransparente3	6	844	\$ 5,59	\$ 32,50	\$ 0,28
Cardiologico2560	6	334	\$ 5,92	\$ 32,50	\$ 0,28
Cortadores	6	26	\$ 133,80	\$ 32,50	\$ 0,28
Desinfectante	9	121	\$ 20,78	\$ 32,50	\$ 0,28
Esteri4100	9	1145	\$ 8,10	\$ 32,50	\$ 0,28
Esteri1322	6	278	\$ 7,24	\$ 32,50	\$ 0,28
Esteri1294	6	576	\$ 97,00	\$ 32,50	\$ 0,28
Esteri1292	6	65	\$ 48,85	\$ 32,50	\$ 0,28
Esteri1224	9	80	\$ 7,83	\$ 32,50	\$ 0,28
Esparadrapopapel3	6	114	\$ 6,35	\$ 32,50	\$ 0,28
Esparadrapopapel2	6	390	\$ 6,20	\$ 32,50	\$ 0,28
Esparadrapopapel1	6	63	\$ 6,15	\$ 32,50	\$ 0,28
Drape1050	6	122	\$ 31,21	\$ 32,50	\$ 0,28
Esteri1250	6	10	\$ 11,81	\$ 32,50	\$ 0,28

Elaborado por: Jacqueline Coronel

3. 6 VARIABLES DEL MODELO

Se han considerado las siguientes variables para poder representar mediante un modelo matemático el problema que se necesita evaluar. Las variables definidas en el estudio son las siguientes:

Tabla 3. 31 Variables del Modelo

Código	Descripción
$x(i,t)$	Cantidad a comprar de producto (i) en el período (t).
$y(i,t)$	Variable binaria que determina si la orden del producto (i) es colocada en el período (t).
$s(i,t)$	Inventario del producto (i) en el período (t).

Elaborado por: Jacqueline Coronel

3. 7 FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

El planteamiento del modelo matemático para determinar la política de inventario, considera las siguientes ecuaciones:

Función Objetivo:

$$\begin{aligned} \text{Min}Z = & \sum_i \sum_t (\text{Costo_unitario}(i) * x(i,t)) + \sum_i \sum_t ((\text{Costo_compra}(i) * y(i,t)) \\ & + \sum_i \sum_t ((\text{Holding_cost}(i) * s(i,t))) \end{aligned}$$

Restricciones:

- 1) Control de Inventarios para períodos mayores al lead time. Inventario Inicial mas las compras realizadas, debe ser igual a la demanda del período más el inventario final.

$$s(i, t - 1) + x(i, t - lead_time(i)) = demanda(i, t) + s(i, t) \quad \forall i, t > lead_time(i)$$

- 2) Control de Inventarios para períodos menores al lead time. Inventario Inicial, debe ser igual a la demanda del período mas el inventario final.

$$s(i, t - 1) = demanda(i, t) + s(i, t) \quad \forall i, t < lead_time(i)$$

- 3) Conservación de Flujo. Se realizan las compras de producto (i) en el período (t), si y solo si la variable $y(i, t)$ toma el valor de 1

$$x(i, t) < 100000 * y(i, t) \quad \forall i, t$$

3. 8 PLAN PROGRAMADO DE COLOCACIÓN DE ÓRDENES (POLITICA DE INVENTARIO PARA PRODUCTOS A)

En las siguientes tablas se muestra el Plan Programado de Colocación de Ordenes determinado para los 20 productos que conformar la categoría A y cuyos pronósticos de ventas fueron determinados utilizando el programa R estudio.

Este Plan determina la cantidad a ordenar por cada producto; así como también establece cuando la orden debe de ser colocada para no generar quiebres de stock y sobre costos por almacenamiento.

Tabla 3. 32 Plan Programado de Colocación de Órdenes de Compra de la Semana 9 a la Semana 27

PLAN PROGRAMADO DE COLOCACION DE ORDENES - CANTIDAD A ORDENAR EN CAJAS																			
Productos	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16	t17	t18	t19	t20	t21	t22	t23	t24	t25	t26	t27
APOSITO 3584					229		264		278	222	264	191	294		385		158	169	160
APOSITO 3590			79		87		92			104		86		136		87			78
APOSITO 3591			39		76			91			118			64		109			74
APOSITO 1624			75		87			57	259		90	173		180			134		188
APOSITO 1626				198		83	252		241	170	175	316	182		227				161
APOSITO TRANSPARENTE 2				187		87		68		116		87	116		162				83
APOSITO TRANSPARENTE 3			172	185	417	354	377	257	460	549	283	371	470	231	552	379	309	450	416
CARDIOLOGO 2560			38	161	187	207		227	130	266	309		173	132	407		86	258	
CORTADORES			16		40				51					66					
DESINFECTANTE	62			52		91			103			72		107			81		112
ESPARADRAPO PAPEL 1								41	338		179		198			182	213	163	
ESPARADRAPO PAPEL 2		186		658		184		158		120	152	119		125	118	147			195
ESPARADRAPO PAPEL 3			362	356	218	245	121	193		281	501	174	171	164	191	422	298	140	221
ESTERI 1250			120		129			73		145			90		97		173		
ESTERI 1292				60				32		26		61					42		
ESTERI 1322		95		60	181		120		147		183		132			146		121	
ESTERI 4100			30	143	428		236	404	209	154	238		323		226	220		152	240
DRAPE 1050					43		111				120				57		79		
ESTERI 1224		69			122		110			139		101	146		128				57
ESTERI 1294			36													38			

Elaborado por: Jacqueline Coronel

Como se puede ver en el cuadro, la primera orden debe ser colocada en la semana 9, en las siguientes semanas debe empezarse a realizar la reposición de la mayor parte de los productos.

