

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICAS  
DEPARTAMENTO DE MATEMATICAS

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA”

TEMA

**PRONÓSTICO MULTIVARIADO CON SERIES DE TIEMPO  
APLICADOS AL CONSUMO DE PRODUCTOS QUÍMICOS DE UN  
CAMPO PETROLERO DEL ECUADOR**

AUTOR(ES)

SUSAN WENDY ORTEGA CALLE  
MARIO ALBERTO SANTACRUZ MORA

Guayaquil- Ecuador

AÑO

2014

# DEDICATORIA

A mi abuelo y a mi tía Betty, que me acompañan desde el cielo.

A mi abuelita Julia a quien amo tanto.

A Mario por ser mi compañero incondicional

**Susan Ortega Calle**

A mis padres, a mi familia, a mis hermanos.

A mi compañera de tesis por su empuje y esfuerzo

**Mario Santacruz Mora**

# **AGRADECIMIENTO**

A Dios por vigilar mi camino y otorgarme tantas bendiciones.

A mi familia, por su paciencia y cariño.

A mis directivos y compañeros de labores por su apoyo constante para que este trabajo salga a la luz.

**Susan Ortega Calle**

A Jehová Dios por guiar mi camino cada día y darme la fuerza en cada reto.

A las personas que aportaron directa e indirectamente al desarrollo del proyecto.

**Mario Santacruz Mora**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en esta Tesis de Graduación, nos corresponden 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.

---

**Ing. Mario Santacruz Mora**

---

**Ec. Susan Ortega Calle**

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

**Francisco Vera Alcívar Ph.D.**  
**DIRECTOR**

---

**M.Sc. Carlos Martín Barreiro**  
**VOCAL**

---

**MIM. Elkin Angulo Ramírez**  
**PRESIDENTE**

## Tabla de contenido

<b>CAPITULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES DEL PROYECTO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Objetivo .....	3
1.3 Alcance.....	3
1.4 Metodología.....	3
<b>CAPITULO 2</b> .....	<b>5</b>
<b>2. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL</b> .....	<b>5</b>
2.1 Entorno .....	5
2.2 Tratamientos y productos .....	6
2.2.1 Tratamiento Anti-incrustante.....	8
2.2.2 Tratamiento Biocida.....	9
2.2.3 Tratamiento Corrosión en Reinyección.....	10
2.2.4 Tratamiento de deshidratación .....	12
2.3 Modelo de compra actual, descripción de la problemática .....	14
<b>CAPITULO 3</b> .....	<b>17</b>
<b>3. MARCO TEORICO</b> .....	<b>17</b>
3.1 Enfoque para estimación de demanda .....	17
3.2 Clasificación de productos según su proceso.....	17
3.3 Métodos para la estimación de la demanda .....	18
3.4 Método Holt-Winters .....	18
3.5 Método Univariado (ARIMA).....	21
3.6 Método Multivariado .....	27
<b>CAPITULO 4</b> .....	<b>29</b>
4.1 TRATAMIENTO ANTI-INCRUSTANTE.....	30
4.1.1 Modelo Holtwinters – Antiescala.....	30
4.1.2 Modelo ARIMA – Antiescala .....	31
4.2 TRATAMIENTO BIOCIDAS.....	34
4.2.1 Modelo Holtwinters – BAC98THPS .....	34
4.2.2 Modelo ARIMA – BAC98THPS.....	35
4.3 TRATAMIENTO CORROSION EN RE-INYECCION .....	38
4.3.1 Modelo Holtwinters – IC957.....	38

4.3.2	Modelo ARIMA – IC957 .....	39
4.3.3	Modelo Holtwinters – IC1107.....	41
4.3.4	Modelo ARIMA– IC1107 .....	43
4.3.5	Modelo Multivariado – Tratamiento de Corrosión en Reinyección.....	45
4.4	TRATAMIENTO DESHIDRATACION .....	47
4.4.1	Modelo Holtwinters – CLARIFICADOR.....	47
4.4.2	Modelo ARIMA– CLARIFICADOR.....	48
4.4.3	Modelo Holtwinters – DEMULSIFICANTE .....	51
4.4.4	Modelo ARIMA – DEMULSIFICANTE .....	52
4.4.5	Modelo Holtwinters – ANTIESPUMANTE.....	54
4.4.6	Modelo ARIMA – ANTIESPUMANTE .....	55
4.4.7	Modelo Multivariado – Deshidratación.....	58
<b>CAPITULO 5.....</b>		<b>61</b>
<b>5. POLITICA DE INVENTARIO .....</b>		<b>61</b>
5.1	Selección de método de estimación .....	61
5.2	Análisis ABC.....	64
5.3	Política actual y sus costos.....	65
5.4	Análisis de Lead Times.....	67

## Tabla de Gráficos

Gráfica 1	ACF's de la serie ANTIESCALA obtenida en R.....	24
Gráfica 2	PACF's de la serie ANTIESCALA obtenida en R .....	25
Gráfica 3	Data Antiescala, serie original 2007 - 2012 .....	31
Gráfica 4	Análisis de la serie Biocida y su tendencia en el tiempo.....	35
Gráfica 5	Análisis de la serie IC 957 y su tendencia en el tiempo.....	39
Gráfica 6	Serie de tiempo original IC 1107 .....	43
Gráfica 7	Modelo para los productos del tratamiento de Reinyección .....	46
Gráfica 8	Serie de tiempo del producto Clarificador .....	48
Gráfica 9	Gráficas de la serie de tiempo Demulsificante.....	52
Gráfica 10	Serie original Antiespumante 2007 – 2012 .....	55
Gráfica 11	Modelos comparativos ajustados. ....	59

## Índice de Tablas

Tabla 1	Principales tratamientos presentes en un campo petrolero.....	6
Tabla 2	Materias primas de los principales productos y tratamientos de aplicación .....	15
Tabla 3	Métodos utilizados para la estimación de la demanda .....	29
Tabla 4	Método obtenido para producto Antiescala .....	61
Tabla 5	Método obtenido para producto Biocida.....	61
Tabla 6	Método obtenido para producto Anticorrosivo 957 .....	62
Tabla 7	Método obtenido para producto Anticorrosivo 1107 .....	62
Tabla 8	Método obtenido para producto Clarificador .....	62

Tabla 9 Método obtenido para producto Demulsificante .....	63
Tabla 10 Método obtenido para producto Antiespumante.....	63
Tabla 11 Clasificación ABC de las materias primas.....	65
Tabla 12 Nivel de cobertura y rotación actual de inventario.....	66
Tabla 13 Costos totales de mantenimiento de inventario.....	66
Tabla 14 Análisis de lead times por producto y por materia prima.....	67
Tabla 15 Resultados obtenidos aplicando la política de inventario (s, S) para productos tipo A .....	71
Tabla 16 Resultados obtenidos aplicando la política de inventario (s, Q) para productos tipo B .....	71
Tabla 17 Costos considerando la nueva política de inventario .....	72

## **Tabla de Ilustraciones**

Ilustración 1 Técnicos formuladores realizando análisis de muestras.....	5
Ilustración 2 Parte del cuarto de controles del campo de estudio .....	7
Ilustración 3 Pad perteneciente al campo objeto del presente estudio .....	8
Ilustración 4 Aplicación del inhibidor de incrustación en el campo.....	9
Ilustración 5 Inyección de Biocida en campo .....	10
Ilustración 6 Tanqueo de inhibidor de corrosión.....	11
Ilustración 7 Técnico de campo revisando válvula de inyección de isotanque. 12	
Ilustración 8 Resultados finales posteriores a la aplicación del clarificador .....	13
Ilustración 9 Bodega de Demulsificante en campo .....	13
Ilustración 10 Sistema (s, S) .....	70
Ilustración 11 Sistema (s, Q) .....	71

## **OBJETIVOS GENERALES**

Desarrollar un modelo óptimo de abastecimiento de químicos para una empresa petrolera, utilizando herramientas de pronósticos que permitan determinar cuáles serán los próximos consumos del cliente.

Analizar el consumo de químicos utilizados en un campo petrolero y determinar las políticas de inventario adecuadas para una empresa proveedora de servicios de tratamiento de crudo.

Establecer las cantidades óptimas de pedido que garanticen un abastecimiento continuo de los principales productos de importación que una compañía de esa naturaleza requiere.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

Entre los objetivos particulares del presente proyecto se encuentran:

- Analizar y definir el comportamiento de cada uno de los productos y su inherencia en los demás
- Determinar un tipo de modelo de pronóstico que se ajuste a cada una de las demandas de producto a fin de determinar las materias primas a consumir

- Establecer, en base al modelo de pronóstico obtenido, las cantidades óptimas de pedido y los niveles de inventario que se deben mantener en piso
- Determinar el flujo financiero necesario para la operación

## INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos estratégicos del Estado, planteado desde el 2010 para el 2013, fue impulsar el desarrollo productivo del sector hidrocarburífero incrementando la producción petrolera a 500.5 miles de barriles por día (Ver Anexo 1).

Para el 2012 la industria hidrocarburífera en el Ecuador representó poco más del 64% de las ventas externas del Estado (*Banco Central del Ecuador, Evolución De la Balanza Comercial Febrero 2012*). Dadas las perspectivas de crecimiento en este campo y las continuas licitaciones a las que son convocadas compañías cuyo campo de acción está dentro de esta industria, es necesario establecer comportamientos de consumo y políticas de inventario que garanticen la rentabilidad del negocio y el uso eficiente de sus recursos.

Para la compañía objeto de este estudio, su inversión en materia prima importada representa más de \$3'000'000.00 anuales, cifra que no incluye los riesgos de este tipo de contratos, tales como multas por incumplimiento en despachos.

Todo esto se traduce en optimizar las cantidades de pedidos pues las mismas se manejan con instrumentos financieros que tienen costos elevados, los modelos que se obtengan de este estudio podrán prever tanto desabastecimientos como sobre stocks llegando a niveles óptimos de pedidos.



## CAPITULO 1

### 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

#### 1.1 Antecedentes

La compañía objeto de estudio, es una compañía de prestigio nacional e internacional que provee a los sectores industriales y comerciales de Servicios de Materiales Especiales.

Según sus administradores, durante los años 80 y 90 se produjo un estancamiento en el proceso de industrialización en Ecuador, muchas fábricas cerraron en el país para luego abastecer el mercado ecuatoriano con productos elaborados con sus filiales ubicadas en otros países de Latinoamérica.

Es en esta época, en donde la importancia de la logística y los servicios locales se incrementó, mientras el proceso manufacturero se estancaba como motor de desarrollo de la economía ecuatoriana.

Esta situación tornó más competitiva la venta de insumos químicos, con clientes cada vez más exigentes y dispuestos a cambiarse por un centavo. A raíz de esta situación la compañía se proyectó a sectores donde el servicio al cliente más que una ventaja competitiva fuese una clave del negocio en sí, este sector fue el energético.

Para este sector, la elección de una empresa proveedora de químicos se basa principalmente en:

- a) Eficiencia de productos
- b) Eficiencia en procesos logísticos
- c) Eficiencia en asistencia técnica

#### **a) Eficiencia de productos**

Todas las formulaciones químicas son evaluadas por el cliente a través de equipos infrarrojos y curvas de eficiencia que determinan la calidad del producto previo a su aplicación.

En una licitación se presentan muestras cuya composición es definida a través de dichos equipos, este registro se guarda y el cliente realiza evaluaciones cada cierto tiempo de tal manera que se asegure que la composición del producto que se le entrega se mantenga intacta.

### **b) Eficiencia en procesos logísticos**

Cuando una empresa petrolera evalúa a un posible proveedor, considera dentro de su análisis el proceso logístico con el que éste cuenta, desde su abastecimiento para la elaboración de su producción hasta el despacho y abastecimiento al campo.

### **c) Eficiencia en asistencia técnica**

Se debe contar dentro del recurso humano con técnicos con vasta experiencia en formular productos para los distintos tratamientos que se utilizan en una petrolera.

Es en este sentido que en el costo de cada galón de un producto, está incluido el valor de los técnicos que controlan los diferentes tratamientos en un campo, tratamientos que describiremos más adelante.

Estos tres principios son evaluados y una vez aceptados por el cliente establecidos bajo contrato y supervisión continua.

En los modelos de contrato con petroleras los precios son fijos durante un periodo que va entre cinco a diez años, siendo ésta, una de las consideraciones básicas de este proyecto.

El precio no será una variable considerada dentro del modelo de pronóstico, pues el mismo es determinado directamente por el cliente a través de listas de precios en la licitación, no obstante si deberán considerarse los costos cuando se analice la política de inventario.

## **1.2 Objetivo**

Una vez establecidos los antecedentes, el objetivo de este trabajo es utilizar los consumos históricos para desarrollar un modelo de pronóstico aplicable a esta industria. Con la información resultante establecer una política de inventario acorde que permita, minimizando riesgos y manteniendo eficiencia en costos, garantizar un abastecimiento continuo sin necesidad de invertir en niveles de inventario altos.

## **1.3 Alcance**

Este estudio se realizó tomando al cliente cuyo campo tuviera el mayor volumen de consumo para cada uno de los productos y cuyos tratamientos hayan sido continuos desde el inicio del período de análisis esto es desde el año 2007 hasta el 2011.

Para temas de selección del modelo se pronosticó el consumo del año 2012 y se comparó con el consumo real, mientras más lejano esté el período a determinar será necesario ir ajustando los modelos e ir adicionando información.

## **1.4 Metodología**

Esta tesis ha sido desarrollada en base a los principales tratamientos de químicos utilizados en un campo petrolero y facilitará el adecuado pronóstico de consumo en dicho campo minimizando riesgos de desabastecimiento y sus correspondientes consecuencias. Se ha utilizado el programa estadístico R y se ha tomado en consideración las posibles correlaciones entre los productos de un tratamiento específico. Se analizó la demanda de químicos por tratamiento ocurrida desde el 2007 hasta el 2011 para los principales tratamientos de aplicación.

El campo seleccionado es el de mayor incidencia en el consumo a nivel de toda la compañía y es uno de los que mejor muestra el comportamiento del químico en el tiempo lo cual va a ser determinante en el proceso de establecer una política de inventario adecuada.

Todos los datos observacionales fueron facilitados por la compañía y se tomaron los siguientes supuestos:

- 1.- Todos los campos se comportan de forma parecida
- 2.- Todos utilizan los mismos tipos de tratamientos
- 3.- Todos los campos petroleros se verán afectados por las mismas variables
- 4.- No se considerará ninguna variable exógena

Se utilizarán modelos VARMA (Vector Autoregression Moving Average) que permitan establecer si existe correlación desfasada entre productos y se probarán modelos ARIMA, HOLT-WINTERS y MULTIVARIADOS que nos permitan ver cuáles serán las tendencias a futuro del consumo de químicos por tratamiento y por producto y cuál es el modelo más adecuado para dicha predicción.

## CAPITULO 2

### 2.ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

#### 2.1 Entorno

La empresa objeto de estudio, es una compañía que provee químicos para distintas refinerías ubicadas en el sector noreste del Ecuador. Cuenta entre sus principales clientes el campo cuyos datos de consumo hemos analizado.

La firma presenta ofertas con formulaciones propias de la compañía y de acuerdo a ello por pruebas de eficiencia gana o no un concurso.



Ilustración 1 Técnicos formuladores realizando análisis de muestras

Existen en total cuatro campos a los que se les provee de distintos químicos, la compra de estas materias prima se realiza consolidando los requerimientos de todos estos campos.

El campo de estudio se divide en dos sectores y en cada uno de ellos residen técnicos y empleados petroleros quienes se encargan de la extracción de aproximadamente 45,000 barriles de crudo diarios y de la dosificación de cada tratamiento.

En éste al igual que en el resto de campos, los principales tratamientos presentes son (Ver Tabla 1):

Proceso (Tratamientos)	Producto
Anti-incrustante	ANTI ESCALA
Biocida	BIOCIDA
Corrosión en Reinyección	ANTICORROSIVO 957
	ANTICORROSIVO 1107
Deshidratación	CLARIFICADOR
	DEMULSIFICANTE
	ANTI ESPUMANTE

Tabla 1 Principales tratamientos presentes en un campo petrolero

## 2.2 Tratamientos y productos

Este cliente permanece en una continua búsqueda de ampliación de sus operaciones en el país participando constantemente en licitaciones de áreas petroleras, esto hace que este campo sea adecuado para nuestro estudio, no sólo porque su consumo es el más representativo sino porque el trabajo y la información que se maneja tal como producción, presión, flujos, dosificación, es precisa.

Esta información se mantiene visible en la pantalla del control principal de su centro de operaciones donde se monitorea permanentemente la cantidad de agua, gas y crudo que sale de los pozos.

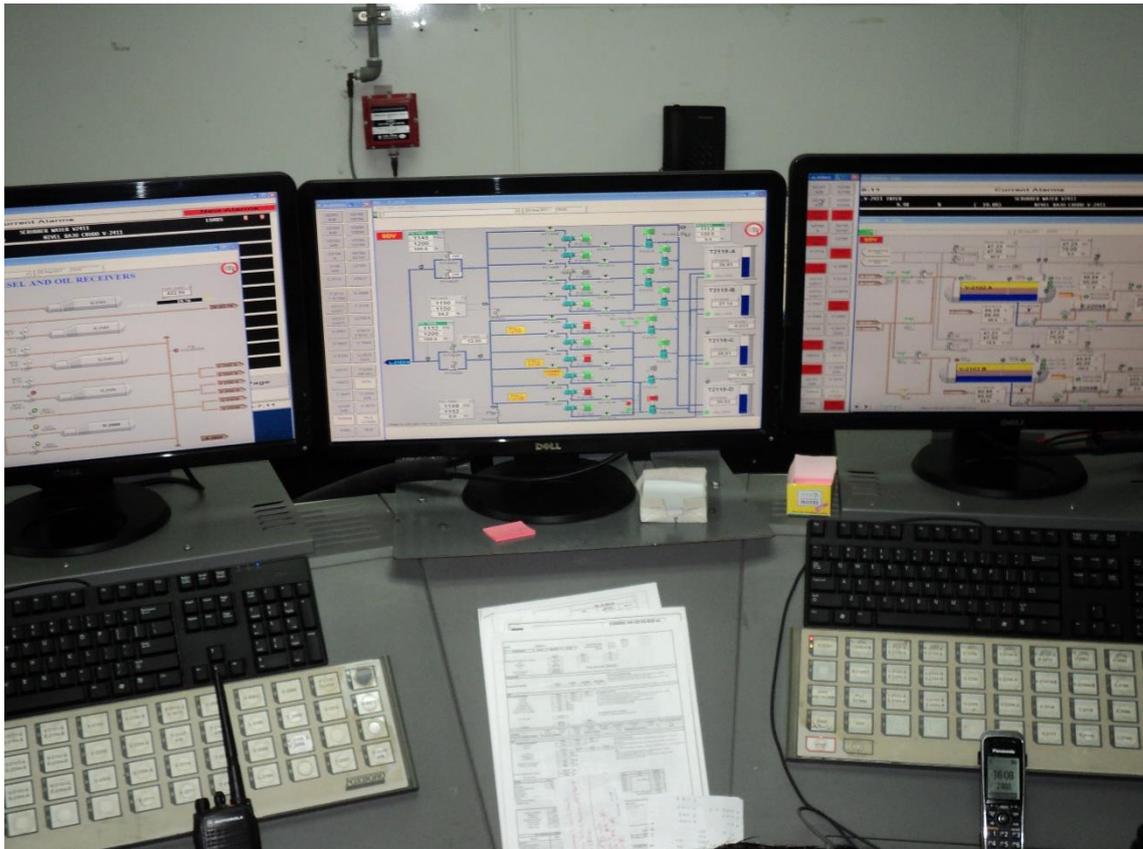


Ilustración 2 Parte del cuarto de controles del campo de estudio

La perforación se realiza en racimos. Esto consiste en agrupar tantos pozos como sea posible en una determinada área, es decir, se penetra en la tierra por un punto, pero en el subsuelo los tubos toman varias direcciones para absorber la mayor cantidad de petróleo. De esta manera, no será necesario limpiar más áreas para construir las plataformas de perforación sólo para un pozo. Hoy en día muchas compañías están aplicando este sistema en áreas donde existen frágiles y sensibles ecosistemas.

Cada racimo es conocido como “Pad” el mismo que consta a su vez de varios puntos de inyección donde cada uno de ellos tiene su propia característica y requiere un tratamiento específico.



Ilustración 3 Pad perteneciente al campo objeto del presente estudio

## 2.2.1 Tratamiento Anti-incrustante

El antiescala, es una mezcla basada en poliacrilatos y fosfonatos, el producto es soluble en agua y está diseñado para evitar la formación de incrustaciones de carbonato de calcio, sulfato de calcio y sulfato de bario ayudando inclusive a su disolución a fin de que no se afecten las tuberías. El antiescala es soluble en salmueras con concentraciones de cloruros tan altas como 40.000 mg/l.

Para su manejo se debe evitar el contacto con la piel o los ojos. En caso producirse contacto con la piel, el área deberá ser lavada con abundante agua. Si se produce contacto con los ojos, estos deberán enjuagarse con abundante agua durante un período mínimo de 15 minutos y se deberá solicitar asistencia médica.

La materia prima de este producto es despachada en totes\* de 330 galones sin restricciones para su transportación, su origen es Houston con un tiempo aproximado de producción de 15 días y de tránsito de 21 días.

*\*Tote: envase cúbico especial que puede ser plástico o metálico provisto en una de sus caras de una válvula especial para su descarga.*



Ilustración 4 Aplicación del inhibidor de incrustación en el campo

## 2.2.2 Tratamiento Biocida

El Biocida es una solución de agentes de superficie muy efectivos y produce buenos resultados cuando se tratan sistemas con microorganismos sésiles y planctónicos.

Fue diseñado para controlar y eliminar todos los microbios y las bacterias reductoras de sulfatos que generalmente se encuentran en los sistemas de los campos petroleros y ha sido específicamente diseñado zonas que hayan sido contaminadas por bacterias reductoras de Sulfato (SRB's) produciendo un incremento del sulfuro de hidrógeno disuelto (H<sub>2</sub>S).

El producto se inyecta normalmente en tratamiento por choques y es desplazado en el área cercana a la perforación de los pozos en los que se espera que proliferen las SRB's. El volumen usado depende del intervalo de producción y del radio hasta el cual el producto debe ser desplazado. La vida efectiva del tratamiento dependerá de la producción diaria es por ello que la

aplicación de este producto es por bacheos contrario a una inyección continua como el resto de tratamientos.

La materia prima del Biocida es despachada en tambores de 55 galones desde Hong Kong, su tiempo de producción es de 30 días y su tiempo de tránsito de 30 días.



Ilustración 5 Inyección de Biocida en campo

## 2.2.3 Tratamiento Corrosión en Reinyección

### 2.2.3.1 Anticorrosivo 957

Este producto es un inhibidor de corrosión desarrollado para usarlo en pozos que producen gas y petróleo. Se aplica en inyección continua bajo pozos y líneas de flujo. Inhibirá la corrosión de los campos petroleros tales como H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>.

Sus materias primas son despachadas en totes de 330 galones y en tambores de 55 galones desde Houston, son carga peligrosa, su tiempo de producción es de 15 días y su tiempo de tránsito de 21 días.



Ilustración 6 Tanqueo de inhibidor de corrosión

### 2.2.3.2 Anticorrosivo 1107

El producto Anticorrosivo 1107 es un inhibidor de corrosión en agua, utilizado principalmente en los sistemas de producción e inyección de agua que contienen rastros dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno.

Este producto es aplicado continuamente a razón de 10-20 ppm\*. Sin embargo, sus dosis son optimizadas de acuerdo a los resultados del seguimiento que se haga a la corrosión.

Sus materias primas son despachadas en totes de 330 galones y en tambores de 55 galones desde Houston, son carga peligrosa, su tiempo de producción es de 15 días y su tiempo de tránsito de 21 días.

\*ppm: partes por millón



Ilustración 7 Técnico de campo revisando válvula de inyección de isotanque

## 2.2.4 Tratamiento de deshidratación

### 2.2.4.1 Clarificador

El Clarificador es una emulsión de copolímero acrílico de alto peso molecular para usar como floculante en la clarificación de agua de producción a fin de solucionar el problema de turbidez del agua obtenida en el proceso de deshidratación del crudo.

Mejora las velocidades de separación por sedimentación o filtración y su dosis óptima se determina a través de varias pruebas para cada aplicación específica. Este producto tiene una duración de seis meses.

Su materia prima es despachada en tambores de 55 galones desde Georgia, con un tiempo de producción de 20 días y un lead time de 15 días.



**Ilustración 8** Resultados finales posteriores a la aplicación del clarificador

#### 2.2.4.2 Demulsificante

El Demulsificante es un producto utilizado en el tratamiento de separación del crudo y del agua.

Sus materias primas son despachadas en tambores de 55 galones, dos de ellas tiene origen Houston mientras que una tercera tiene origen alemán. Sus leadtime son para la primera 15 días de producción y 21 días de tránsito, mientras que para la segunda su lead time es de 45 días y su tránsito de 30.



**Ilustración 9** Bodega de Demulsificante en campo

### **2.2.4.3 Antiespumante**

El antiespumante es una mezcla de aceites de silicona y formulado en solventes alifático y aromático de baja viscosidad.

Es usado para inhibir la formación de espuma en sistemas de producción de crudo, principalmente en separadores crudo/agua y columnas desgasificadoras, donde la formación de ésta representa un problema.

Este producto puede ser aplicado directamente en los sistemas de producción pues ha sido formulado específicamente según criterios operacionales de uso. El producto debe ser inyectado continuamente en las líneas de alimentación del sistema antes de los problemas de espuma, para permitir la mezcla completa antes de aliviar la presión.

Su materia prima es despachada en tambores de 55 galones desde Riceboro, con un tiempo de producción de 14 días y un lead time de 15 días.

## **2.3 Modelo de compra actual, descripción de la problemática**

Al ser una compañía multinacional dedicada a proveer de químicos para la industria del petróleo y consumir materias primas que pueden ser importadas o locales, debe estar constantemente revisando el comportamiento de todas sus materias primas a fin de evitar cualquier problema que pueda ocasionar un daño grave en su imagen ya que su principal cliente es el Estado.

La importancia de establecer una política de inventario adecuada es la de garantizar a más de la rentabilidad del negocio el hecho de asegurarnos que no haya por ninguna razón una falta de suministro pues esto podría causar terminaciones de contratos además de fuertes demandas y multas millonarias.

Las materias primas analizadas son:

TRATAMIENTOS	ANTI-INCRUSTANTE	BIOCIDA	CORROSION EN REINYECCION		DESHDRATACION		
PRODUCTO	ANTI ESCALA	BIOCIDA	ANTICORROSIVO 957	ANTICORROSIVO 1107	CLARIFICADOR	DEMULSIFICANTE	ANTIESPUMANTE
MATERIA PRIMA	MP 67	MP 98	MP A60	MP A60	MP 120	MP 3879	MP AK
			MP Q80	MP Q80		MP 13	
			MP 571	MP 571		MP 47	
ORIGEN	USA	CHINA	USA	USA	USA	ALEMANIA	USA
						USA	

Tabla 2 Materias primas de los principales productos y tratamientos de aplicación

La política actual de la firma es realizar pedidos cada mes por una cantidad aproximada de un mes de consumo para los productos cuyo origen es Houston y de hasta 3 meses cuando el origen de las materias primas es de Europa o Asia.

Estas órdenes son financiadas a través de cartas de crédito y este consumo esperado está dado por lo que los jefes de campo consideran va a ser el consumo en cada uno de los pozos, esto es exactamente lo mismo que el mes anterior, por ello sus pronósticos durante todos estos años han sido ingenuos (Hanke, Wichern y Reitsch – Business Forecasting 2008).

Esto ocasiona en muchas ocasiones un desabastecimiento o sobre stock de los campos, costos extras por transporte y multas por parte de los clientes en los casos en los que se ha ocasionado desabastecimiento.

De acuerdo a las políticas de la empresa se revisa cada mes el stock del producto por lo cual su comportamiento también obedece a una revisión periódica, donde después de verificar los stocks se realiza un pedido por el consumo de mes o mes y medio tomando como base el consumo del mes anterior bajo un criterio de experto.

El problema surge cuando este consumo cambia, esto se puede dar por las siguientes razones:

1. Se explotaron más puntos de extracción
2. Se cerraron pozos
3. El cliente solicitó un incremento en la dosis (galones x día)

#### 4. Cambios en la formulación para mejorar la eficiencia

Todo esto ocasiona los siguientes problemas:

- Falta de previsión ante un cambio en la demanda, problemas de desabastecimiento o exceso de inventario
- No está establecido ningún modelo probabilístico para la demanda
- Lead time del proveedor superior al requerido por la firma, esto ocasiona que se tengan que solicitar despachos parciales y vías rápidas costosas a fin de tener a tiempo el producto.
- Problemas obteniendo el financiamiento

## **CAPITULO 3**

### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1 Enfoque para estimación de demanda**

En el capítulo 2 se explicó los productos que la empresa distribuye para los distintos tratamientos presentes en la explotación del crudo y el proceso de obtención del petróleo. En total, para el análisis se tendrá cuatro tratamientos que corresponden a siete productos.

Para la estimación del consumo de cada uno de ellos se analizaron los datos históricos comprendidos en el período 2007 al 2011, siendo los datos del 2012 aquellos que se pronosticaron con los modelos obtenidos a fin de determinar el modelo que mejor se ajustara.

Así mismo, dado que algunos productos tienen influencia sobre otros para su aplicación, se consideró las diferentes correlaciones entre las demandas contemporáneas o diferenciadas en el tiempo.

#### **3.2 Clasificación de productos según su proceso**

Según lo expuesto en el punto anterior y dado que un producto puede influir diferencialmente dependiendo el tratamiento de aplicación para el cual está siendo utilizado, los productos se clasificarán según el proceso de aplicación al que pertenecen. Para el efecto de esta clasificación se recurrió a la información brindada por los técnicos de campo (Ver Tabla 1, Pág. 6).

### 3.3 Métodos para la estimación de la demanda

Para la estimación de la demanda, se aplicarán los siguientes métodos de análisis para series de tiempo:

- a.- Holt-Winters
- b.- Método univariado (ARIMA)
- c.- Método multivariado

### 3.4 Método Holt-Winters

Se aplica cuando la serie de tiempo presenta patrones de tendencia y estacionalidad ya sea en forma aditiva o multiplicativa suavizando los datos por el método exponencial (Holt, 1957; Winter, 1960).

El método aditivo considera que el componente de estacionalidad se mantiene constante, mientras que el multiplicativo considera que el patrón estacional depende del nivel de los datos es decir crece a medida que los valores aumentan y decrece si los valores disminuyen.

El aditivo es mejor para el análisis cuando el patrón estacional de los datos no depende de los valores de éstos y se ajustan con los últimos datos.

Este método calcula los estimadores dinámicos con ecuaciones para los tres componentes: nivel, tendencia y estacionalidad. Estas ecuaciones dan una mayor ponderación a observaciones recientes y menos peso a observaciones pasadas, las ponderaciones decrecen geométricamente a una tasa constante.

Este tipo de técnicas usa datos históricos para obtener una nueva serie más suave a partir de la cual se hace la previsión, tomando en consideración todos los datos previos al periodo de previsión disponibles y le va otorgando menor valor a aquellas observaciones más alejadas del período.

Si se parte de una suavización exponencial dada por:

$$\hat{l}_T = \alpha y_T + (1-\alpha) \hat{l}_{T-1}$$

Donde  $\alpha$  es una constante de suavización y el pronóstico puntual para cualquier período futuro (T+f) será:

$$y_{T+f}(T) = \hat{l}_T$$

Si suponemos que la serie muestra una tendencia, pero que ésta puede cambiar en el tiempo, lo que vamos a tener son dos ecuaciones:

$$\text{Nivel: } \hat{l}_T = \alpha y_T + (1-\alpha)(\hat{l}_{T-1} + b_{T-1})$$

$$\text{Tendencia: } b_T = \gamma(\hat{l}_T - \hat{l}_{T-1}) + (1-\gamma)b_{T-1}$$

El pronóstico puntual para  $y_{T+f}$  será:

$$y_{T+f}(T) = \hat{l}_T + f(b_T)$$

Cuando la serie tiene una tendencia, al menos localmente y un patrón estacional constante se tendrá un Holt-Winter Aditivo. Al modelo Holt se le restará el factor estacional  $S_{\hat{n}T-L}$ , donde L indica el número de períodos en un año: 2, 3, 4, 6 o 12 Nivel:

$$\hat{l}_T = \underbrace{\alpha(y_T - S_{\hat{n}T-L})}_{\text{OBSERVACION DESESTACIONALIZADA}} + \underbrace{(1-\alpha)(\hat{l}_{T-1} + b_{T-1})}_{\text{ESTIMACION ANTERIOR DEL NIVEL}}$$

$$\text{Tendencia: } b_T = \underbrace{\gamma(\hat{l}_T - \hat{l}_{T-1})}_{\text{PENDIENTE NUEVA}} + (1-\gamma)\underbrace{b_{T-1}}_{\text{ESTIMACION ANTERIOR DE LA PENDIENTE}}$$

$$\text{Factor estacional: } s_{nT} = \underbrace{\delta(y_T - \ell_T)}_{\text{ESTIMACION DE LA VARIACION ESTACIONAL OBSERVADA RECIENTEMENTE}} + \underbrace{(1-\delta) s_{nT-L}}_{\text{ESTIMACION ANTERIOR DE LA VARIACION ESTACIONAL}}$$

Siendo que el pronóstico para el Holt-Winters Aditivo en el tiempo será:

$$\hat{y}_T = \ell_{T-1} + b_{T-1} + s_{nT-L}$$

Dónde:

- $\ell_T$  Es el nivel en el tiempo  $T$ ,  $\alpha$  es el coeficiente de suavización correspondiente a ese nivel
- $b_T$  Es la tendencia en el tiempo  $T$ ,  $\gamma$  es el coeficiente de suavización correspondiente a esa tendencia
- $s_{nT}$  Es el componente estacional en el tiempo  $T$ ,  $\delta$  es el peso de ese componente de estacionalidad
- $L$  Es el período estacional
- $y_T$  Es el pronóstico en el tiempo  $T$
- $\hat{y}_T$  Es el valor ajustado o un período de predicción en el tiempo  $T$

Cuando la serie tiene una tendencia al menos localmente y la variación estacional es creciente, se divide al modelo por el factor estacional  $s_{nT-L}$ , donde  $L$  indica el número de períodos en un año: 2, 3, 4, 6 o 12:

$$\text{Nivel: } \ell_T = \underbrace{\alpha(y_T / s_{nT-L})}_{\text{OBSERVACION DESESTACIONALIZADA}} + \underbrace{(1-\alpha)(\ell_{T-1} + b_{T-1})}_{\text{ESTIMACION ANTERIOR DEL NIVEL}}$$

$$\text{Tendencia: } b_T = \underbrace{\gamma(\ell_T - \ell_{T-1})}_{\text{PENDIENTE NUEVA}} + \underbrace{(1-\gamma)b_{T-1}}_{\text{ESTIMACION ANTERIOR DE LA PENDIENTE}}$$

$$\text{Factor estacional: } s_{nT} = \underbrace{\delta(y_T / \ell_T)} + \underbrace{(1-\delta) s_{nT-L}}$$

ESTIMACION DE LA VARIACION ESTACIONAL OBSERVADA RECIENTEMENTE

ESTIMACION ANTERIOR DE LA VARIACION ESTACIONAL

Por lo tanto, el pronóstico para el Holt-Winters Multiplicativo en el tiempo será:

$$\hat{y}_T = (\ell_{T-1} + b_{T-1})s_{nT-L}$$

### 3.5 Método Univariado (ARIMA)

Este método fue desarrollado por Box y Jenkins a comienzos de los años 70, el acrónimo ARIMA significa modelo auto-regresivo integrado de media móvil (AutoRegresive Integrated Moving Average) por sus siglas en inglés.

A cada una de las tres partes del acrónimo se le denomina componente y hace referencia a un comportamiento distinto de la serie.

Este método en primera instancia convierte la serie de observaciones en una serie estacionaria estabilizándola, esto es, que ni la media, ni la varianza, ni las auto correlaciones dependan del tiempo. Una vez realizado esto se analiza las regularidades en la serie a fin de identificar un posible modelo a través de las funciones de auto correlación simple y parcial visualizando los patrones gráficos.

Cuando se selecciona un modelo se estiman sus coeficientes a fin de poder verificar si es el que más se ajusta a los datos, a través del análisis de los residuos que es la diferencia entre el valor real y el valor pronosticado.

Una vez seleccionado el modelo más acorde se deberá deshacer la estabilización inicialmente realizada y se generarán los pronósticos. Esta parte está representada por la letra I que aparece en el nombre del modelo completo

ARIMA y corresponde al último proceso a realizar, el mismo consiste en que una vez definido el tipo de modelo y estimados los coeficientes de éste, hay que restablecer las características originales de la serie de datos que fue transformada para inducir estacionalidad. A ese proceso inverso se denomina en general Integración y aporta esa letra que completa el nombre.

El Modelo ARIMA puede utilizarse para modelar series de tiempo con o sin componentes de tendencia o estacionalidad. El perfil de pronóstico dependerá ya del modelo de ajuste.

En el modelo, cada valor tomado por la variable en un instante dado, está influido por los valores de la variable en momentos anteriores, y se expresa como una relación lineal, función de:

1. Valores recientes de la variable
2. Ruidos en valores recientes de la variable
3. Valores remotos de la variable
4. Ruidos en valores remotos de la variable

Partiendo de un modelo ARMA con una serie temporal  $\{Y_T\}$  la expresión típica será:

$$Y_T = C + \underbrace{\varphi \cdot Y_{T-1} + \dots + \varphi \cdot Y_{T-p}}_{\text{COMPONENTE AUTORREGRESIVO}} + \underbrace{\theta_1 \cdot \varepsilon_{T-1} + \dots + \theta_q \cdot \varepsilon_{T-q}}_{\text{COMPONENTE DE MEDIA MOVIL}} + \varepsilon_T$$

Donde la combinación de  $p$  términos AR (proceso autorregresivo) modela la influencia de los valores anteriores de la serie desde  $Y_{T-1}$  hacia atrás y los  $q$  términos MA (proceso de medias móviles) modelan la influencia del ruido en valores anteriores de la serie  $\varepsilon_{T-1}$  hacia atrás, junto con el término  $\varepsilon_T$  que corresponde al ruido esperado en el mismo momento  $T$  en el que se estima el nuevo valor de la variable  $Y$ .

Los modelos ARIMA se construyen a partir de los modelos ARMA, pero considerando que la serie en estudio para que sea estacionaria en media tendrá que diferenciarse una serie de veces. Es decir un modelo ARIMA (p,d,q) es un modelo ARMA(p,q) sobre la serie diferenciada d veces. Por lo tanto en su expresión algebraica tendremos:

$$Y_T^{(d)} = C + \underbrace{\varphi \cdot Y_{T-1}^{(d)} + \dots + \varphi \cdot Y_{T-p}^{(d)}}_{\text{COMPONENTE AUTORREGRESIVO}} + \underbrace{\theta_1 \cdot \varepsilon_{T-1}^{(d)} + \dots + \theta_q \cdot \varepsilon_{T-q}^{(d)}}_{\text{COMPONENTE DE MEDIA MOVIL}} + \varepsilon_T^{(d)}$$

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

Usualmente el orden de diferenciación d, entero, oscila entre 0 y 2. Una vez identificado el modelo, es decir los órdenes de p, q y d, la determinación de los p+q parámetros usados en el modelo ( $\varphi$ 's y  $\theta$ 's) se realiza de igual forma que en el caso de la regresión múltiple, es decir, mediante minimización del error cuadrático.

Para modelar usando ARIMA debemos tomar las siguientes consideraciones:

### a) Diferencias y desfases

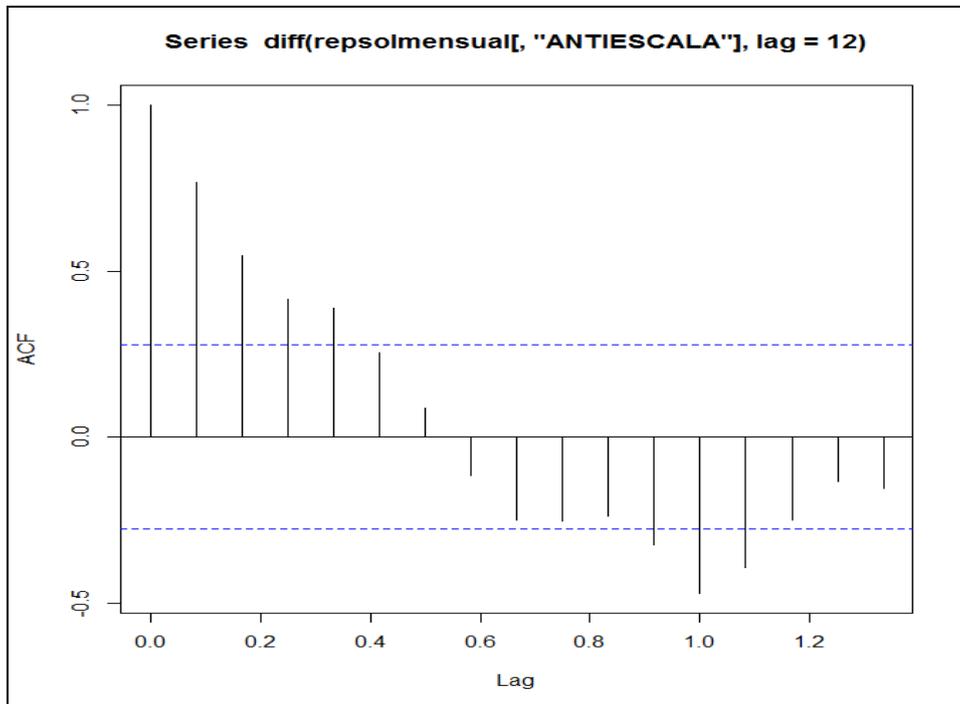
Las diferencias se obtendrán de los datos y nos servirán para identificar patrones de tendencia y estacionalidad. Mientras que los desfases o lags, son los valores anteriores con los que determinamos el siguiente valor pronosticado.

### b) Auto correlación

Es la correlación entre observaciones de una serie de tiempo separadas por K unidades de tiempo, su gráfica se denomina función de auto correlación (ACF),

su análisis permite seleccionar los términos a ser incluidos en el modelo ARIMA.

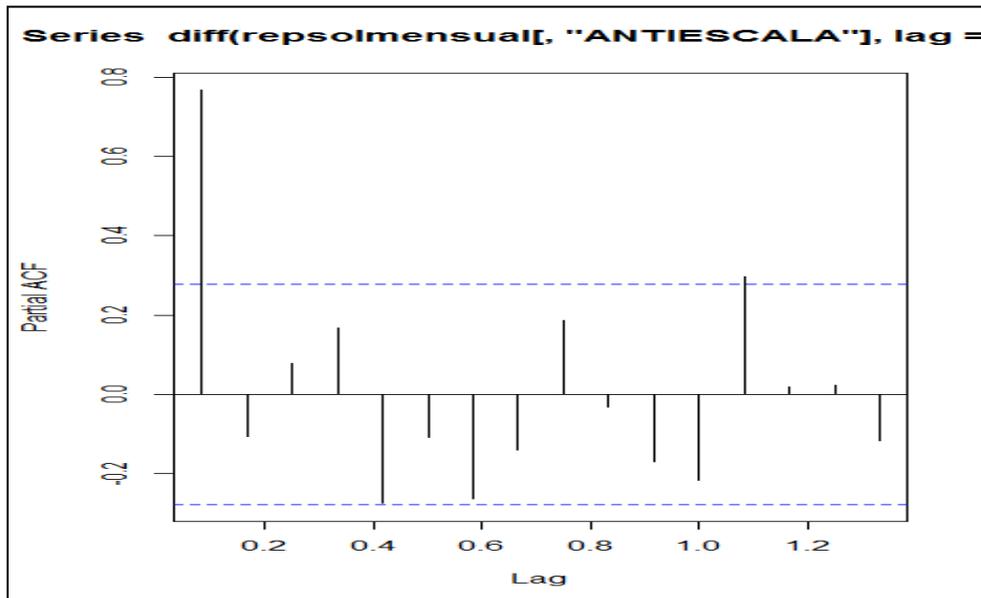
Una gráfica de auto correlación, permite identificar estacionalidad donde no es fácil de apreciar, como podemos apreciar en la gráfica siguiente:



Gráfica 1 ACF's de la serie ANTIESCALA obtenida en R

### c) Auto correlación parcial:

Es la correlación pero entre conjuntos de pares ordenados de una serie de tiempo, la auto correlación parcial en una posición K es la correlación entre residuos en tiempo t de un modelo auto-regresivo y las observaciones en la posición K con términos para todas las posiciones que intervienen en el modelo auto-regresivo. Su gráfica se denomina función de auto correlación (PACF).



Gráfica 2 PACF's de la serie ANTI ESCALA obtenida en R

**d) La correlación cruzada:**

Es la correlación entre dos series de tiempo.

**e) Pasos para la metodología univariada**

De acuerdo a Box y Jenkins para ajustar un modelo ARIMA a una serie de tiempo proponen un método iterativo que incluye:

- Identificar el modelo aplicando el juicio del analista.
- Estimar los parámetros.
- Verificar la adecuación del modelo.
- Hacer pronósticos de ser necesario.

1. Primero, decidir si los datos son estacionarios. Es decir si los datos poseen media y varianza constante.

- Examinar la gráfica de serie de tiempo para si es necesaria una transformación para tener varianza constante.
- Examinar la función de auto correlación (ACF) para ver si las auto correlaciones no decaen, indicando que se pueden requerir diferencias para dar una media constante.

Un patrón de estacionalidad que se repite cada k-ésimo intervalo de tiempo sugiere tomar una diferencia k-ésima para eliminar una porción del patrón. La mayoría de las series no requieren más de dos operaciones de diferencias u órdenes. Si los picos de la ACF decaen rápidamente, no hay necesidad de diferencias adicionales.

2. Después, examinar las funciones ACF y PACF de los datos estacionarios de manera de identificar qué modelo auto-regresivo o de promedio móvil se sugiere:

- Una función ACF con picos altos iniciales que decaen exponencialmente a cero o una función PACF con picos altos en el primero y posiblemente en el segundo atraso indica un proceso auto-regresivo.
- Una función ACF con pico alto inicial y posiblemente en el segundo retraso y una función PACF con picos altos en los primeros atrasos que decaen exponencialmente a cero indica un proceso de promedio móvil.
- Si las funciones ACF y PACF tienen picos altos que gradualmente caen exponencialmente a cero indican que los procesos de promedios móviles y auto-regresivos están presentes.

3. Una vez que se ha identificado uno o más de los modelos a utilizar, continuar con el procedimiento de ARIMA.

- Ajustar el modelo y examinar la significancia de los parámetros y seleccionar un modelo que tenga el mejor ajuste.

- Revisar que las funciones ACF y PACF de residuos indiquen un proceso aleatorio, sin picos altos, usando las gráficas de ARIMA. Si hay picos altos, considerar cambiar el modelo.

### 3.6.- Método Multivariado

Dentro programa **RStudio** se encuentra el paquete de análisis DSE (Dynamic Systems Estimation) que será utilizado para aplicar el modelo multivariado para las series de tiempo de los productos en estudio. Este paquete utiliza como base de análisis para las series de tiempo el modelo VAR, a continuación detallamos los modelos usados por el DSE:

- a. estVARXls ..... Estimar un VAR TSmodel
- b. estSSfromVARX..... Estimar un espacio de estado del TSmodel usando estimación VAR
- c. estMaxLik..... Estimación de máxima verosimilitud

Utilizamos un modelo del tipo vector auto-regresivo (VAR) cuando se requiere caracterizar las interacciones simultáneas entre un grupo de variables. Un VAR es un modelo de ecuaciones simultáneas formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida sin restringir. Que sean ecuaciones de forma reducida quiere decir que los valores contemporáneos de las variables del modelo no aparecen como variables explicativas en las distintas ecuaciones.

El conjunto de variables explicativas de cada ecuación está constituido por un bloque de retardos de cada una de las variables del modelo. Que sean ecuaciones no restringidas significa que aparece en cada una de ellas el mismo grupo de variables explicativas.

Así, en un modelo vectorial auto-regresivo de primer orden, VAR(1), las variables explicativas de cada ecuación son: una constante, más un retardo de cada una de las variables del modelo. Si el modelo pretende explicar el comportamiento temporal de tres variables, habría tres variables explicativas

más una constante en cada ecuación, para un total de doce coeficientes a estimar.

Si el modelo fuera de segundo orden VAR(2), habrían siete coeficientes a estimar en cada una de las tres ecuaciones que componen el modelo VAR dado un total de 21 coeficientes. Como puede verse, todas las variables son tratadas simétricamente, siendo explicadas por el pasado de todas ellas.