Tabla 3. 33 Plan Programado de Colocación de Órdenes de Compra de la Semana del 28 a la Semana 46

PLAN PROGRAMADO DE COLOCACION DE ORDENES - CANTIDAD A ORDENAR EN CAJAS																			
Productos	t28	t29	t30	t31	t32	t33	t34	t35	t36	t37	t38	t39	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
APOSITO 3584	160	492	177	128	316	437	149	302	276	360	146	338	124	257	236	382	251	162	120
APOSITO 3590	118		92		70		67	191			98	107		202				125	
APOSITO 3591		120			98		101			90		127			69		78		89
APOSITO 1624		129	124		131	161		426		247		165			230		98	140	
APOSITO 1626	169	536		148	377	418		139	137	252	172	484		170	182	208	219		
APOSITO TRANSPARENTE 2	119		139			115			157			129		81		193		65	
APOSITO TRANSPARENTE 3	402	262	339	308	263	338	330	253	632	297	263	264	203	312	176	337	436	432	247
CARDIOLOGO 2560	117	344	227		317		240		174	195		160		117		114		78	164
CORTADORES			39				80								43				
DESINFECTANTE	101			74		89		138			112			150					
ESPARADRAPO PAPEL 1	148		441		242		184		145		99	170	149	149		81			
ESPARADRAPO PAPEL 2	264	187	162	167	244	268		395		268		232		237	203			168	
ESPARADRAPO PAPEL 3	459	485		481		203	168	239	222	300	162	529	194	304	211	291	189	304	210
ESTERI 1250	99		117		110		102		153			103		172		126		145	
ESTERI 1292		71			87				54			66			50				
ESTERI 1322	100		89				317				116		95	130		104		175	
ESTERI 4100	137		250		209	191		94	336	201		140	319	253	199		80		81
DRAPE 1050		86					43		109			78			72				
ESTERI 1224	136			139			170		69	278			92		102		113		
ESTERI 1294									35										

Elaborado por: Jacqueline Coronel

El producto que necesita colocar órdenes todas las semanas es Apósito Transparente 3.

Los cortadores son el producto que requiere menos número de reposiciones (7 en el año)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Luego de realizar el análisis de toda la información obtenida para el estudio, se puede concluir lo siguiente:

1.- De los 205 códigos que posee la compañía, según la categorización ABC realizada, únicamente 20 artículos representan el 80% de las ventas, 48 códigos representan el 15% y 137 códigos representan apenas el 5% de las ventas.

La empresa debe realizar una racionalización de skus, de tal forma que el enfoque del análisis de las proyecciones de la demanda se concrete en los códigos que realmente aportan utilidad a la compañía.

2.- La compañía actualmente no cuenta con sistemas estadísticos formales para la determinación de la demanda, lo cual ha generado una planificación ineficiente del inventario y pérdidas en ventas de 84,676.81 en el año 2011 y 85,815.35 dólares en el año 2012 respectivamente.

El sistema de cálculo de pronóstico de la demanda que actualmente tiene la empresa debe ser cambiado

3.- El área de planeación de la empresa tiene como política colocar reposiciones de inventario una sola vez al mes (los últimos días), es decir, que la frecuencia de colocación de órdenes no se realiza conforme a la evolución de las ventas, es decir, que si se vende una cantidad representativa de producto en los primeros días del mes, la orden de reposición de dicho producto se colocará aproximadamente la tercera semana; con el largo lead time que tienen éstos artículos se pierde la

oportunidad de optimizar tiempo e inevitablemente se incurrirá en backorders, pérdida de venta e insatisfacción en el cliente.

4.- Con una planeación de la demanda más eficiente y utilizando un modelo MRP que permita determinar cuándo y cuánto ordenar considerando la evolución de las ventas y no únicamente un momento de tiempo determinado, se podrá aumentar la asertividad en la disponibilidad de inventario y la empresa ya no tendrá pérdida de ventas por este concepto.

4. 2 RECOMENDACIONES

Luego del desarrollo de este proyecto se sugieren las siguientes recomendaciones:

1.- La tendencia de las ventas suele variar con el tiempo, por ello es importante revisar la categorización de los productos cada tres meses, de tal forma que si algún producto tuvo un crecimiento sea considerado dentro de los códigos que son representativos para la venta, y de igual forma, si un código decreció y deja de ser importante para las ventas, debe ser excluido.

2.- Las reposiciones de inventario deben realizarse de acuerdo a la evolución de las ventas, una persona deberá administrar el modelo matemático de programación entera mixta, y será ella la encargada de colocar las órdenes con la frecuencia que sea necesaria, asegurando así un inventario saludable.

5. BIBLIOGRAFIA

Joffrey, C., & Vermorel, J. (2012). *Análisis ABC*.

López, S. (s.f.). *Control de Inventario y Aprovisionamiento*.

López, S. (s.f.). *Control de Inventario y Aprovisionamiento*.

Medina, J. (25 de Agosto del 2009). *Políticas de Inventario*.