El modelo VAR es muy útil cuando existe evidencia de simultaneidad entre un grupo de variables y sus relaciones se transmiten a lo largo de un determinado número de períodos.

Por la naturaleza del estudio en curso, no se usara el vector de variables exógenas.

En general un modelo VAR (p) sin variables exógenas de dimensión  $M$  tiene la forma:

$$Y_t = B_1 Y_{t-1} + \dots + B_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.6.1)$$

Con  $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-j}) = 0$  para todo  $j \neq 0$  .....  $Y_t' = [Y_{1,t} \dots Y_{M,t}]$  es el vector de variables endógenas,  $B_1, \dots, B_p$  son matrices  $M \times M$  de parámetros, y  $C$  es una matriz  $M \times K$  de parámetros asociada a las variables exógenas.

Con el operador retardo podemos escribir la ecuación (3.6.1) de una forma más compacta:

$$Y_t = B(L)Y_t + \varepsilon_t \quad (3.6.2)$$

En general, estos tres métodos de estimación y ajuste, son utilizados por el programa **Rstudio** junto con su sistema de análisis DSE tomando como fundamento los principios establecidos en las publicaciones de Gardner G., Harvey A. C., Phillips G.D.A. y Jones R.H.

## CAPITULO 4

Con la demanda histórica de cada producto, se determinará el modelo matemático que más se ajusta para pronosticar la demanda futura. Es importante recalcar que esta demanda se estimará mes a mes con la información real del mes anterior.

Esto es, si se desea pronosticar febrero 2012, se deberá tomar la data real de demanda en el período enero 2007 - enero 2012 y así sucesivamente.

Los modelos utilizados de acuerdo a los tratamientos de aplicación son:

	<b>Metodos para la estimación de la demanda</b>		
<b>Proceso (tratamientos)</b>	<b>Holt Wilters</b>	<b>Univariado</b>	<b>Multivariado</b>
<b>Anti-incrustante</b>			N/A
<b>Biocidas</b>			N/A
<b>corrosion en Reinyeccion</b>			
<b>deshidratacion</b>			

Tabla 3 Métodos utilizados para la estimación de la demanda

La datos corresponden al número de galones de producto terminado consumidos por día; los mismos se hayan registrados en Excel y para el análisis en R se realizó un conglomerado mensual pues esta es la unidad de tiempo que se desea estimar. Ver [Anexo 2](#)

Al ejecutar la sintaxis nos da como resultado el consumo mensual de cada producto desde Enero del 2007 hasta Diciembre 2012.

	ANTIESCALA	BAC98THPS	BAC95GLU	PROT900X	IC957	IC1107	SANDTREAT11SC	SANDCORR	CLARIF	DEMUL
Jan 2007	7993.000	1064	1015	0	9858	2215	812	0	813	3815
Feb 2007	7179.000	927	995	0	7743	2550	841	0	772	3458
Mar 2007	8439.000	953	855	0	8226	2654	1337	0	923	4145
Apr 2007	7225.000	860	850	0	9227	2871	1329	0	846	4335
May 2007	7731.000	831	800	0	10302	3117	1404	65	861	4895
Jun 2007	7532.000	785	812	0	10309	2579	1688	0	810	5426
Jul 2007	8003.000	855	780	0	11835	2864	2822	0	961	4381
Aug 2007	7942.000	815	830	0	12121	2838	3202	0	865	4884
Sep 2007	7368.000	810	853	0	11456	2737	3053	0	784	4307
Oct 2007	7421.000	1115	1090	0	12191	2713	3223	0	849	4391
Nov 2007	7232.333	1086	1074	0	11985	3031	2924	0	910	3679
Dec 2007	7670.000	864	836	0	13938	2723	2770	0	819	3485
Jan 2008	7603.000	1060	1025	0	13767	2892	2137	776	827	3466
Feb 2008	6847.000	805	862	0	12308	2631	1572	1194	792	2937
Mar 2008	7439.000	930	754	0	13521	2624	2675	1290	922	3582
Apr 2008	7876.000	940	1085	0	13134	2549	2650	1214	900	3529
May 2008	8617.000	985	1088	0	13517	3141	3080	668	805	3530
Jun 2008	8560.000	1277	820	0	12299	3516	3165	446	812	3417

Consumo mensual del campo Repsol por producto

## 4.1 TRATAMIENTO ANTI-INCRUSTANTE

### 4.1.1 Modelo Holtwinters – Antiescala

Ver Anexo 3 para sintaxis en R del modelo Holtwinters en Antiescala  
Parámetros del modelo

alpha: 0.7627574

beta: 0

gamma: 1

Coeficientes

Nivel al 2011 (a): 8192.35547

Pendiente al 2011 (b): 59.85951

Estacionalidad (s1= enero, s2= febrero..... s12= diciembre)

s1 -288.97908

s2 -657.92454

s3 -212.55790

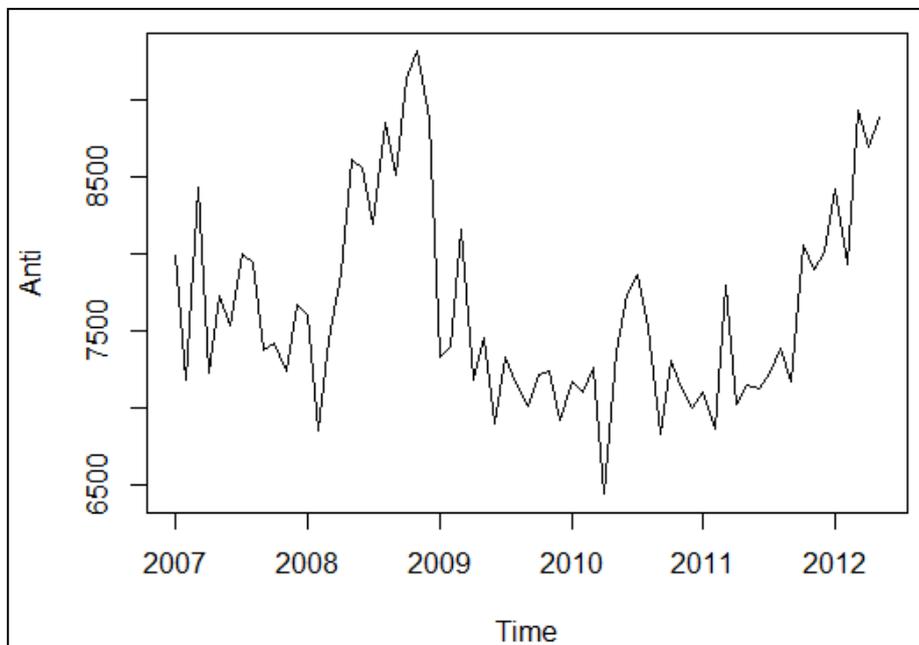
s4 -665.24240  
s5 154.44859  
s6 280.11331  
s7 377.67923  
s8 368.40891  
s9 -52.42346  
s10 303.64108  
s11 -69.34327  
s12 -180.35547

Ecuación de pronóstico:

$$\hat{Z}_n(k) = 8192.35 + k * 59.85 + \text{estacionalidad}(n + k)$$

#### 4.1.2 Modelo ARIMA – Antiescala

Si se observa la gráfica, los datos muestran estacionalidad con cierto grado de tendencia



Gráfica 3 Data Antiescala, serie original 2007 - 2012

Aplicando la gráfica de “monthplot” (ver [Anexo 4](#)) se puede notar que la media no es constante pero la varianza tiene cierto grado de estabilidad, existe un máximo en Marzo y un mínimo en febrero.

Si se aplica una primera diferenciación a la serie a fin de observar si su media y si varianza es constante, se puede visualizar que no lo son, se aplica por tanto una segunda diferenciación (ver [Anexo 4](#)).

Con la segunda diferenciación vemos que su media y varianza son constantes, ahora procedemos con el análisis de los ACF y PACF de la serie diferenciada (ver [Anexo 5](#)).

Examinando las gráficas se podría aplicar un modelo SMA(1) en la parte estacional y un SAR(1) en la parte ordinaria, para efectos de estudio se han evaluado varios modelos a fin de comparar sus AIC's

modelo1 = ARIMA (0,1,0) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo2 = ARIMA (0,1,0) (1,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo3 = ARIMA (0,1,1) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo4 = auto.arima(Anti,d=1,D=1,stepwise=TRUE)

Resultado de los AIC's y BIC's de los 4 modelos:

	AIC	BIC
modelo1	724.1166	727.82
modelo2	724.1384	729.69
modelo3	725.5577	731.11
modelo4	727.5394	731.24

El modelo 1=ARIMA (0,1,0) (0,1,1)<sub>s=12</sub> es el tiene menor AIC de los 4 modelos comparados. Al observar la gráfica de ACF (ver [Anexo 5](#)) de los residuos del modelo 1 para asegurarnos si las auto-correlaciones están dentro de la banda de 95% de confianza.

Al observar la gráfica las auto-correlaciones están dentro de la banda del 95% de confianza, con esto se procede a pronosticar.

Una vez seleccionado el modelo 1, se procederá a plasmar la ecuación que servirá para pronosticar la demanda futura del producto Anti-incrustante, manteniendo presente que la serie original es de Enero 2007 –Diciembre 2011.

Con una sintaxis en R de:

```
p=predict(modelo1,1)
```

$p$

..para la predicción, se obtendrán los siguientes parámetros de la ecuación:

Series: Anti

ARIMA (0,1,0)(0,1,1)[12]

Coefficients:

sma1

-1.0000

s.e. 0.2687

sigma^2 estimated as 175885: log likelihood=-360.06

AIC=724.12 AICc=724.39 BIC=727.82

En el [Anexo 6](#) se detalla la sintaxis aplicada en R para el modelo Antiescala

Ecuación SARIMA para el modelo Antiescala:

$$\begin{aligned} X_t &= \text{ventas}_t - \text{ventas}_{t-1} \\ y_t &= x_t - x_{t-12} \\ y_t &= (-1)\varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

## 4.2 TRATAMIENTO BIOCIDAS

### 4.2.1 Modelo Holtwinters – BAC98THPS

Ver [Anexo 7](#) para sintaxis en R del modelo Holtwinters en BAC98THPS

Para la modelización tendremos el siguiente resultado:

#### Parámetros

alpha: 0.4459748  
beta: 0.06112678  
gamma: 0.8375265

#### Coeficientes

Nivel al 2011 (a): 3503.44712  
Pendiente al 2011 (b): 53.70016

Estacionalidad (s1= enero, s2= febrero..... s12= diciembre)

s1 60.83691  
s2 -19.91545  
s3 141.93192  
s4 -46.59797  
s5 367.68784  
s6 -309.66698  
s7 188.23923  
s8 112.14987  
s9 84.60332  
s10 345.92760  
s11 55.47842  
s12 -256.50414

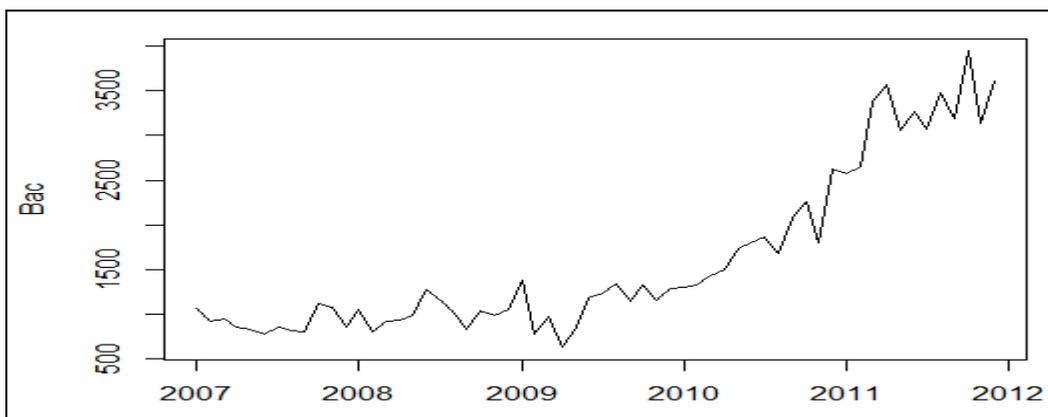
Con el resultado obtenido en el modelo Holtwinters para el producto BAC98THPS se determina la ecuación para pronosticar la demanda a futuro, la cual sería:

Ecuación de pronóstico:

$$\hat{Z}_n(k) = 3503.44 + k * 53.70 + \text{estacionalidad}(n + k)$$

#### 4.2.2 Modelo ARIMA – BAC98THPS

Datos muestran tendencia en el tiempo:



Gráfica 4 Análisis de la serie Biocida y su tendencia en el tiempo

Al apreciar la gráfica “monthplot” (ver [Anexo 8](#)) notamos que la media es constante pero la varianza tiene cierto grado de variación.

Aplicamos una primera diferenciación a la serie para observar si su media y varianza es constante (ver [Anexo 8](#)).

Dado que la graficas anteriores denotan que la media y la varianza no son constantes, aplicamos una segunda diferenciación estacional (ver [Anexo 8](#)).

Con la segunda diferenciación vemos que su media y varianza son constantes, ahora procedemos con el análisis de los ACF y PACF de la serie diferenciada (ver [Anexo 9](#)).

Examinando las gráficas de los ACF y PACF de segunda diferenciación podemos aplicar un modelo MA (1) y un AR(1), para efectos de estudio se revisarán otros modelos y se aplicará el modelo Autoarima de RStudio para evaluar sus AIC's.

Una vez examinada la serie de tiempo Biocida se procederá a evaluar algunos modelos a fin de contrastar sus AIC's siendo el de menor valor el que se utilizará para pronosticar.

modelo1 = ARIMA (1,1,1) (0,1,0)<sub>s=12</sub>

modelo2 = ARIMA (1,1,0) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo3 = ARIMA (1,1,1) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo4 = auto.arima(Bac,d=1,D=1,stepwise=TRUE)

Los AIC's y BIC's obtenidos son:

	AIC	BIC
modelo1	674.9799	680.53
modelo2	671.3343	676.88
modelo3	673.3194	680.72
modelo4	671.3343	676.88

El Modelo 2=ARIMA (1,1,0) (0,1,1)<sub>s=12</sub> es el que tiene menor AIC de los 4 modelos comparados.

Al observar la gráfica ACF de los residuos del modelo 2 (ver [Anexo 9](#)) se puede comprobar que las auto-correlaciones están dentro de la banda de 95% de confianza.

Tomando el modelo 2 que consta con menor AIC, procedemos a plasmar la ecuación que servirá para pronosticar la demanda futura del producto Biocida:

Con una sintaxis en R de:

```
p=predict(modelo2,1)
```

$p$

..se obtendrán los siguientes parámetros de la ecuación

Series: Bac

ARIMA(1,1,0)(0,1,1)[12]

Coefficients:

ar1	sma1
-0.3887	-0.4082
s.e. 0.1325	0.2120

sigma^2 estimated as 78292: log likelihood=-332.67

AIC=671.33 AICc=671.89 BIC=676.88

En el *Anexo 10* se detalla la sintaxis aplicada en R para el producto BAC98THPS

Ecuación SARIMA para el modelo BAC98THPS

$$x_t = ventas_t - ventas_{t-12}$$

$$y_t = x_t - x_{t-12}$$

$$\varepsilon_t = -0.3887 \varepsilon_{t-1} + a_t$$

$$y_t = -0.4082 \varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t$$

## 4.3 TRATAMIENTO CORROSION EN RE-INYECCION

### 4.3.1 Modelo Holtwinters – IC957

Ver Anexo 11 para sintaxis en R del modelo Holtwinters en IC957

Resultados de la modelización

Parámetros

alpha: 0.8383449

beta : 0

gamma: 1

Coefficientes

a 24215.85278

b 229.77375

Estacionalidad (s1= enero, s2= febrero..... s12= diciembre)

s1 1355.85858

s2 -502.74473

s3 731.01239

s4 -874.11550

s5 -395.57478

s6 -1494.22459

s7 347.65587

s8 1356.28878

s9 -116.25529

s10 65.83888

s11 -691.64491

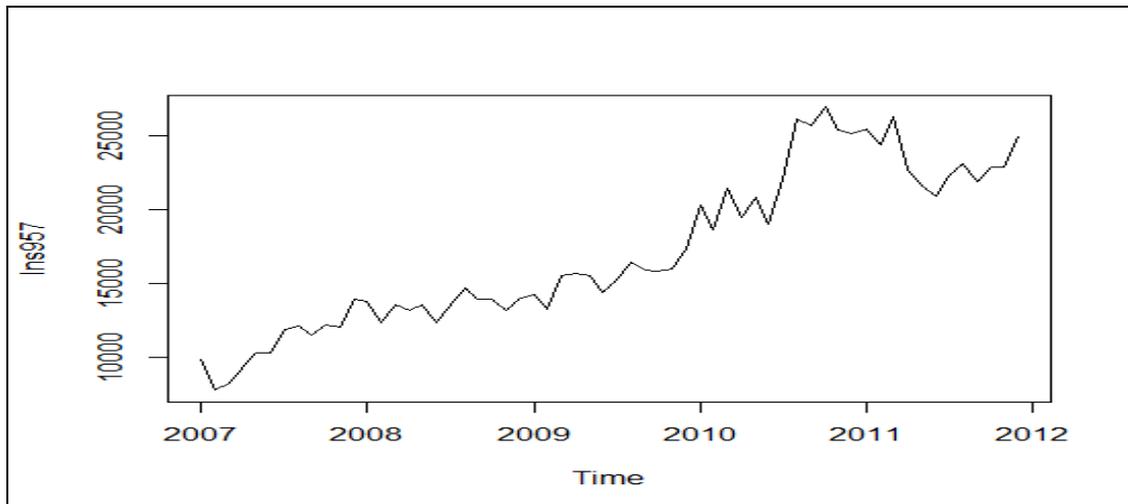
s12 639.14722

Con el resultado obtenido en el modelo Holtwinters para el producto IC957 se determina la ecuación para pronosticar la demanda a futuro, la cual sería:

$$\hat{Z}_n(k) = 24215.85 + k * 229.77 + \text{estacionalidad}(n + k)$$

### 4.3.2 Modelo ARIMA – IC957

Al revisar los datos se puede apreciar que la serie original muestra tendencia en el tiempo con una media constante y una varianza que muestra cierto desfase.



Gráfica 5 Análisis de la serie IC 957 y su tendencia en el tiempo

Al apreciar la gráfica “monthplot” (ver [Anexo 12](#)) notamos que la media es constante pero la varianza tiene cierto grado de variación.

Aplicamos una primera diferenciación a la serie para observar si su media y varianza es constante (ver [Anexo 12](#)).

Se aplica una segunda diferenciación a fin de estabilizar la serie (ver [Anexo 12](#)).

Con la segunda diferenciación vemos que su media y varianza son constantes, ahora procedemos con el análisis de las gráficas ACF y PACF de la serie diferenciada (ver [Anexo 13](#)).

Examinando los gráficos ACF y PACF se podría aplicar un modelo MA (1) y un AR(1), para efectos de estudio se aplicara otros modelos, incluso usaremos el modelo Autoarima de RStudio para comparar sus AIC's

Una vez examinada la serie de tiempo IC957 se aplican 4 modelos y se contrastan sus AIC's siendo el de menos valor el que se utilizará para pronosticar:

modelo1= ARIMA (0,1,0) (1,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo2= ARIMA (1,1,0) (0,1,0) <sub>s=12</sub>

modelo3=ARIMA (1,1,0) (1,1,0) <sub>s=12</sub>

modelo4= modelo4=auto.arima(Ins957,1,1,stepwise=TRUE)

Los AIC's y BIC's obtenidos son:

	AIC	BIC
modelo1	805.5596	811.11
modelo2	812.9002	816.6
modelo3	804.2795	809.83
modelo4	803.5937	807.29

El Modelo 4 que es el modelo aplicado por la función "Auto.arima" del RStudio tiene menor AIC, este modelo es el ARIMA(0,1,0) (1,1,0) <sub>s=12</sub>

Ahora, observemos la grafica de ACF de los residuos del modelo 4 (ver [Anexo 13](#)) para asegurarnos si las auto-correlaciones están dentro de la banda de 95% de confianza.

Dado que las auto-correlaciones están dentro de la banda del 95% de confianza, con esto se procede a pronosticar.

Tomando el modelo 4 que consta con menor AIC, procedemos a plasmar la ecuación que servirá para pronosticar la demanda futura del producto IC957, recordemos que la serie original es de Enero 2007 –Diciembre 2011.

Sintaxis en R

```
p=predict(modelo4,1)
```

$p$

Parámetros de la ecuación

Series: Ins957

ARIMA(0,1,0)(1,1,0)[12]

Coefficients:

    sar1

    -0.5348

s.e.    0.1336

sigma^2 estimated as 1314200: log likelihood=-399.8

AIC=803.59  AICc=803.87  BIC=807.29

En el [Anexo 14](#) se detalla la sintaxis aplicada en R para el producto IC957

Ecuación SARIMA para el modelo IC957

$$x_t = ventas_t - ventas_{t-12}$$

$$y_t = x_t - x_{t-12}$$

$$y_t = -0.5348 y_{t-12} + \varepsilon_t$$

### 4.3.3 Modelo Holtwinters – IC1107

Ver [Anexo 15](#) para sintaxis en R del modelo Holtwinters en IC1107

## Resultados de la modelización

### Parámetros

alpha: 0.2029626  
beta: 0.04242102  
gamma: 0.6569488

### Coefficientes

Nivel al 2011 (a): 3025.6737221  
Pendiente al 2011 (b): 2.1452295

Estacionalidad (s1= enero, s2= febrero..... s12= diciembre)

s1 0.9980085  
s2 0.9195300  
s3 0.9731642  
s4 0.9296641  
s5 0.9625670  
s6 0.9337025  
s7 0.9723892  
s8 0.9928362  
s9 0.9530612  
s10 0.9829102  
s11 0.9474348  
s12 0.9914288

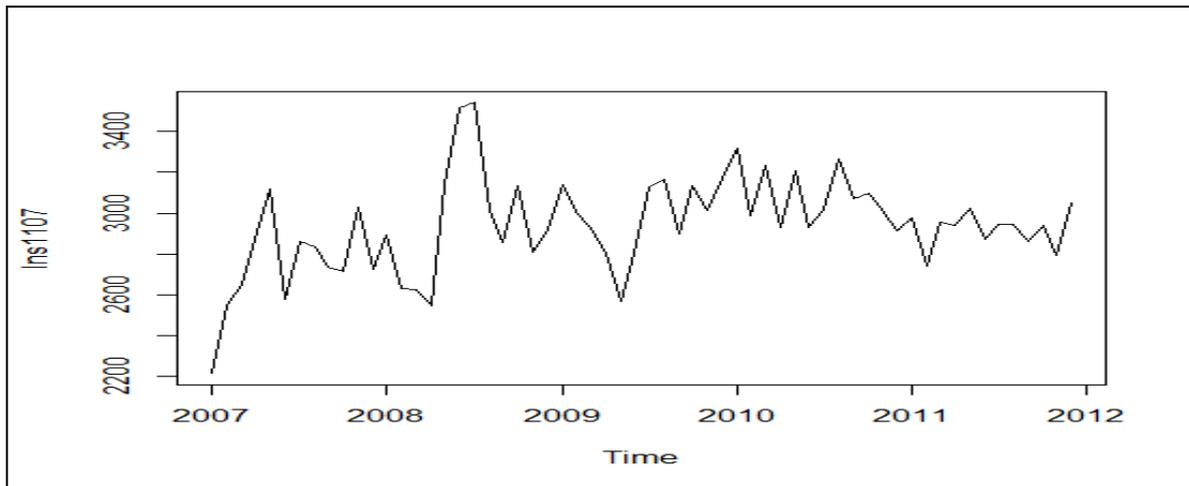
### Ecuación de pronóstico

Con el resultado obtenido en el modelo Holtwinter para el producto IC1107 se determina la ecuación para pronosticar la demanda a futuro, la cual sería:

$$\hat{Z}_n(k) = (3025.67 + k * 2.14) * estacionalidad(n + k)$$

#### 4.3.4 Modelo ARIMA– IC1107

A observar las gráficas se puede ver que los datos originales no muestran tendencia en el tiempo, en la gráfica de monthplot (ver [Anexo 16](#)) se nota que la media es relativamente constante y la varianza tiene cierto grado de variación:



Gráfica 6 Serie de tiempo original IC 1107

Aplicamos una primera diferenciación para ajustar la serie, aunque en la gráfica de la primera diferenciación se nota que la media es constante, no obstante la gráfica monthplot denota lo contrario, aplicamos una segunda diferenciación, con la segunda diferenciación se puede apreciar que la media y la varianza son constantes (ver [Anexo 16](#))

Ahora procedemos con el análisis de los gráficos ACF y PACF de la serie diferenciada (ver [Anexo 17](#)).

Examinando los gráficos podemos aplicar un modelo MA (1) un AR(1), para efectos de estudio se aplicara otros modelos, incluso usaremos el modelo Autoarima de RStudio para comparar sus AIC's

Una vez examinada la serie de tiempo se aplicarán 4 modelos a fin de contrastar sus AIC's siendo el de menos valor el que se utilizará para pronosticar:

modelo1= ARIMA (1,1,1) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo2= ARIMA (0,1,0) (1,1,1) <sub>s=12</sub>

modelo3= ARIMA (1,1,0) (1,1,0) <sub>s=12</sub>

modelo4= Auto.arima(Ins1107,1,1,stepwise=TRUE)

Los AIC's y BIC's obtenidos son:

	AIC	BIC
modelo1	662.4007	669.8
modelo2	667.1864	672.74
modelo3	672.777	678.33
modelo4	804.8149	811.05

Notamos que el Modelo 1 tiene menor AIC, este modelo es el ARIMA(1,1,1) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

Ahora, se observa la gráfica ACF de los residuos del modelo 4 (ver [Anexo 17](#)) para comprobar si las auto-correlaciones están dentro de la banda de 95% de confianza y de ser así poder pronosticar.

Tomando el modelo 4 que consta con menor AIC, se procede a plasmar la ecuación que servirá para pronosticar la demanda futura del producto **IC1107**.

Sintaxis en RS

`p=predict(modelo1,1)`

`p`

Parámetros de la ecuación

Series: Ins1107

ARIMA(1,1,1)(0,1,1)[12]

Coefficients:

	ar1	ma1	sma1
	0.4705	-0.8874	-0.9487
s.e.	0.1796	0.1068	1.6507

sigma^2 estimated as 44618: log likelihood=-327.2  
AIC=662.4 AICc=663.35 BIC=669.8

En el [Anexo 18](#) se detalla la sintaxis aplicada en R para el producto IC1107

Ecuación SARIMA para el modelo IC1107

$$\begin{aligned}x_t &= \text{ventas}_t - \text{ventas}_{t-12} \\y_t &= x_t - x_{t-12} \\y_t &= -0.9487 \varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t &= 0.4705 \varepsilon_{t-1} + (-0.8874) a_{t-1} + a_t\end{aligned}$$

#### 4.3.5 Modelo Multivariado – Tratamiento de Corrosión en Reinyección

En este modelo se aplicara lo detallado en el Capítulo 3 inciso 3.6, tal cual sucede en la estructura de los modelos univariados, el modelo a aplicar siempre será el que tenga menor AIC, en el [Anexo 19](#) se detalla la sintaxis en R del Modelo multivariado para el tratamiento de corrosión en reinyección.

#### Comparación de AIC's

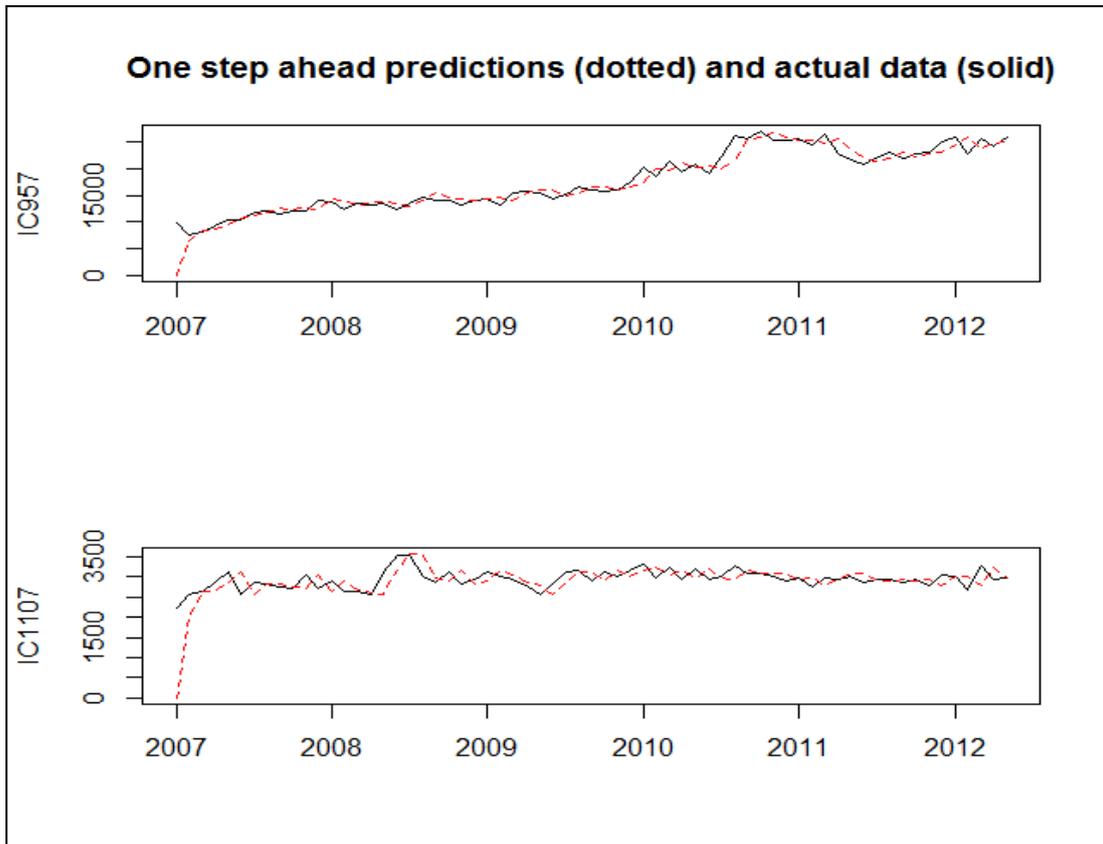
Sintaxis en R

```
informationTests(cormod1,cormod2,cormod3,cormod4,cormod5)
```

Resultados

	PORT	-ln(L)	AIC
Cormod1	47.09	1038.14	2084.27
Cormod2	30.99	1037.14	2090.27
Cormod3	104.6	1057.6	2211.1
Cormod4	47.09	1038.14	2084.27
Cormod5	31.33	1033.07	2082.13

Dado que el modelo "cormod5" es el que tiene menor AIC, es el que se utilizará para pronosticar la demanda futura



Gráfica 7 Modelo para los productos del tratamiento de Reinyección

Tomando el modelo 5 que consta con menor AIC, se procede a plasmar la ecuación que servirá para pronosticar la demanda futura de los productos **IC957** y **IC1107**.

Sintaxis en RStudio

```
f5=forecast(TSmodel(cormod5),TScorrosion,horizon=1)
f5$forecast
```

Parámetros del modelo

neg. log likelihood= 1033.066

A(L) =

1-0.7684086L1 -0.183195L2                    0+0.5327822L1 - 0.9421795L2  
0+0.03248227L1 -0.03255968L2                1-1.051766L1 + 0.04855209L2

$$B(L) =$$

$$\begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{matrix}$$

Ecuación de pronóstico

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{t1} \\ \varepsilon_{t2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} IC957 \\ IC1107 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - 0.768L1 - 0.183L2 & 0 + 0.53L1 - 0.94L2 \\ 0 + 0.032L1 - 0.032L2 & 1 - 1.051L1 + 0.0485L2 \end{bmatrix}$$

$$IC957 = 0.76 IC957_{T-1} + 0.18 IC957_{T-2} - 0.53 IC1107_{T-1} + 0.94 IC1107_{T-2} + \varepsilon_{t1}$$

$$IC1107 = -0.03 IC957_{T-1} + 0.03 IC957_{T-2} + 1.05 IC1107_{T-1} - 0.04 IC1107_{T-2} + \varepsilon_{t2}$$

## 4.4 TRATAMIENTO DESHIDRATACION

### 4.4.1 Modelo Holtwinters – CLARIFICADOR

Ver [Anexo 20](#) para sintaxis en R del modelo Holtwinters en Clarificador

Resultados de la modelización

Parámetros

alpha: 0.6104463

beta: 0

gamma: 0.7703718

Coeficientes

Nivel al 2011 (a): 913.86882147

Pendiente al 2011 (b): 0.09717366

Estacionalidad (s1= enero, s2= febrero..... s12= diciembre)

s1 1.00789765

s2 0.89354109

s3 0.97816418

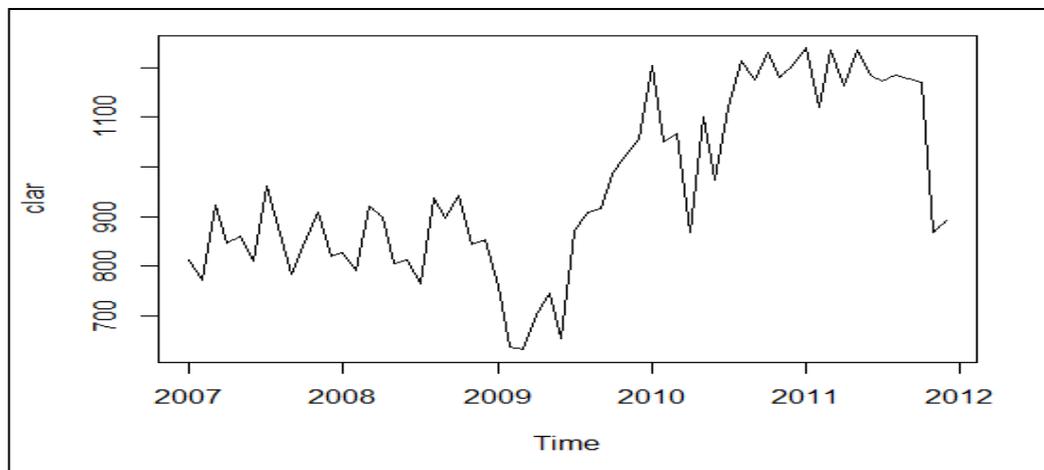
s4 0.95135624  
s5 1.03158603  
s6 0.94582499  
s7 1.03888931  
s8 1.09431956  
s9 1.03992814  
s10 1.03870789  
s11 0.93017390  
s12 0.98244432

Con el resultado obtenido en el modelo Holtwinters para el producto Clarificador se determina la ecuación para pronosticar la demanda a futuro, la cual sería:

$$\hat{Z}_n(k) = (913.86 + k * 0.097) * \text{estacionalidad}(n + k)$$

#### 4.4.2 Modelo ARIMA– CLARIFICADOR

Al realizar el análisis de las gráficas de la serie de tiempo se puede observar que los datos muestran tendencia y estacionalidad en el tiempo, en la gráfica monthplot (ver [Anexo 21](#)) se observa que la media y la varianza no son constantes.



Aplicamos una primera diferenciación para ajustar la serie, aunque en la gráfica de la primera diferenciación se nota que la media es constante, no obstante la gráfica monthplot denota lo contrario, aplicamos una segunda diferenciación, con la segunda diferenciación se puede apreciar que la media y la varianza son constantes (ver [Anexo 21](#))

Ahora procedemos con el análisis de los gráficos ACF y PACF de la serie diferenciada (ver [Anexo 22](#)).

Examinando las gráficas se podría aplicar un modelo MA (1) y SMA (1) en la parte estacional y un SAR(1) en la parte estacional, para efectos de estudio se aplicara otros modelos, incluso se considerará el modelo Autoarima de R y se comparará sus AIC's.

Una vez examinada la serie de tiempo se aplicará 4 modelos y se contrastará sus AIC's siendo el de menos valor el que usaremos para pronosticar, así tenemos:

modelo1= ARIMA (0,1,1) (1,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo2= ARIMA (1,1,1) (1,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo3=ARIMA (0,1,1) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo4=auto.arima(clar,1,1,stepwise=FALSE)

Luego de correr los modelos en R, se procede con la comparación de los AIC's y BIC's de cada modelo:

	AIC	BIC
modelo1	578.4835	585.88
modelo2	579.5351	588.79
modelo3	576.6434	582.19
modelo4	576.7306	580.43

Notamos que el Modelo 3 tiene menor AIC, este modelo es el ARIMA(0,1,1) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

Se observa la gráfica de ACF (ver [Anexo 22](#)) de los residuos del modelo 4 para confirmar si las auto-correlaciones están dentro de la banda del 95% de confianza y proceder a pronosticar con el modelo seleccionado.

Tomando el modelo 3 que consta con menor AIC se procede a plasmar la ecuación que servirá para pronosticar la demanda futura del producto Clarificador.

Sintaxis en RS

```
p=predict(modelo3,1)
```

$p$

Parámetros de la ecuación

ARIMA(0,1,1)(0,1,1)[12]

Coefficients:

ma1	sma1
-0.2055	-0.7591
s.e. 0.1393	0.3709

sigma^2 estimated as 8966: log likelihood=-285.32

AIC=576.64 AICc=577.2 BIC=582.19

En el [Anexo 23](#) se detalla la sintaxis aplicada en R para el producto Clarificador

Ecuación SARIMA para el modelo Clarificador

$$x_t = ventas_t - ventas_{t-12}$$

$$y_t = x_t - x_{t-12}$$

$$\varepsilon_t = -0.2055 a_{t-1} + a_t$$

$$y_t = -0.7591 \varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t$$

#### 4.4.3 Modelo Holtwinters – DEMULSIFICANTE

Ver [Anexo 24](#) para sintaxis en R del modelo Holtwinters en Demulsificante

Resultados de la modelización

Parámetros

alpha: 0.7634632  
beta : 0.04972342  
gamma: 1

Coeficientes

Nivel al 2011 (a): 2813.579129  
Pendiente al 2011 (b): 4.243947

Estacionalidad (s1= enero, s2= febrero..... s12= diciembre)

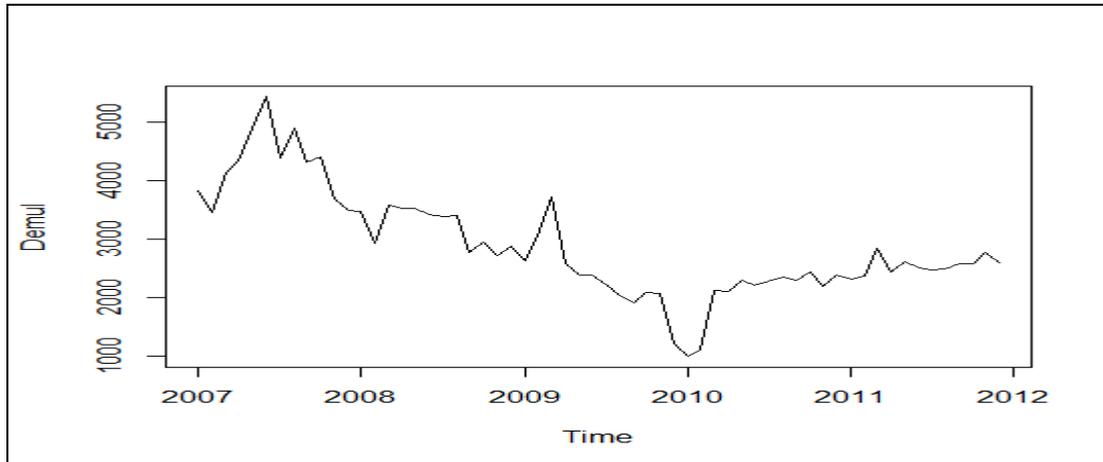
s1 -429.351844  
s2 -452.094653  
s3 164.235524  
s4 -92.718578  
s5 133.755526  
s6 147.370075  
s7 182.209582  
s8 380.405667  
s9 318.115235  
s10 370.236236  
s11 144.036840  
s12 -209.579129

Con el resultado obtenido en el modelo Holtwinters para el producto Demulsificante se determina la ecuación para pronosticar la demanda a futuro, la cual sería:

$$\hat{Z}_n(k) = 2813.57 + k * 4.24 + \text{estacionalidad}(n + k)$$

#### 4.4.4 Modelo ARIMA – DEMULSIFICANTE

Al observar la serie original del Demulsificante nos muestran tendencia y estacionalidad en el tiempo con una media y una varianza que no son constantes, esto se respalda en la gráfica monthplot (ver [Anexo 25](#))



Gráfica 9 Gráficas de la serie de tiempo Demulsificante

Aplicamos una primera diferenciación para ajustar la serie, aunque en la gráfica de la primera diferenciación se nota que la media es constante, no obstante la gráfica monthplot denota lo contrario, aplicamos una segunda diferenciación, con la segunda diferenciación se puede apreciar que la media y la varianza son constantes (ver [Anexo 25](#))

Ahora procedemos con el análisis de los gráficos ACF y PACF de la serie diferenciada (ver [Anexo 26](#)).

Examinando las gráficas se podría aplicar un modelo SMA (1) y SAR (1), para efectos de estudio se aplicarán otros modelos, inclusive el modelo Autoarima de R para comparar sus AIC's

modelo1 = ARIMA (0,1,0) (1,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo2 = ARIMA (0,1,1) (1,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo3 = ARIMA (0,1,0) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo4 = auto.arima(Demul,1,1,stepwise=FALSE)

Luego de correr los modelos en R, se procede con la comparación de los AIC's y BIC's de cada modelo:

	AIC	BIC
modelo1	703.2164	708.77
modelo2	705.016	712.42
modelo3	701.4918	705.19
modelo4	701.4918	705.19

Los modelos 3 y 4 (función Autoarima de R) obtuvieron el mismo valor AIC, es decir que la función Autoarima calculó el modelo tipo ARIMA (0,1,0) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

Al observar la gráfica de ACF de los residuos del modelo 3 (ver [Anexo 26](#)) se puede observar que las auto-correlaciones están dentro de la banda de 95% de confianza.

Tomando el modelo 3 que consta con menor AIC, se procede a plasmar la ecuación que servirá para pronosticar la demanda futura del producto Demulsificante.

Sintaxis en RS

```
p = predict (modelo3, 1)
```

```
p
```

Parámetros de la ecuación

```
Series: Demul  
ARIMA (0,1,0) (0,1,1)[12]
```

```
Coefficients:
```

```
sma1
```

```
-0.6211
```

```
s.e. 0.2292
```

```
sigma^2 estimated as 144410: log likelihood = -348.75
```

```
AIC = 701.49 AICc = 701.76 BIC=705.19
```

En el Anexo 27 se detalla la sintaxis aplicada en R para el producto Demulsificante.

Ecuación SARIMA para el modelo Demulsificante:

$$\begin{aligned}x_t &= \text{ventas}_t - \text{ventas}_{t-12} \\y_t &= x_t - x_{t-12} \\y_t &= -0.6211 \varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t\end{aligned}$$

#### 4.4.5 Modelo Holtwinters – ANTIESPUMANTE

Ver Anexo 28 para sintaxis en R del modelo Holtwinters en Antiespumante

Resultados de la modelización

Parámetros

alpha: 0.3885738

beta : 0.2081068

gamma: 0.9362473

Coeficientes

a 710.008758

b 22.740830

Estacionalidad (s1= enero, s2= febrero..... s12= diciembre)

s1 -9.694180

s2 -3.248928

s3 58.277321

s4 29.247347

s5 45.633798

s6 55.839691

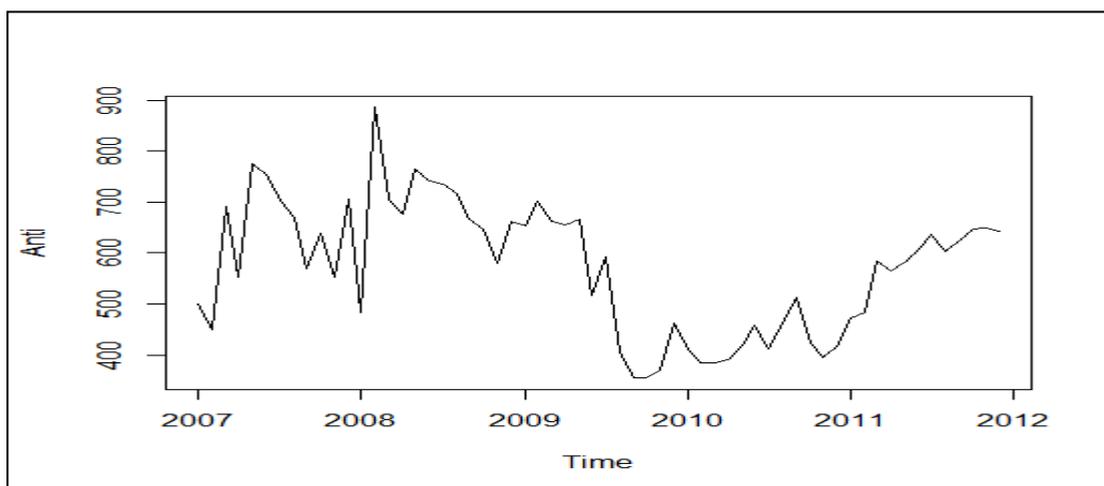
s7 54.860243  
s8 15.179211  
s9 18.762832  
s10 -14.490377  
s11 -56.036587  
s12 -65.935963

Con el resultado obtenido en el modelo Holtwinters para el producto Antiespumante se determina la ecuación para pronosticar la demanda a futuro, la cual sería:

$$\hat{Z}_n(k) = 710.008 + k * 22.74 + \text{estacionalidad}(n + k)$$

#### 4.4.6 Modelo ARIMA – ANTIESPUMANTE

Al observar la serie original del Antiespumante nos muestran tendencia y estacionalidad en el tiempo con una media y una varianza que no son constantes, esto se respalda en la gráfica monthplot (ver [Anexo 29](#))



Gráfica 10 Serie original Antiespumante 2007 – 2012

Aplicamos una primera diferenciación para ajustar la serie, aunque en la gráfica de la primera diferenciación se nota que la media es constante, no obstante la gráfica monthplot denota lo contrario, aplicamos una segunda diferenciación, con la segunda diferenciación se puede apreciar que la media y la varianza son constantes (ver [Anexo 29](#))

Ahora procedemos con el análisis de los gráficos ACF y PACF de la serie diferenciada (ver [Anexo 30](#)).

Examinando las gráficas se podría aplicar un modelo MA(1) y un AR(1), para efectos de estudio se aplicarán otros modelos y se probará el modelo Autoarima de R para comparar sus AIC's.

modelo1 = ARIMA (1,1,1) (0,1,0)<sub>s=12</sub>

modelo2 = ARIMA (1,1,1) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

modelo3 = ARIMA (1,1,0) (1,1,0)<sub>s=12</sub>

modelo4 = auto.arima (Anti,1,1,stepwise=FALSE)

Ahora comparamos los AIC's y BIC's de los modelos:

	AIC	BIC
modelo1	583.4961	589.05
modelo2	569.738	577.14
modelo3	572.8424	578.39
modelo4	572.8424	578.39

Se puede notar que el Modelo 2 tiene el valor más bajo de AIC, modelo ARIMA(1,1,1) (0,1,1)<sub>s=12</sub>

Al observar la gráfica de ACF de los residuos del modelo 2 (ver [Anexo 30](#)) se puede comprobar que las auto-correlaciones están dentro de la banda del 95% de confianza.

Tomando el modelo 2 que consta con menor AIC, se procede a plasmar la ecuación que servirá para pronosticar la demanda futura del producto Antiespumante.

Sintaxis en RS:

```
p = predict (modelo2, 1)
```

p

Parámetros de la ecuación

Series: Anti

ARIMA (1,1,1)(0,1,1)[12]

Coefficients:

	ar1	ma1	sma1
	-0.5966	-0.0183	-1.000
s.e.	0.1948	0.2293	0.525

sigma^2 estimated as 5992: log likelihood=-280.87

AIC=569.74 AICc=570.69 BIC=577.14

En el [Anexo 31](#) se detalla la sintaxis aplicada en R para el producto Antiespumante.

Ecuación SARIMA para el modelo Antiespumante

$$x_t = ventas_t - ventas_{t-12}$$

$$y_t = x_t - x_{t-12}$$

$$\varepsilon_t = -0.5966 \varepsilon_{t-1} a_{t-1} + a_t$$

$$y_t = -1 \varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t$$

#### 4.4.7 Modelo Multivariado – Deshidratación

Como en el mismo caso del Modelo Multivariado por Tratamiento de Corrosión a este modelo se aplicara lo detallado en el Capítulo 3 inciso 3.6, tal cual sucede en la estructura de los modelos Arima, el modelo a aplicar siempre será el que tenga menor AIC, en el [Anexo 32](#) se detalla la sintaxis en R del Modelo multivariado para el tratamiento Deshidratación.

#### Comparación de AIC's

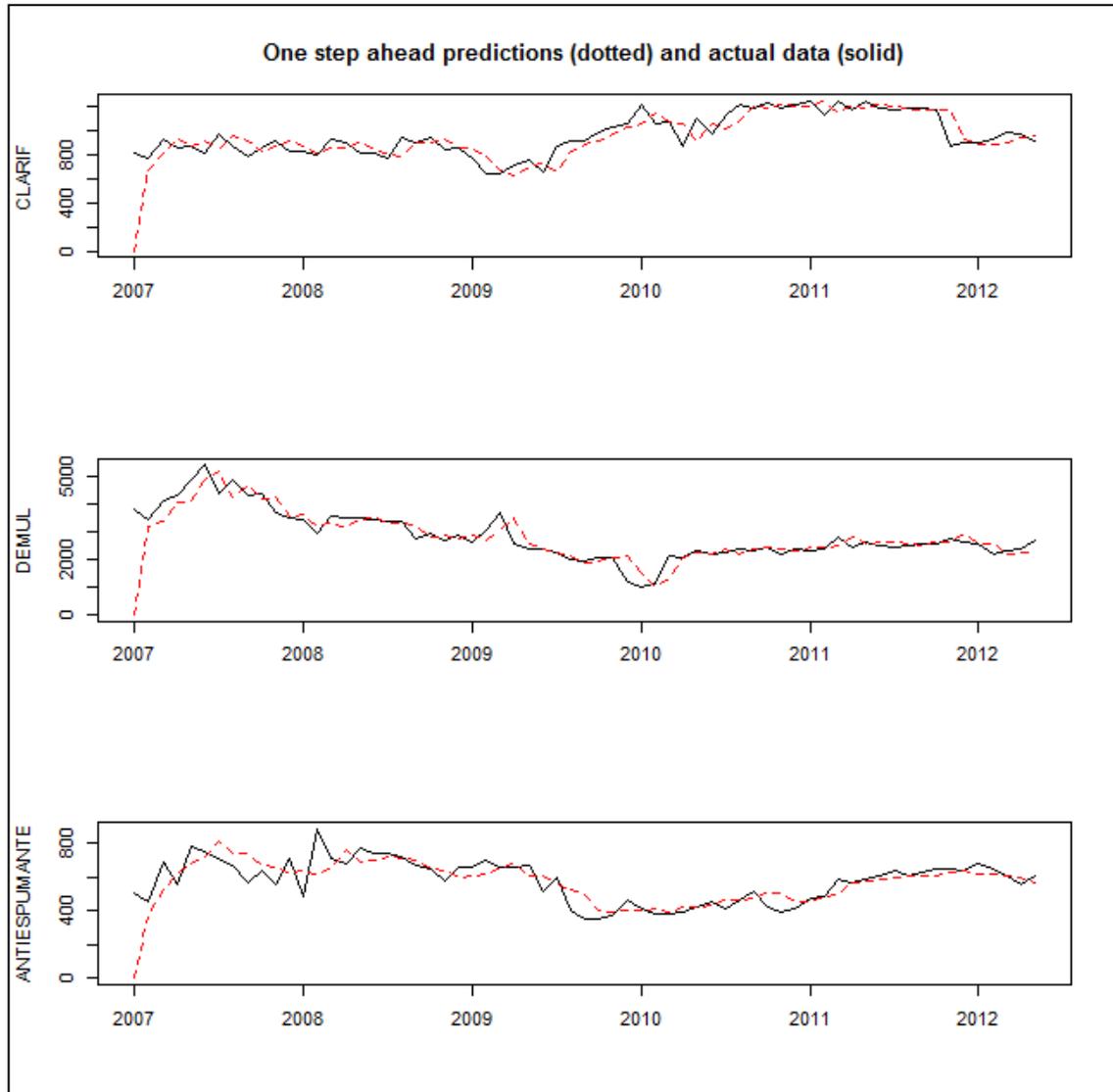
Sintaxis en R

```
InformationTests (desmod1,desmod2,desmod3,desmod4,desmod5)
```

Resultado

	PORT	-ln(L)	AIC
desmod1	165.9	1289.5	2596.9
desmod2	100.8	1283.8	2603.6
desmod3	150.5	1300.0	2816.1
desmod4	165.9	1289.5	2596.9
desmod5	96.49	1277.47	2590.93

Dado que el modelo “desmod5” es el que tiene menor AIC, es el que aplicaremos para pronosticar la demanda futura.



Gráfica 11 Modelos comparativos ajustados.

Tomando el modelo 5 que consta con menor AIC, procedemos a plasmar la ecuación que servirá para pronosticar la demanda futura de los productos **Clarificador, Demulsificante y Antiespumante.**

Sintaxis en RStudio

```
f5 = forecast(TSmodel(desmod5), TSdeshidratacion, horizon=1)
f5
```

Parámetros del modelo

neg. log likelihood= 1277.466

A(L) =

$$\begin{matrix} 1-0.7716827L1-0.2213247L2 & 0-0.0005685193L1-0.01853942L2 & 0-0.06250888L1+0.1446443L2 \\ 0+0.5492309L1-0.7469685L2 & 1-0.8303779L1-0.1111226L2 & 0-0.906849L1+0.9689858L2 \\ 0-0.02004139L1-0.04095568L2 & 0-0.04544008L1+0.003891845L2 & 1-0.3360743L1-0.3640102L2 \end{matrix}$$

B(L) =

$$\begin{matrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{matrix}$$

Ecuación de pronóstico:

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{t1} \\ \varepsilon_{t2} \\ \varepsilon_{t3} \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} \text{Clarif} \\ \text{Demul} \\ \text{Anties} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - 0.77L1 - 0.22L2 & 0 - 0.0005L1 - 0.018L2 & 0 - 0.062L1 + 0.144L2 \\ 0 + 0.54L1 - 0.74L2 & 1 - 0.830L1 - 0.11L2 & 0 - 0.90L1 + 0.96L2 \\ 0 - 0.02L1 - 0.04L2 & 0 - 0.045L1 + 0.0038L2 & 1 - 0.33L1 - 0.36L2 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \text{Clar} = 0.77 \text{Clar}_{T-1} + 0.22 \text{Clar}_{T-2} + 5.6 \times 10^{-5} \text{Dem}_{T-1} + 0.01 \text{Dem}_{T-2} + 0.06 \text{ant}_{T-1} - 0.14 \text{Ant}_{T-2} + \varepsilon_{t1} \\ \text{Dem} = -0.54 \text{Clar}_{T-1} + 0.74 \text{Clar}_{T-2} + 0.83 \text{Dem}_{T-1} + 0.11 \text{Dem}_{T-2} + 0.9 \text{ant}_{T-1} - 0.96 \text{Ant}_{T-2} + \varepsilon_{t2} \\ \text{Ant} = 0.02 \text{Clar}_{T-1} + 0.04 \text{Clar}_{T-2} + 0.04 \text{Dem}_{T-1} - 0.003 \text{Dem}_{T-2} + 0.33 \text{ant}_{T-1} + 0.36 \text{Ant}_{T-2} + \varepsilon_{t3} \end{matrix}$$

Nomenclatura

- Clar = Clarificador
- Dem = Demulsificante
- Ant = Antiespumante

## CAPITULO 5

### 5. POLITICA DE INVENTARIO

#### 5.1 Selección de método de estimación

Una vez obtenida la demanda esperada para el 2012 utilizando los métodos Univariado, Multivariado y Holt-Winters y habiendo seleccionado aquel con la menor media absoluta del margen de error a través de los indicadores MAD y MAPE; se analizará la política de inventario para cada una de las materias primas de los productos analizados.

Los resultados obtenidos fueron:

- a) Para el antiescala el método de estimación que más se acercó fue el UNIVARIADO (Véase *Anexo 33*)

METODO	MAD (GALONES)	MAPE
FORECAST	1449,17	15,79%
UNIVARIADO	268,68	3,00%
HOLTWINTER	288,58	3,21%

**DEMANDA PROMEDIO (GALONES) 8952,971417**

Tabla 4 Método obtenido para producto Antiescala

- b) Para el Biocida el método de estimación que más se acercó fue el HOLTWINTER (Véase *Anexo 34*)

METODO	MAD (GALONES)	MAPE
FORECAST	431,58	12,35%
UNIVARIADO	356,35	10,81%
HOLTWINTER	338,51	10,27%

**DEMANDA PROMEDIO (GALONES) 3566,05475**

Tabla 5 Método obtenido para producto Biocida

- c) Para el anticorrosivo 957 el método de estimación que más se acercó fue el HOLTWINTER (Véase Anexo 35)

METODO	MAD (GALONES)	MAPE
FORECAST	3349,83	12,34%
MULTIVARIADO	1561,11	6,02%
UNIVARIADO	1346,42	5,12%
<b>HOLTWINTER</b>	<b>1003,98</b>	<b>3,83%</b>

**DEMANDA PROMEDIO (GALONES) 26475,44083**

Tabla 6 Método obtenido para producto Anticorrosivo 957

- d) Para el anticorrosivo 1107 el método de estimación que más se acercó fue el HOLTWINTER (Véase Anexo 36)

METODO	MAD (GALONES)	MAPE
FORECAST	381,58	12,75%
MULTIVARIADO	157,53	5,31%
UNIVARIADO	112,24	3,76%
<b>HOLTWINTER</b>	<b>76,79</b>	<b>2,54%</b>

**DEMANDA PROMEDIO (GALONES) 2955,1845**

Tabla 7 Método obtenido para producto Anticorrosivo 1107

- e) Para el clarificador el método de estimación que más se acercó fue el MULTIVARIADO (Véase Anexo 37)

METODO	MAD (GALONES)	MAPE
FORECAST	420,00	48,03%
<b>MULTIVARIADO</b>	<b>71,93</b>	<b>8,57%</b>
UNIVARIADO	81,15	9,49%
HOLTWINTER	76,05	8,99%

**DEMANDA PROMEDIO (GALONES) 904,107275**

Tabla 8 Método obtenido para producto Clarificador

- f) Para el Demulsificante el método de estimación que más se acercó fue el HOLTWINTER (Véase Anexo 38)

METODO	MAD (GALONES)	MAPE
FORECAST	653,58	49,97%
MULTIVARIADO	316,20	24,61%
UNIVARIADO	337,61	23,39%
<b>HOLTWINTER</b>	<b>307,20</b>	<b>20,23%</b>

**DEMANDA PROMEDIO (GALONES) 2259,083125**

Tabla 9 Método obtenido para producto Demulsificante

- g) Para el antiespumante el método de estimación que más se acercó fue el MULTIVARIADO (Véase Anexo 39)

METODO	MAD (GALONES)	MAPE
FORECAST	50,33	8,42%
<b>MULTIVARIADO</b>	<b>49,75</b>	<b>7,73%</b>
UNIVARIADO	49,08	7,94%
HOLTWINTER	60,53	9,75%

**DEMANDA PROMEDIO (GALONES) 583,34**

Tabla 10 Método obtenido para producto Antiespumante

Una vez establecidas las demandas promedio para cada uno de los productos objeto de este estudio, se realizará una clasificación ABC de las materias primas de importación de estos ítems y posterior a ello se determinará las políticas de inventario más adecuadas.

## 5.2 Análisis ABC

La importancia de las materias primas de la firma radica directamente en aspectos cualitativos de los químicos y no cuantitativos (volumen de ventas). Esto ocurre debido a que una falta de suministro de anticorrosivo, antiescala o demulsificante sea cual fuese su dosificación puede causar daños en las tuberías de los campos lo que ocasionaría un grave incidente ecológico con fuertes demandas y la pérdida de toda posibilidad de volver a participar en una licitación.

Es por estas condiciones, que su suministro debe ser continuo mientras que, los otros químicos no afectan directamente a las tuberías y más bien son utilizados después del proceso de extracción.

La clasificación ABC de los sku's entonces estará dada por las siguientes características:

### CARACTERISTICA 1:

- Importado
- Local

### CARACTERISTICA 2:

- Anticorrosivo
- Demulsificante
- Antiescala
- Otros

- Si cumple la característica importado y además es un anticorrosivo, demulsificante o antiescala se considera un producto tipo A.
- Si cumple la característica importado y otros se considera un producto tipo B.
- Si cumple la característica local y otros se consideran un producto tipo C.

Para este estudio, los productos evaluados son de tipo A y B:

TRATAMIENTO	PRODUCTO	MATERIA PRIMA	CARACTERISTI CA 1	CARACTERISTICA 2	CLASIFICACION
ANTI ESCALA	ANTI ESCALA	MP 67	IMPORTADO	ANTI ESCALA	A
BIOCIDA	BIOCIDA	MP 98	IMPORTADO	OTROS	B
CORROSION EN REINYECCION	ANTICORROSIVO 957	MP A60	IMPORTADO	ANTICORROSIVO	A
		MP Q80	IMPORTADO	ANTICORROSIVO	A
REINYECCION	ANTICORROSIVO 1107	MP 571	IMPORTADO	ANTICORROSIVO	A
		MP 120	IMPORTADO	OTROS	B
DESHIDRATAACION	DEMULSIFICANTE	MP 3879	IMPORTADO	DEMULSIFICANTE	A
		MP 13	IMPORTADO	DEMULSIFICANTE	A
		MP 47	IMPORTADO	DEMULSIFICANTE	A
		MP 12500	IMPORTADO	OTROS	B

**Tabla 11 Clasificación ABC de las materias primas**

### 5.3 Política actual y sus costos

De acuerdo a las políticas de la empresa se revisa cada semana el nivel de inventario de los productos y aproximadamente cada cuatro semanas después de verificar éstos niveles se realiza un pedido de hasta el consumo de mes y medio, tomando como base el mes en curso y lo que está en tránsito.

Dado que no se tiene un pronóstico acertado ni puntos de reorden establecidos, el problema surge cuando este consumo cambia. Estos cambios pueden darse por las siguientes razones:

- 1.- Se explotaron o se cerraron puntos de extracción
- 2.- El cliente solicitó un cambio en la dosis de inyección
- 3.- Se realizaron cambios en la formulación para mejorar la eficiencia

La actual política de compra del grupo establece:

- ❖ Reuniones semanales
- ❖ Pedidos en función de los saldos de bodega del momento
- ❖ Ordenes por el consumo aproximado de mes o mes y medio para órdenes que vienen de Estados Unidos y órdenes por el consumo de tres meses para las órdenes que provienen de Europa y Asia.

Con estos precedentes, los niveles actuales de cobertura y de rotación de inventario son (Ver Anexo 40):

MATERIA PRIMA	INDICE DE COBERTURA (días)	INDICE DE ROTACION ACTUAL (veces / mes)	INDICE DE ROTACION (veces / año)
MP 67	23.87	1.26	15.08
MP 98	55.05	0.54	6.54
MP A60	37.44	0.80	9.62
MP Q80	21.20	1.41	16.98
MP 571	25.89	1.16	13.91
MP120	53.02	0.57	6.79
MP 3879	117.99	0.25	3.05
MP 13	85.60	0.35	4.21
MP 47	63.05	0.48	5.71
MP 12500	107.20	0.28	3.36

**Tabla 12 Nivel de cobertura y rotación actual de inventario**

Debido a las consideraciones anteriores, los costos totales de mantenimiento de inventario por año son:

MATERIA PRIMA	COSTO ANUAL DE COLOCAR UN ORDEN (CCO)	COSTO DE FINANCIAMIENTO (3,5% anual)	COSTO ANUAL DE ALMACENAMIENTO	COSTO ANUAL TOTAL DE MANTENIMIENTO DE INVENTARIO (CCO + CF + CA)
MP 67	2004,42	10576,10	2899,850	15480,374
MP 98	728,88	3024,00	1216,343	4969,223
MP A60	2004,42	35625,74	4130,492	41760,656
MP Q80	2004,42	18047,07	2339,325	22390,812
MP 571	2004,42	611,38	102,016	2717,816
MP120	911,10	NA	1255,066	2166,166
MP 3879	728,88	2822,40	887,744	4439,024
MP 13	1093,32	1935,36	858,749	3887,429
MP 47	1093,32	2076,48	474,411	3644,211
MP 12500	364,44	NA	128,993	493,433

**Tabla 13 Costos totales de mantenimiento de inventario**

Obteniendo finalmente un costo total de \$101,949.15 (ver Anexo 41).

## 5.4 Análisis de Lead Times

Utilizando el histórico de las órdenes de compra por proveedor, colocadas en condiciones normales se establecieron los lead times de cada una de las materias primas por producto, obteniendo así:

TRATAMIENTOS	ANTI-INCRUSTANTE	BIOCIDA	CORROSION EN REINYECCION		DESHIDRATACION			
PRODUCTO	ANTI-ESCALA	BIOCIDA	ANTICORROSIVO 957	ANTICORROSIVO 1107	CLARIFICADOR	DEMULSIFICANTE		ANTI-ESPUMANTE
CLASIFICACION ABC	A	B	A	A	B	A		B
MATERIA PRIMA	MP 67	MP 98	MP A60	MP A60	MP 120	MP 3879	MP 13	MP AK
			MP Q80	MP Q80			MP 47	
			MP 571	MP 571				
ORIGEN	USA	CHINA	USA	USA	USA	ALEMANIA	USA	USA
$\mu$ LEADTIME (días)	49.27	92.63	49.27	49.27	51.50	102.50	73.67	82.33
$\mu$ LEADTIME (meses)	1.64	3.09	1.64	1.64	1.72	3.42	2.46	2.74
$\sigma$ LEADTIME (días)	11.83	5.78	11.83	11.83	10.35	8.12	11.72	2.52
$\sigma$ LEADTIME (meses)	0.39	0.19	0.39	0.39	0.35	0.27	0.39	0.08

Tabla 14 Análisis de lead times por producto y por materia prima

### Anticorrosivo: Origen Houston – Estados Unidos

### Antiescala: Origen Houston – Estados Unidos

Para las materias primas del tratamientos anti-incrustante y anticorrosivo se obtuvo un lead time promedio de 49 días, período que incluye el tiempo de producción, despacho y desaduanización con una desviación de 11 días (Ver Anexo 42)

Ambas materias primas tienen clasificación A, cuando existe desabastecimiento de alguna de ellas el plan de emergencia es bajar la suficiente cantidad de carga por Miami cuyo tiempo de tránsito es menor (7 días) y aplacar el desabastecimiento antes que llegue la siguiente orden normal.

### Demulsificante.- Origen Estados Unidos y Alemania

En el caso de las materias primas del tratamiento demulsificante, se encontraron dos orígenes, con lo cual las materias primas de origen Estados Unidos tienen un lead time y una desviación aproximada de 73 y 11 días respectivamente. Mientras que para las materias primas de origen Alemania se

encontró un lead time de 102 días con una desviación de 8 días. (Ver Anexo 43)

Cuando se presenta un desabastecimiento de las materias primas de origen Estado Unidos, al igual que en los tratamientos anti-incrustante y de corrosión, se baja la suficiente cantidad de carga por Miami cuyo tiempo de tránsito es menor (7 días) y se aplaca el desabastecimiento hasta que llegue la siguiente orden normal.

Sin embargo cuando la materia prima es de origen Alemania, lo que se hace es buscar una fórmula alterna que pueda ser utilizada en campo mientras llega la materia prima normal. Este plan de emergencia aunque efectivo puede ocasionar:

- Desabastecimientos en otros campos
- Costos por producto más elevados
- Reducción en la margen de rentabilidad

### **Biocida: Origen Hong Kong – China**

Para la materia prima del tratamiento biocida se encontró un lead time de 92 días con una desviación aproximada de 5 días. (Ver Anexo 44)

Cuando hay algún desabastecimiento de esta materia prima, se la adquiere localmente pero a un costo de más del doble que lo que costaría la importación directa.

### **Clarificador: Origen Georgia – Estados Unidos**

Para las materias primas del tratamiento clarificador se encontró un lead time de 51 días con una desviación aproximada de 10 días. (Ver Anexo 45)

Para el caso de esta materia prima, los niveles de rotación son bastante bajos con lo cual está mayormente presente una situación de sobre stock.

### **Antiespumante: Origen Riceboro – Estados Unidos**

Para las materias primas del tratamiento antiespumante se encontró un lead time de 82 días con una desviación aproximada de 2 días. (Ver Anexo 46)

Para el caso de esta materia prima, los niveles de rotación son bastante bajos con lo cual está mayormente presente una situación de sobre stock.

### **5.5 Política sugerida**

Basándonos en las políticas de optimización y mejora constante de procesos y cadena logística de la compañía, se pretende elaborar un modelo que corrobore dichas políticas de adquisición de materia prima con sus proveedores principales.

Con esta simulación el objetivo principal fue encontrar la cantidad óptima de materia prima que debe contener cada pedido realizado a los distintos proveedores del exterior. Todo esto, a fin de satisfacer la demanda de los principales productos utilizados en los tratamientos aplicados en el campo minimizando los posibles escenarios de sobre stock o desabastecimiento y analizando todas las variables que inciden en su consumo con lo cual se podrá establecer una política de compra que maximice la utilidad sobre el margen del producto.

Al establecer una política de pedidos que maximice la utilidad de la empresa, a su vez se podrá:

- A) Facilitar la información al proveedor a fin de que pueda coordinar con su área de producción las necesidades de la compañía.
- B) El forwarder podrá realizar los bookings con anticipación a fin de que no haya retrasos en los despachos.
- C) Se podrá tener la información relevante para el presupuesto de compras

Ante lo expuesto anteriormente como sistema de control se recomienda seguir una política de inventario de revisión continua (Silver et al., Inventory Management and Production Scheduling, 1998)

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

Dónde el Sistema (s,S) para productos tipo A estará dado por:

s: Posición de inventario en la que se debe ordenar

S: Cantidad hasta la que se debe ordenar

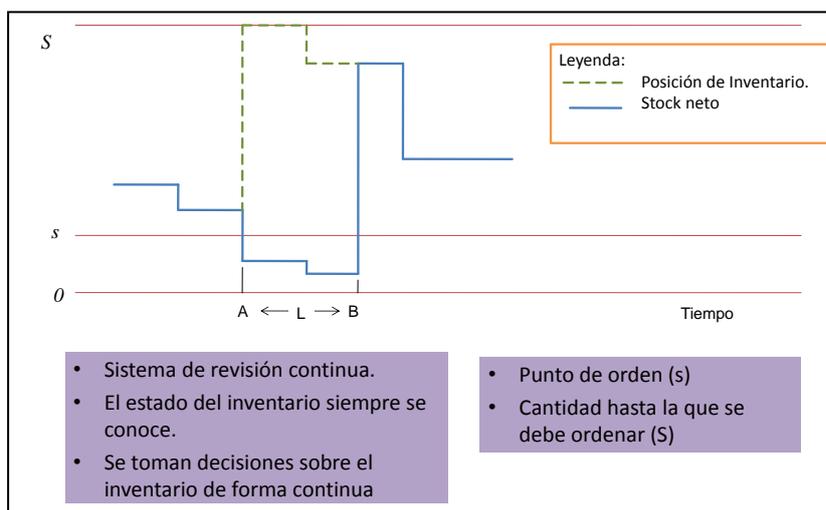


Ilustración 10 Sistema (s, S)

Dónde:

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

$$s = AVG \times AVGL + z\sqrt{AVGL \times STD^2 + AVG^2 \times STDL^2}$$

$$S = \max \{Q, AVGL \times AVG\} + z\sqrt{AVGL \times STD^2 + AVG^2 \times STDL^2}$$

Los resultados obtenidos fueron:

	MP 67	MP A60	MP Q80	MP 571	MP 3879	MP 13	MP 47
Q* =	30092.32	19775.89	19655.82	3788.83	4646.50	6146.72	5139.16
s =	41781.82	37914.10	37914.10	1342.31	4628.86	4921.17	3690.90
S =	44163.89	37914.10	37914.10	4232.21	5704.88	7646.44	6263.96

Tabla 15 Resultados obtenidos aplicando la política de inventario (s, S) para productos tipo A

Dado que estos productos son tipo A se consideró un nivel de servicio del 98% (Ver Anexo 47).

El Sistema (s, Q) para productos tipo B estará dado por:

s: Punto de orden

Q: Cantidad a ordenar

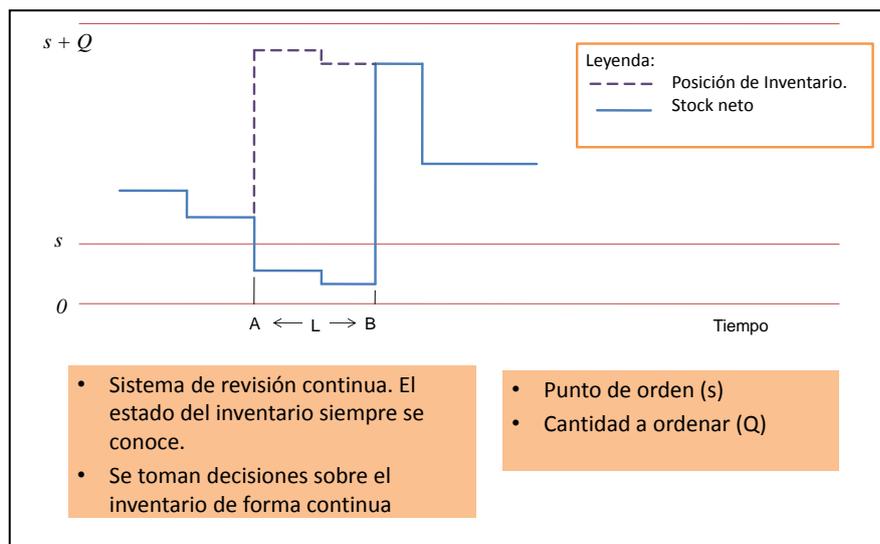


Ilustración 11 Sistema (s, Q)

Los resultados obtenidos fueron:

	MP 98	MP120	MP 12500
Q* =	13323.92	11323.14	1944.98
s =	10668.85	7543.99	490.96

Tabla 16 Resultados obtenidos aplicando la política de inventario (s, Q) para productos tipo B

Dado que estos productos son tipo B se consideró un nivel de servicio del 95% (Ver Anexo 48).

Una vez aplicada la nueva política de inventario los costos totales de mantenimiento serán de:

MATERIA PRIMA	COSTO ANUAL DE COLOCAR UNA ORDEN (CCO)	COSTO DE FINANCIAMIENTO (3,5% anual)	COSTO ANUAL DE ALMACENAMIENTO	COSTO ANUAL TOTAL DE MANTENIMIENTO DE INVENTARIO (CCO + CF + CA)
MP 67	1225.96	13746.94	3644.255	18617.154
MP 98	503.64	2320.07	662.876	3486.587
MP A60	1694.40	26259.34	3310.001	31263.745
MP Q80	1704.75	26581.15	3310.001	31595.901
MP 571	315.87	912.60	118.221	1346.697
MP120	634.89	NA	710.135	1345.024
MP 3879	491.79	2212.09	225.724	2929.602
MP 13	495.67	2247.19	300.963	3043.825
MP 47	444.64	1808.30	225.724	2478.662
MP 12500	187.88	NA	36.098	223.982

Tabla 17 Costos considerando la nueva política de inventario

Obteniendo finalmente un costo total de \$96,331.18 (ver Anexo 49).

## CAPITULO 6

### 6.1 CONCLUSIONES

En base al estudio de estimación de la demanda de los productos químicos que la empresa provee al mercado, y luego aplicando políticas de inventarios en base a las estimaciones, se ha podido integrar ambas técnicas cuyo objetivo es satisfacer la demanda con el más alto nivel de servicio, con lo cual podemos concluir:

1. Que los modelos matemáticos de estimación seleccionados (Holt-winter, ARIMA, Multivariados) estiman la demanda con errores de desviación con la realidad bastante aceptables, en algunos productos el error no supera el 3%, estos modelos se mantienen estables inclusive en el 2013 (Ver Anexo 50)
2. La estimación es dinámica y un solo modelo no puede ser aplicable para todos los productos.
3. Entre más datos se disponga en el tiempo, los estimadores calcularan con menor desviación de error posible.
4. Los niveles de inventario observados muestran en ciertos casos niveles altos para las materias primas tipo A, lo cual generalmente es bueno sin embargo esto podría estar indicando que para ciertos casos las mercaderías que se tienen son insuficientes para el nivel de ventas que se maneja lo cual es un factor determinante en los desabastecimientos que se presentaron a lo largo del período de estudio.
5. Actualmente no se están considerando los lead times reales de cada producto, al implementar un política de inventario formal este parámetro será considerado cuando se establezcan las cantidades por orden y el número de orden a colocar.

6. Aunque la diferencia en los costos entre una política y otra no es tan alta, la nueva política optimiza el número de órdenes considerando costos y lead times a su vez e incluye una mayor cobertura evitando así costos extras por multas o fletes más rápidos pero costosos.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

1. Es importante siempre actualizar la base de datos de consumos reales para que los estimados de demanda proyecten valores con desviaciones razonables.
2. Cabe recalcar que estos modelos de demanda no estiman cualquier venta puntual que el mercado brinda la oportunidad de atender, por eso es recomendable que las proyecciones obtenidas de los modelos sean consolidadas con el departamento comercial para afinar proyecciones puntuales más las proyecciones con base de datos históricos
3. Establecer un procedimiento para todos aquellos pedidos extras que surjan del cliente y ante los cuales no haya habido ninguna previsión.
4. Desarrollar mejores relaciones con los clientes, de tal manera que sea más fácil obtener información acerca de la apertura o cierre de nuevos pozos o proyectos.
5. Implementar una política de inventario de revisión periódica a través de la cual se establezcan cantidades óptimas de pedido y sus puntos de reorden y se consideren los lead time reales de cada producto.

# Anexo 1

Ministerio de Recursos Naturales No Renovables		SECRETARÍA DE HIDROCARBUROS PLAN PLURIANUAL 2010 - 2013																	
Objetivos PNBV	Metas PNBV	Políticas MRNR	Estrategias MRNR	Planes, Programas, Proyectos	Objetivo Estratégico Institucional (OEI)	Indicador de gestión del Objetivo	Línea de Base del Indicador del Objetivo	Meta de Gestión del Objetivo	Programación anual en % de la meta				Presupuesto del objetivo estratégico institucional (En Miles de dólares)				Cobertura Geográfica	Número estimado de beneficiarios	Unidad de Medida
									2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013			
Objetivo 11. Reducir un sistema económico social, ambiental y energético		Fomentar los derechos y asegurar la presencia del Estado en la administración, gestión, regulación y control de los recursos naturales no renovables	Incorporación de tecnología para la gestión de la política ambiental y el fortalecimiento de la capacidad de regulación y evaluación de su cumplimiento	Fortalecimiento del Servicio de Información del Sector Hidrocarburos dentro de la creación del Banco de Información Petrolera (BIP)	Impulsar el desarrollo productivo del sector hidrocarburos	Nuevo instrumento Petrolera Fiscal (PF), implementación	Información técnica y administrativa de la industria petrolera mantenida en actualizada	Análisis de situación actual, inventario, carga de información, diseño del modelo de gestión, capacitación y fortalecimiento de personal		4%	4%	8%		2.00	2.00	0%	Nacional	14.000.000	BPF implementado en el 100%
		Fomentar la producción petrolera (petrol y gas) a 100.0 miles de barriles por día en 2013	Fomentar la inversión para el desarrollo productivo	Fomentar apertura y regulación de inversión nacional y extranjera para los hidrocarburos		Plan para impulsar el desarrollo productivo del sector hidrocarburos	% de avance del proceso de negociación, suscripción y firma de los contratos petroleros con las empresas de acuerdo al nuevo modelo	Contratos vigentes: 10 de participación, 6 contratos de explotación unitaria, 1 contrato de servicios, 6 contratos exploratorios y 0 campos marginales	Renegociación, suscripción de los contratos petroleros con las empresas de acuerdo al nuevo modelo		60%	20%					Nacional	14.000.000	Número de contratos petroleros renegociados y suscritos de acuerdo a nuevo modelo
				Revisión la Contribución de la Producción de Gas Natural en Región 7			Control con FCC Ecuador Ltda. Canelillo	Región 7 ajustado a FCC	La liquidación del contrato de FCC Ecuador Ltda.		100%				40.000.000			Nacional	14.000.000
														1.400.000	2.000				

Ing. Rómulo César Ayala  
Secretario de Hidrocarburos

## Anexo 2

### **Sintaxis en R para la conversión de la información diaria a mensual**

```
setwd("C:/Users/damian/Desktop/mario/maestria/tesis/lo_pepa")
repsol=read.delim("demandarepsol2007-2012.txt")
a=as.character(repsol$MES)
repsol$MES=factor(a,unique(a))
repsolmensual=ts(aggregate(.~MES,repsol,sum)[,-(1:2)],frequency=12,start=c(2007,1))
repsolmensual
```

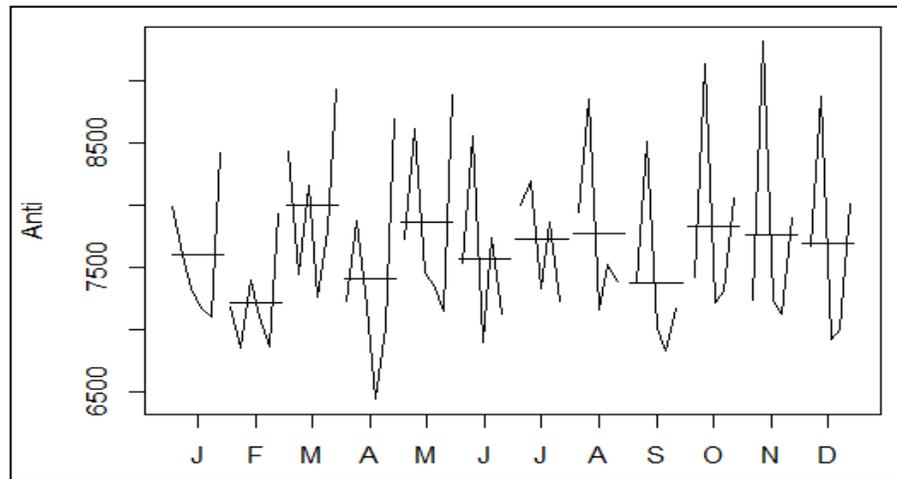
## Anexo 3

### **Sintaxis en R para el análisis del producto Antiescala utilizando el modelo Holtwinter**

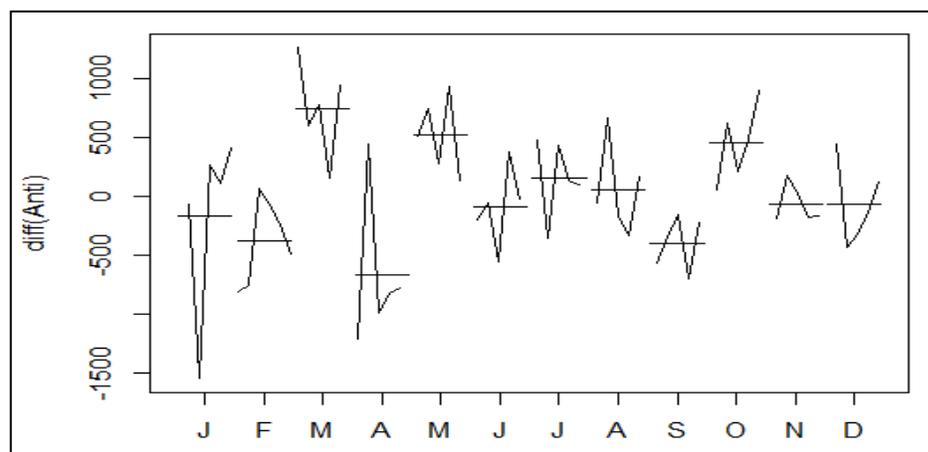
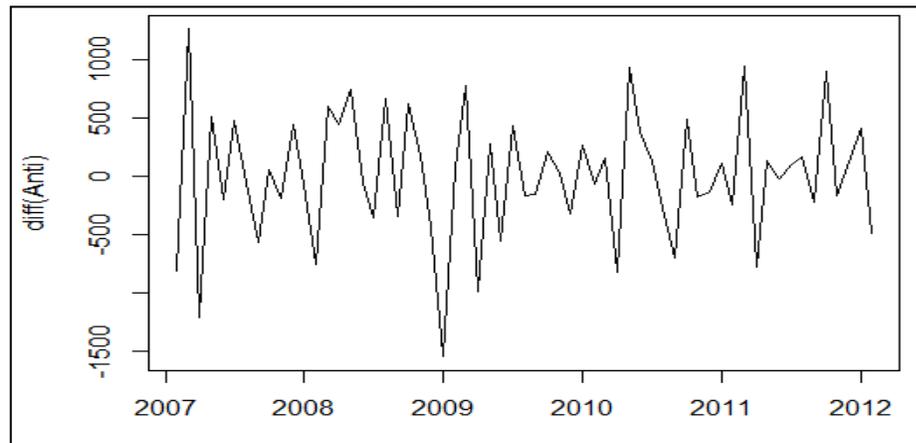
```
Antiescala=(repsolmensual[, "ANTI ESCALA"])
Anti=window(Antiescala,start=c(2007,1),end=c(2011,12))
Anti
holt<-HoltWinters(Anti)
prnholt<-predict(holt,1)
prnholt
```

## Anexo 4

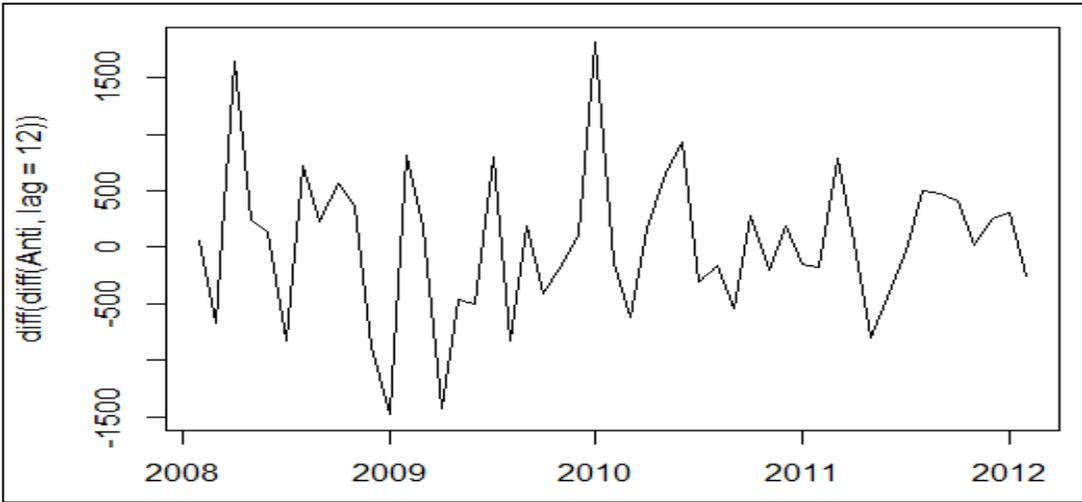
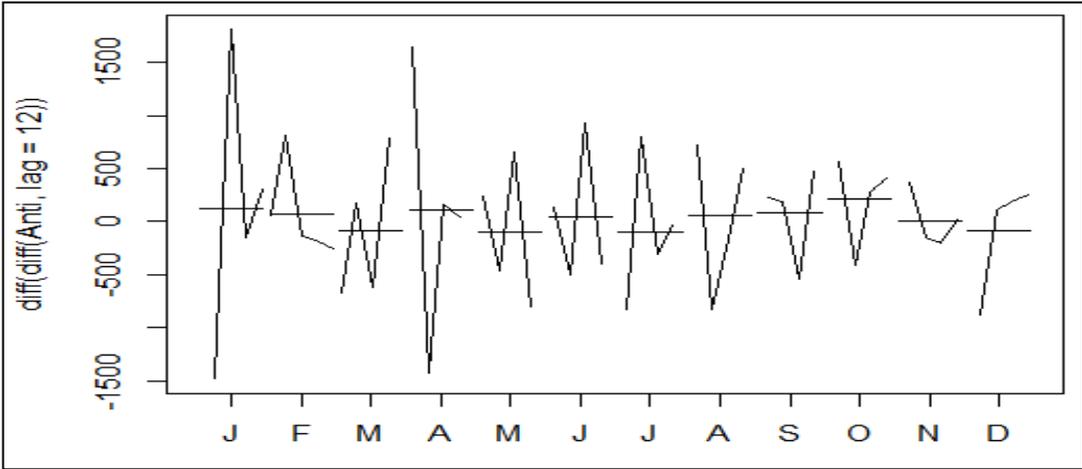
### Gráfica monthplot para la serie Antiescala original



### Primera diferenciación y gráfica monthplot obtenida con la serie antiescala

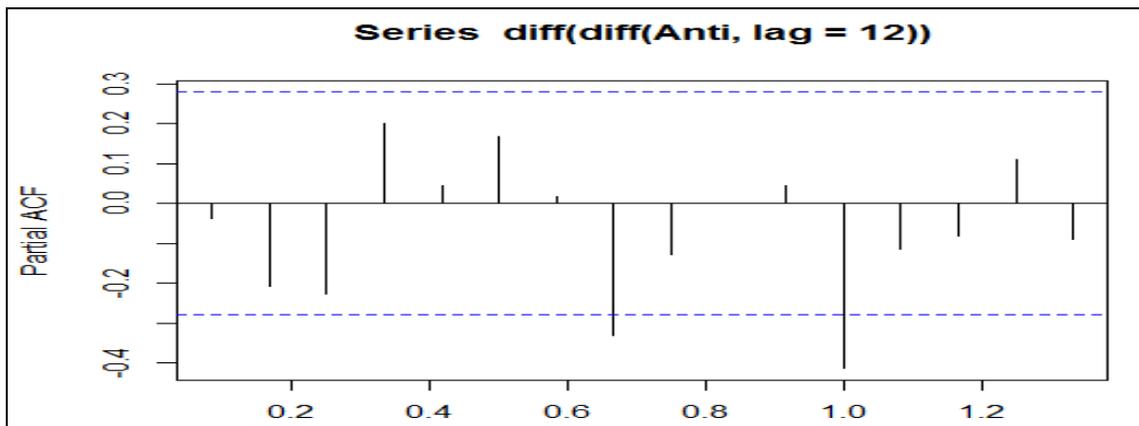
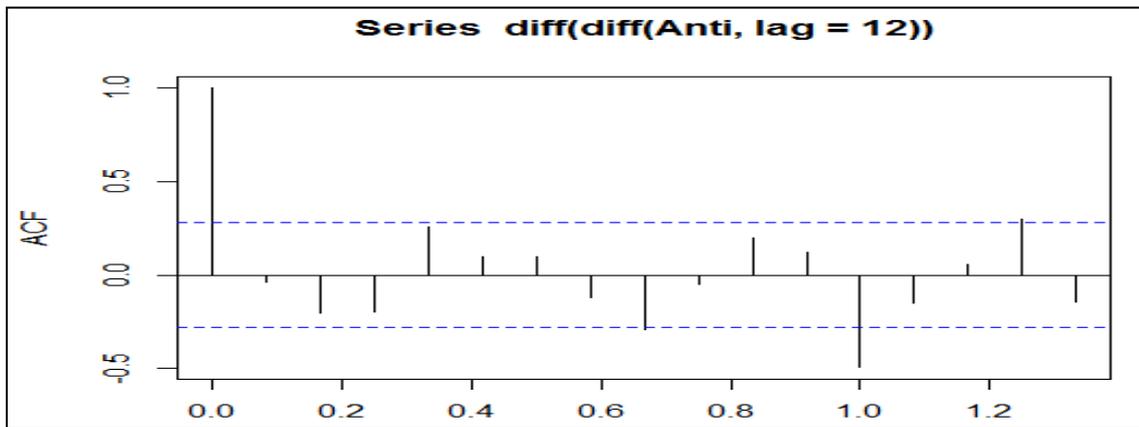


**Segunda diferenciación y gráfica monthplot obtenida con la serie  
antiescala**

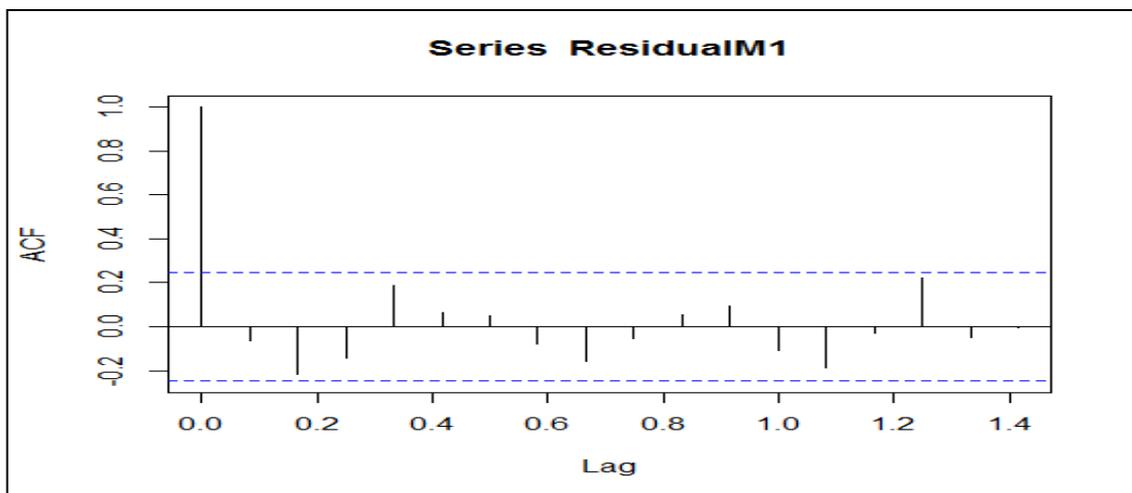


## Anexo 5

### ACF y PACF de la serie diferenciada Antiescala



### Análisis ACG para residuales del modelo 1



## Anexo 6

### Sintaxis en R del modelo ARIMA - Antiescala

```
ts.plot(Anti)
acf(Anti)
abline(v=2007:2011)
monthplot(Anti)
ts.plot(diff(Anti))
monthplot(diff(Anti))
acf(diff(Anti, lag=12))
pacf(diff(Anti, lag=12))
ts.plot(diff(diff(Anti, lag=12)))
monthplot(diff(diff(Anti, lag=12)))
acf(diff(diff(Anti, lag=12)))
pacf(diff(diff(Anti, lag=12)))
modelo1=arima(Anti, c(0, 1, 0), c(0, 1, 1))
modelo2=arima(Anti, c(0, 1, 0), c(1, 1, 1))
modelo3=arima(Anti, c(0, 1, 1), c(0, 1, 1))
modelo4=auto.arima(Anti, d=1, D=1, stepwise=TRUE)
AIC(modelo1, modelo2, modelo3, modelo4)
ResidualM1=residuals(modelo1)
acf(ResidualM1)
```

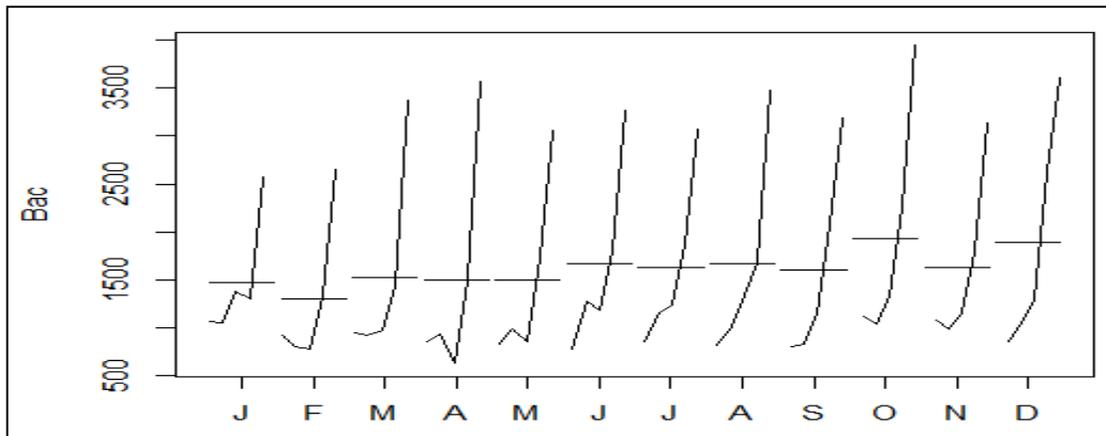
## Anexo 7

### **Sintaxis en R para el análisis del producto Biocida utilizando el modelo Holtwinter**

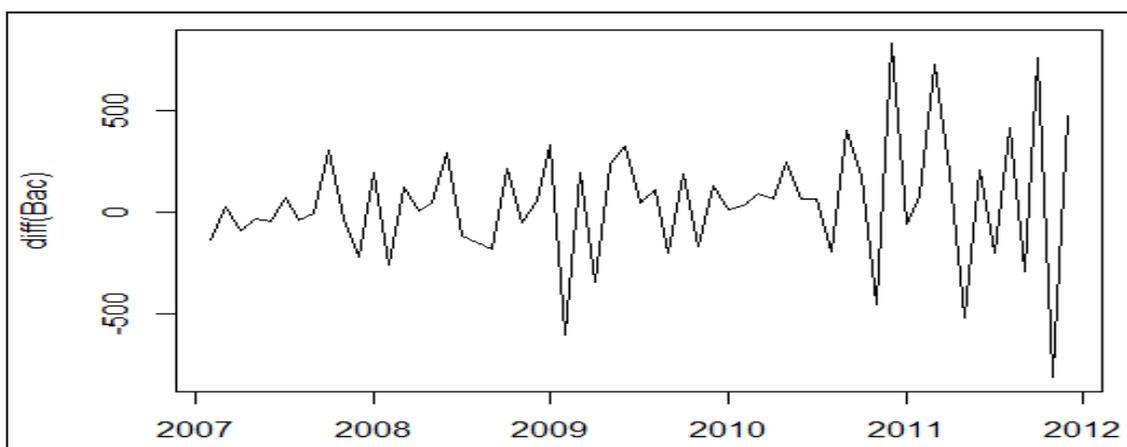
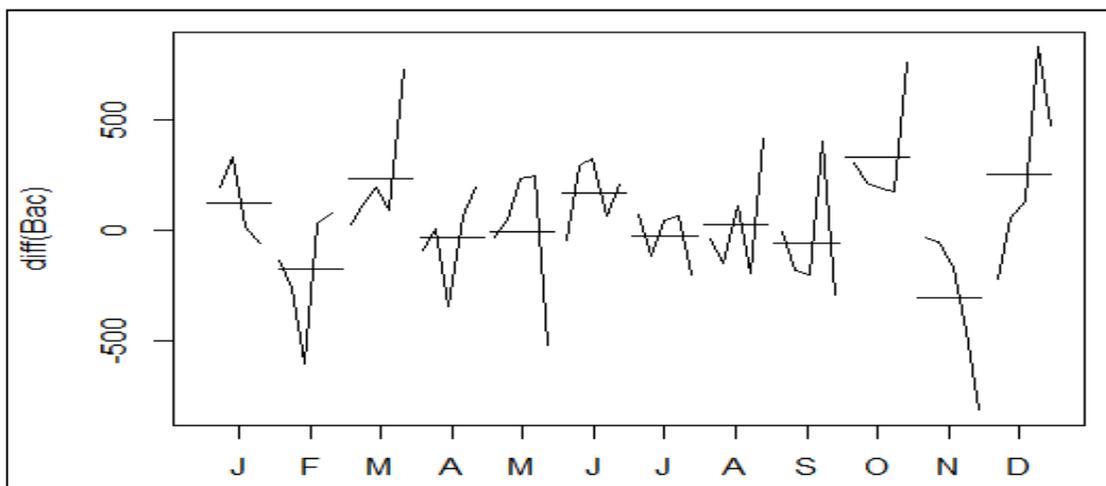
```
Bac98=(repsolmensual[, "BAC98THPS"])  
Bac=window(Bac98, start=c(2007,1), end=c(2011,12))  
Bac  
holt1<-HoltWinters(Bac)  
pronholt<-predict(holt1,1)  
pronholt
```

## Anexo 8

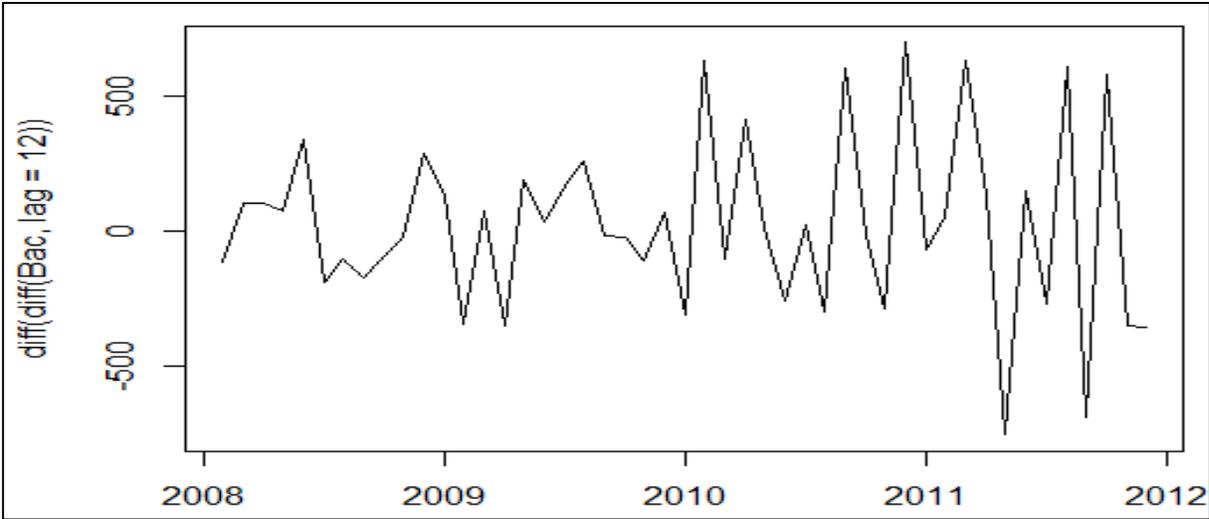
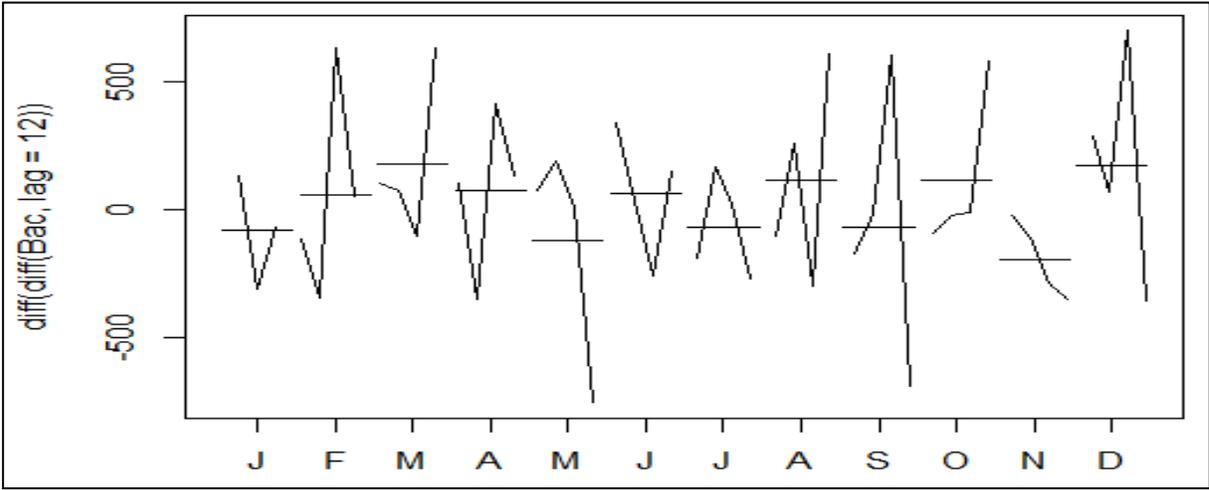
**Gráfica monthplot para la serie BAC98THPS original**



**Análisis de la serie Biocida con una primera diferenciación**

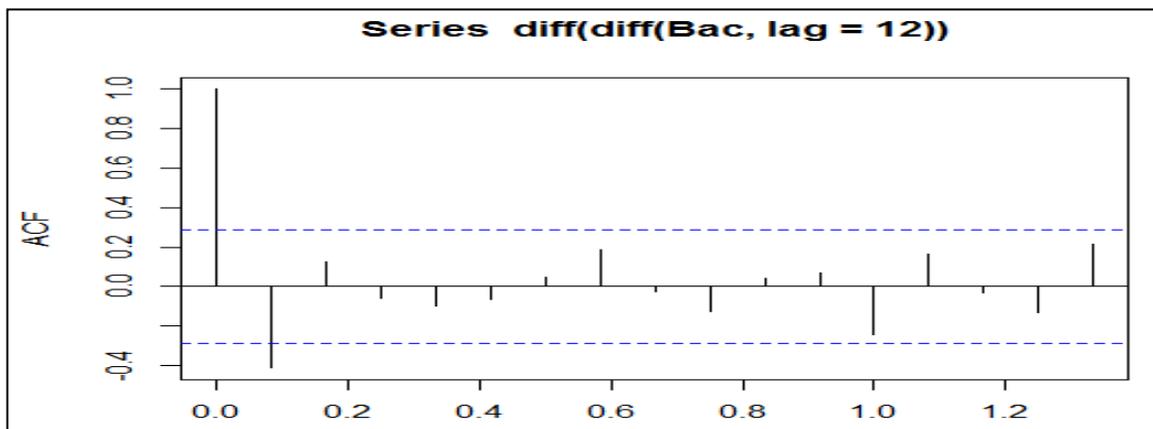
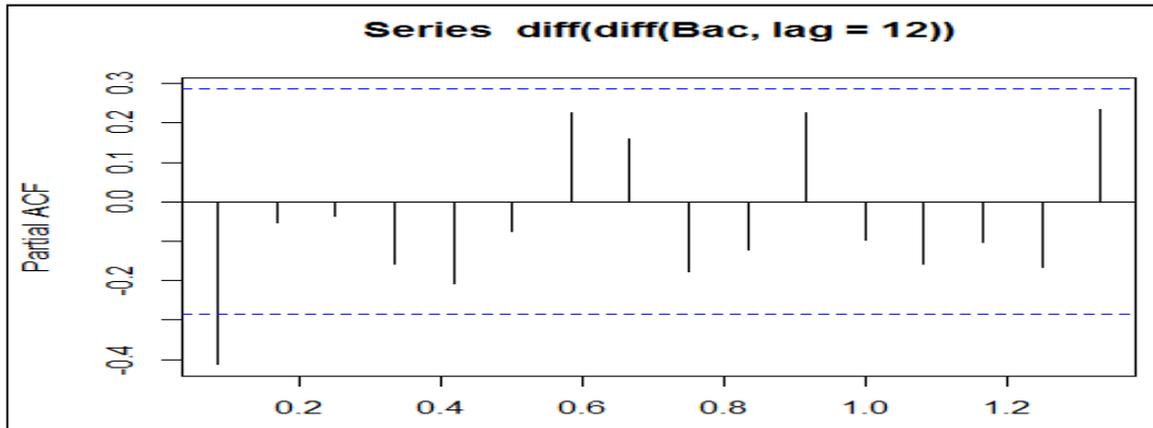


# Análisis de la serie Biocida con una segunda diferenciación

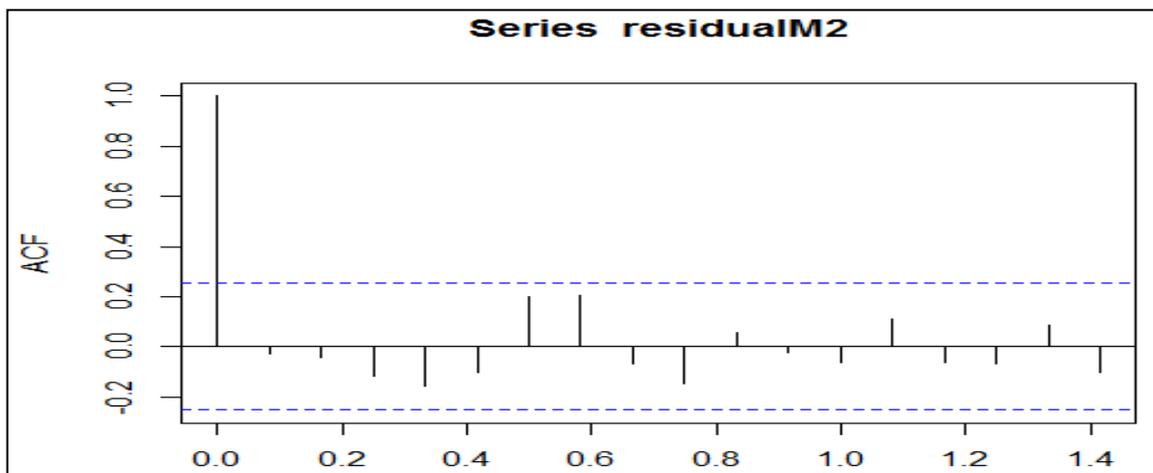


## Anexo 9

### Análisis ACF y PACF de la serie Biocida con una segunda diferenciación



### Análisis ACF de residuos de la serie Biocida con el modelo 2



## Anexo 10

### Sintaxis en R del modelo ARIMA - Biocida

```
ts.plot(Bac)
monthplot(Bac)
ts.plot(diff(Bac, lag=12))
monthplot(diff(Bac, lag=12))
acf(diff(Bac, lag=12))
pacf(diff(Bac, lag=12))
ts.plot(diff(diff(Bac, lag=12)))
monthplot(diff(diff(Bac, lag=12)))
acf(diff(diff(Bac, lag=12)))
pacf(diff(diff(Bac, lag=12)))
modelo1=arima(Bac, c(1, 1, 1), c(0, 1, 0))
modelo2=arima(Bac, c(1, 1, 0), c(0, 1, 1))
modelo3=arima(Bac, c(1, 1, 1), c(0, 1, 1))
modelo4=auto.arima(Bac, 1, 1, stepwise=FALSE)
modelo1
modelo2
modelo3
modelo4
AIC(modelo1, modelo2, modelo3, modelo4)
residualM2=residuals(modelo2)
acf(residualM2)
```

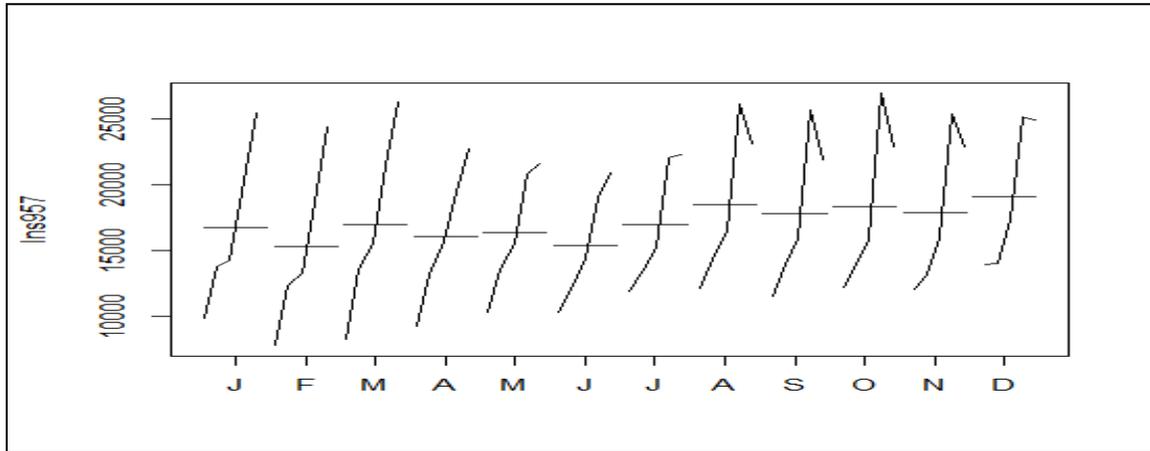
## Anexo 11

### **Sintaxis en R para el Modelo HoltWinters – IC957**

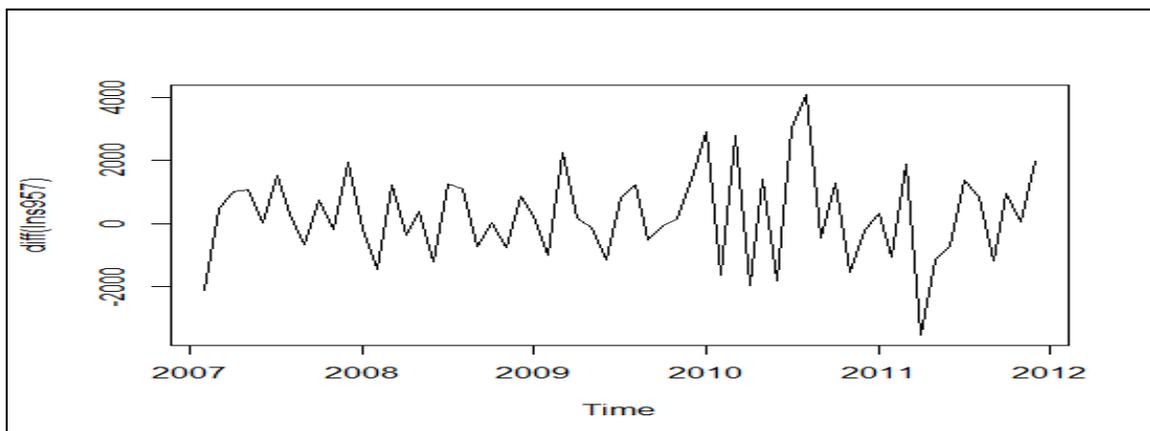
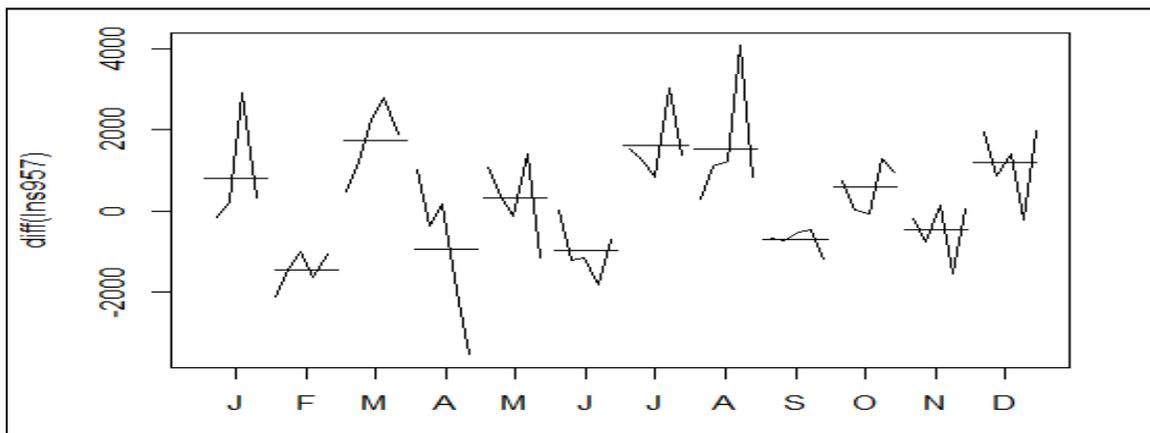
```
Inscrustacion957=(repsolmensual[, "IC957"])
Ins957=window(Inscrustacion957, start=c(2007,1), end=c(2011,12)
)
Ins957
holt<-HoltWinters(Ins957)
holt
prnholt<-predict(holt,1)
prnholt
```

## Anexo 12

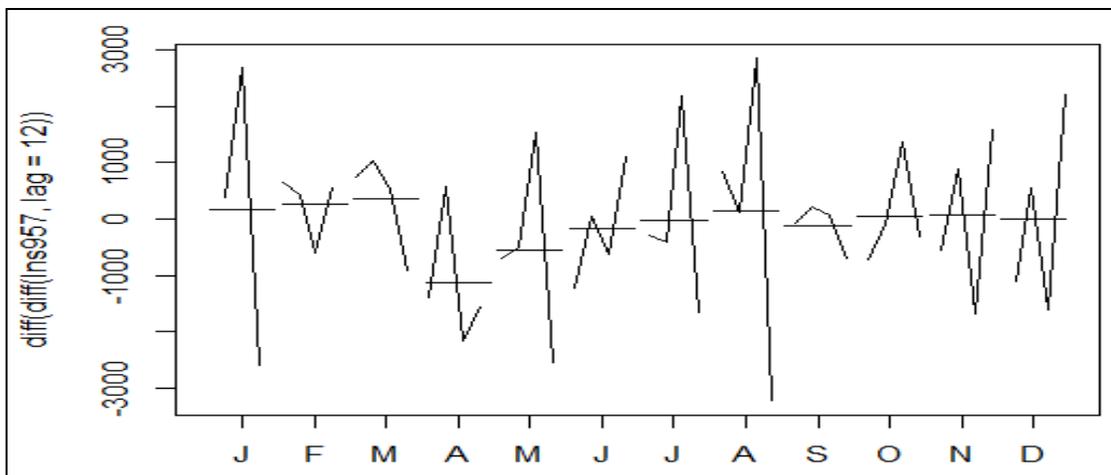
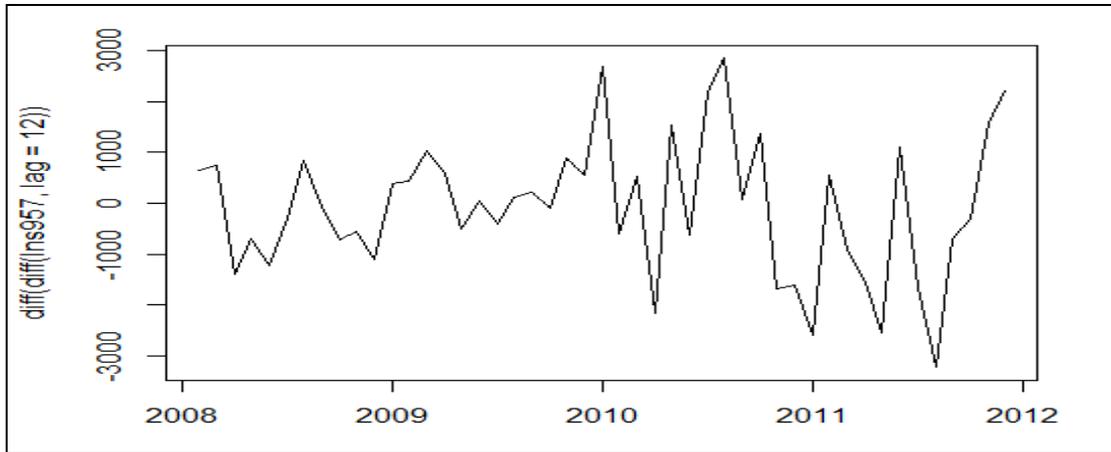
### Grafica monthplot de la serie original IC957



### Análisis de la serie IC 957 con una primera diferenciación

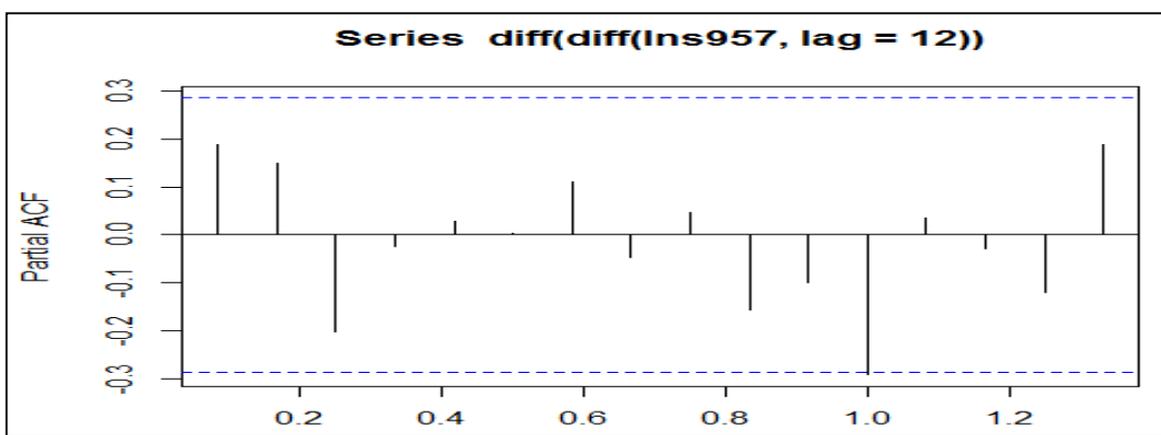
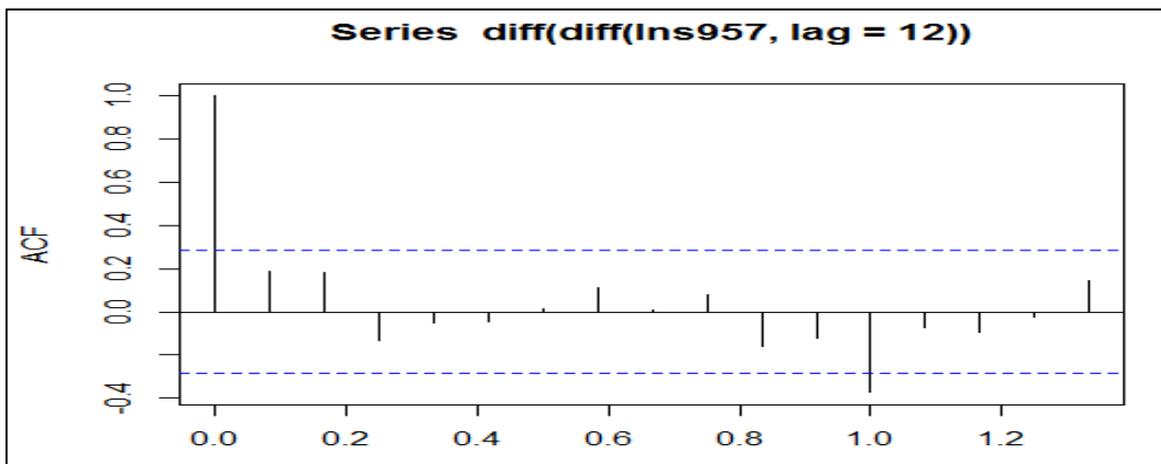


## Análisis de la serie IC 957 con una segunda diferenciación

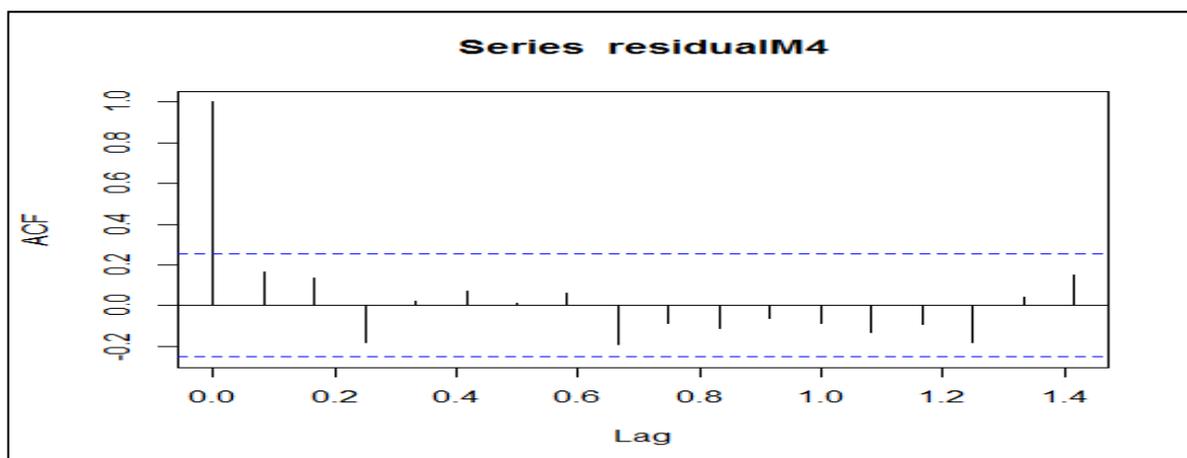


## Anexo 13

### Análisis ACF y PACF de la serie diferenciada IC 957



### Análisis de residuales de la serie IC 957



## **Anexo 14**

### **Sintaxis en R del modelo ARIMA - IC957**

```
ts.plot(Ins957)
monthplot(Ins957)
ts.plot(diff(Ins957))
monthplot(diff(Ins957))
monthplot(diff(diff(Ins957, lag=12)))
ts.plot(diff(diff(Ins957, lag=12)))
acf(diff(diff(Ins957, lag=12)))
pacf(diff(diff(Ins957, lag=12)))
modelo1=arima(Ins957, c(0, 1, 0), c(1, 1, 1))
modelo2=arima(Ins957, c(1, 1, 0), c(0, 1, 0))
modelo3=arima(Ins957, c(1, 1, 0), c(1, 1, 0))
modelo4=auto.arima(Ins957, 1, 1, stepwise=FALSE)
modelo1
modelo2
modelo3
modelo4
AIC(modelo1, modelo2, modelo3, modelo4)
residualM4=residuals(modelo4)
acf(residualM4)
```

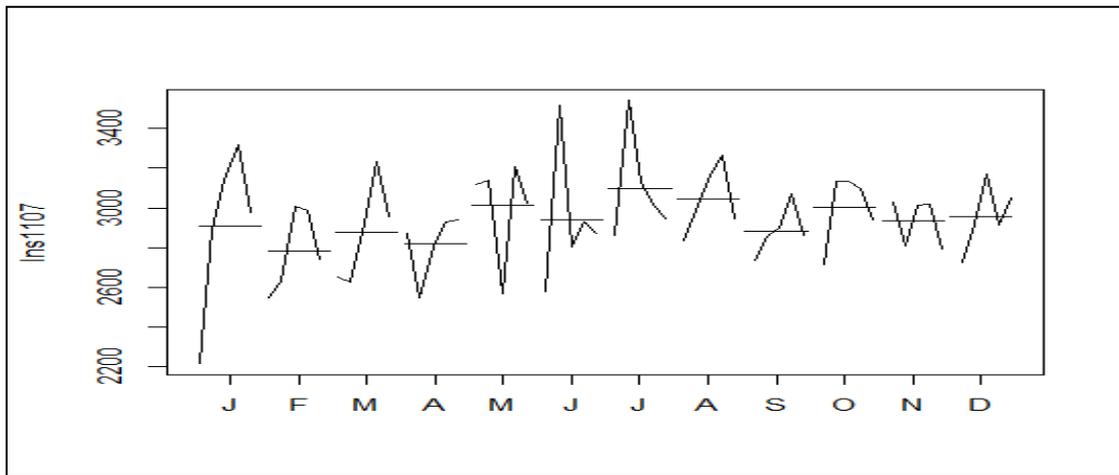
## Anexo 15

### **Sintaxis en R para el Modelo HoltWinters – IC1107**

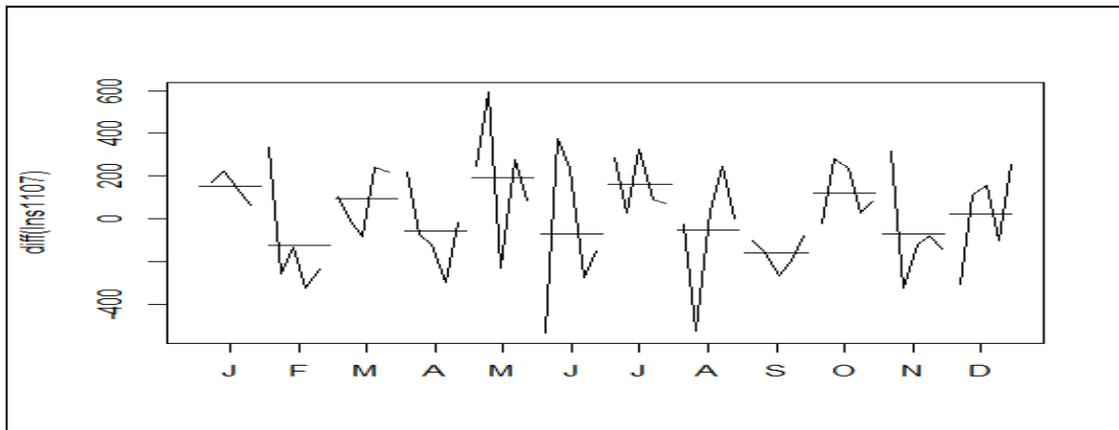
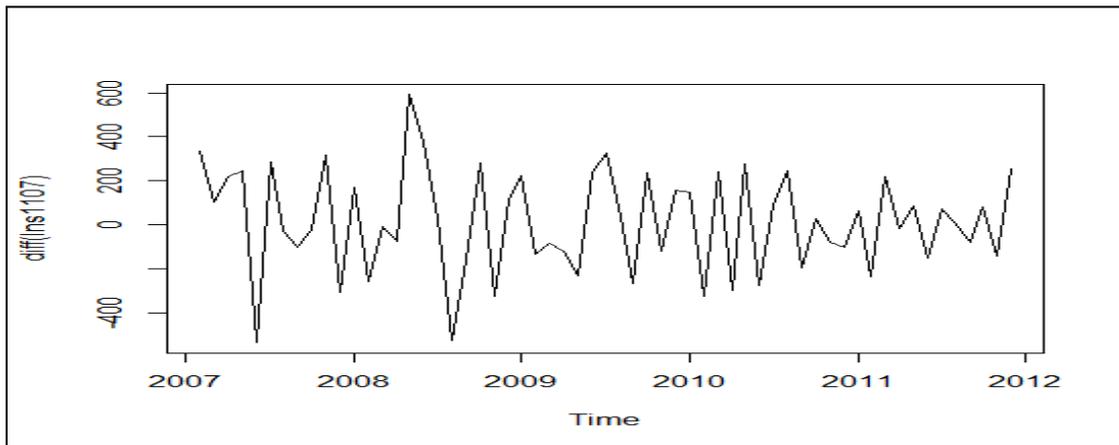
```
Inscrustacion1107=(repsolmensual[,"IC1107"])
Ins1107=window(Inscrustacion1107,start=c(2007,1),end=c(2011,1
2))
Ins1107
holt<-HoltWinters(Ins1107,seasonal="mult")
holt
prnholt<-predict(holt,1)
prnholt
```

## Anexo 16

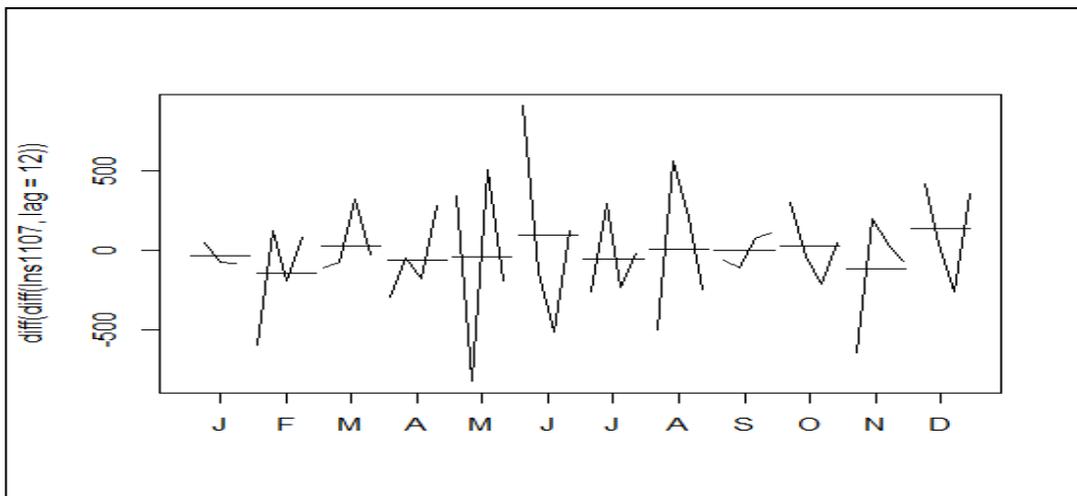
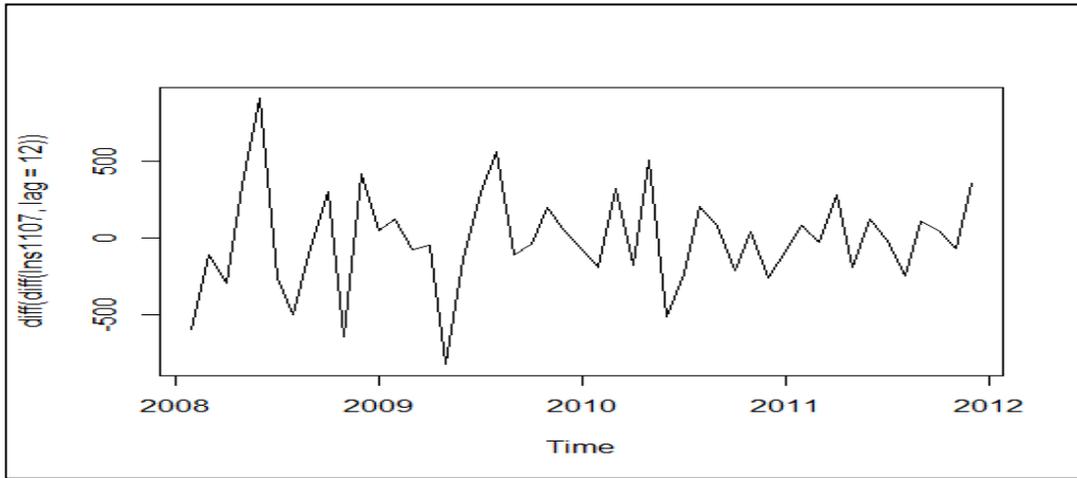
**Grafica monthplot de la serie original IC1107**



**Gráficas de primera diferenciación aplicada a la serie IC 1107**

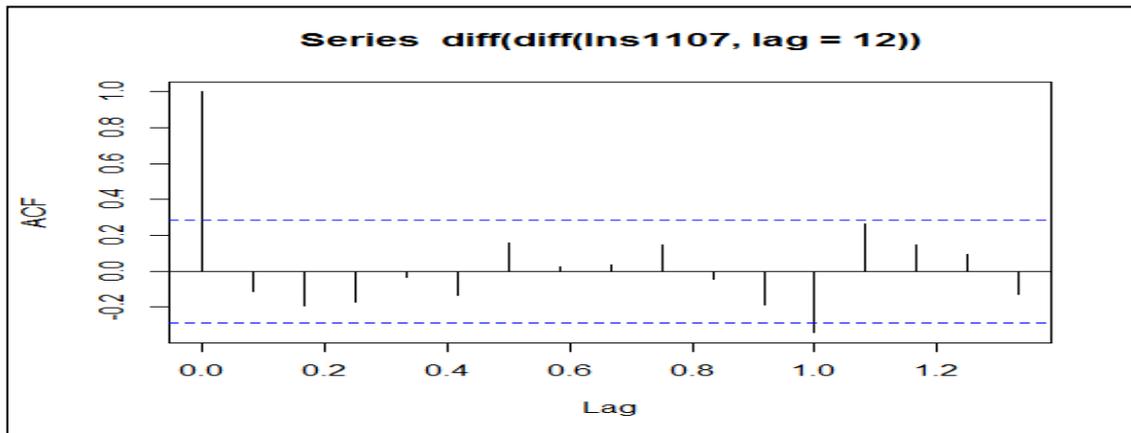
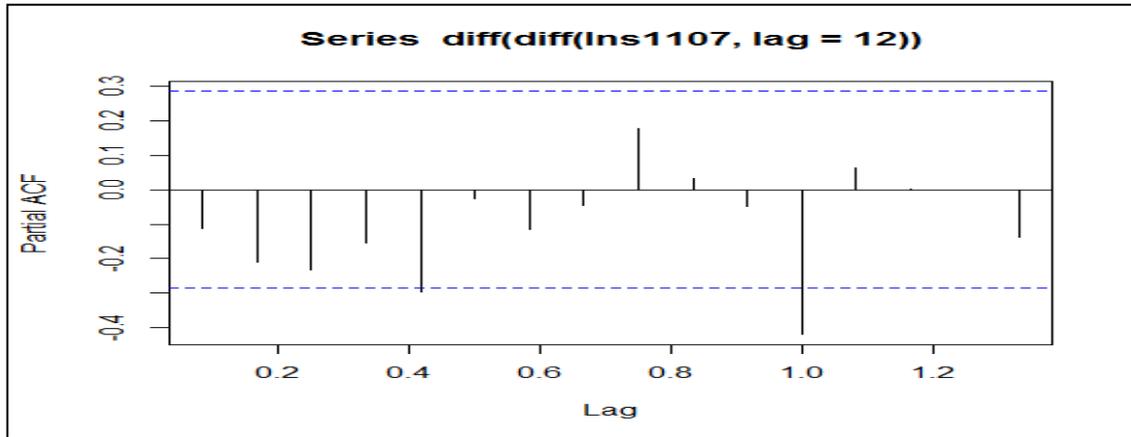


## Segunda diferenciación para la serie de tiempo IC 1107

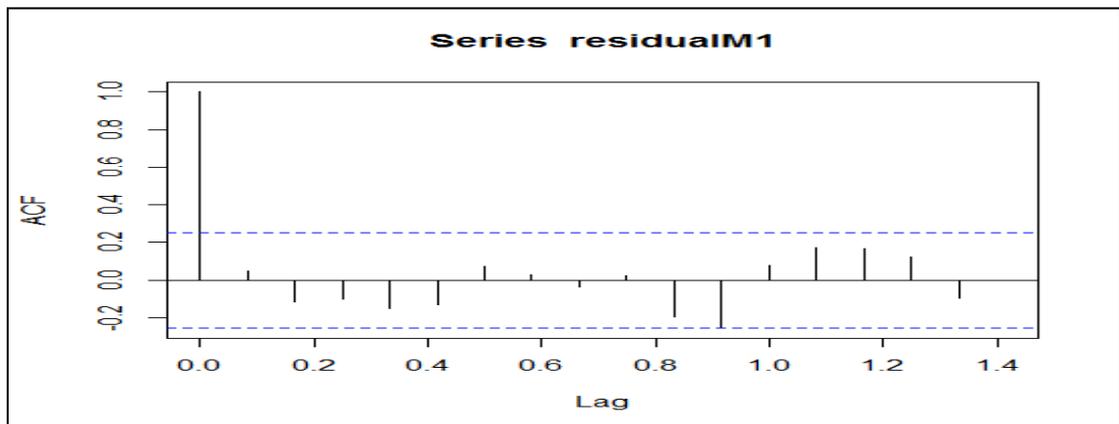


## Anexo 17

### Análisis ACF y PACF para la serie de tiempo IC 1107



### Análisis ACF de los residuales de la serie del modelo 4



## **Anexo 18**

### **Sintaxis en R del modelo ARIMA - IC1107**

```
ts.plot(Ins1107)
abline(v=2007:2011)
monthplot(Ins1107)
ts.plot(diff(Ins1107))
monthplot(diff(Ins1107))
ts.plot(diff(diff(Ins1107, lag=12)))
monthplot(diff(diff(Ins1107, lag=12)))
acf(diff(diff(Ins1107, lag=12)))
pacf(diff(diff(Ins1107, lag=12)))
modelo1=arima(Ins1107, c(1,1,1), c(0,1,1))
modelo2=arima(Ins1107, c(0,1,0), c(1,1,1))
modelo3=arima(Ins1107, c(1,1,0), c(1,1,0))
modelo4=auto.arima(Ins1107, stepwise=TRUE)
modelo1
modelo2
modelo3
modelo4
AIC(modelo1, modelo2, modelo3, modelo4)
residualM1=residuals(modelo1)
acf(residualM1)
```

## **Anexo 19**

### **Sintaxis en R método multivariado Tratamiento de Corrosión en Reinyección**

#### Creación de la data

```
corrosion=repsolmensual[,c("IC957","IC1107")]
corro=window(corrosion,start=c(2007,1),end=c(2012,5))
corro
TScorrosion=TSdata(output=corro)
TScorrosion
```

#### Modelo - Estimate a VAR TSmodel (estVARXls)

```
cormod1=estVARXls(TScorrosion,max.lag=1)
cormod1
cormod2=estVARXls(TScorrosion,max.lag=2)
cormod2
```

#### Modelo - Estimate a state space TSmodel using VAR estimation (estSSfromVARX)

```
cormod3=estSSfromVARX(TScorrosion)
cormod3
```

#### Modelo - Maximum Likelihood Estimation (estMaxLik)

```
cormod4=estMaxLik(cormod1)
cormod4
cormod5=estMaxLik(cormod2)
cormod5
```

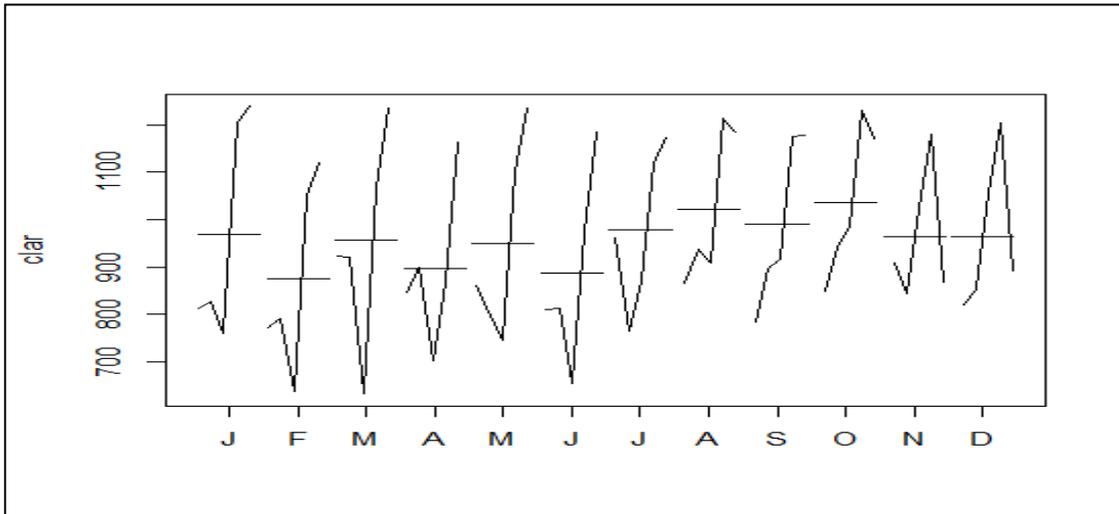
## Anexo 20

### **Sintaxis en R modelo HoltWinters – CLARIFICADOR**

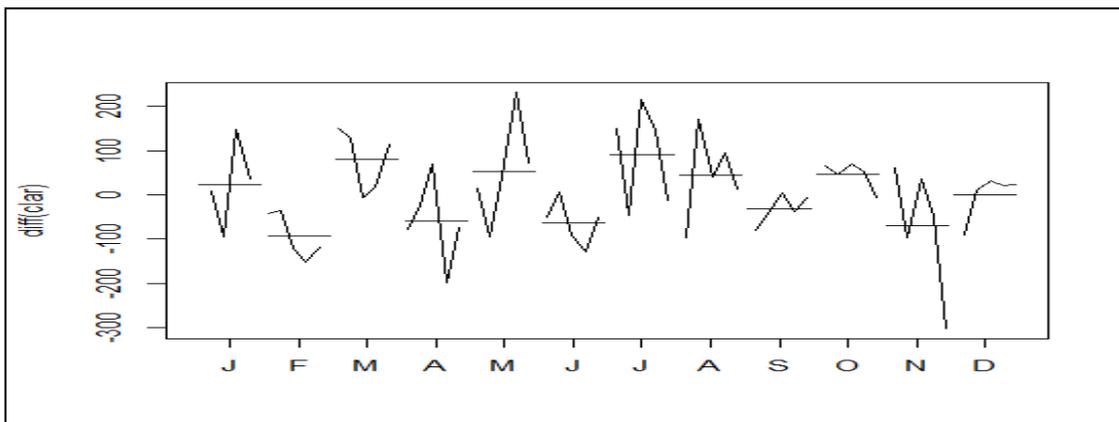
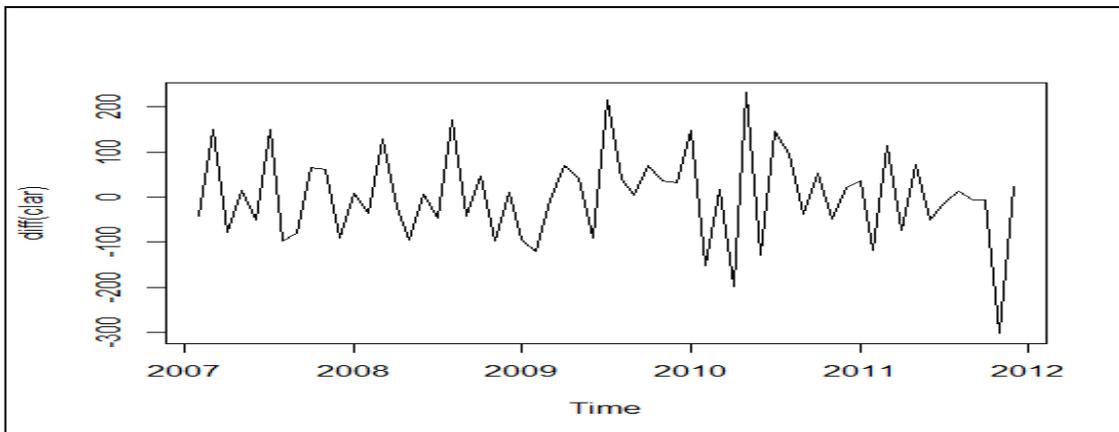
```
clarif=(repsolmensual[, "CLARIF"])
clar=window(clarif, start=c(2007,1), end=c(2011,12))
clar
holt1<-HoltWinters(clar, seasonal="mult")
holt1
prnholt<-predict(holt1,1)
prnholt
```

## Anexo 21

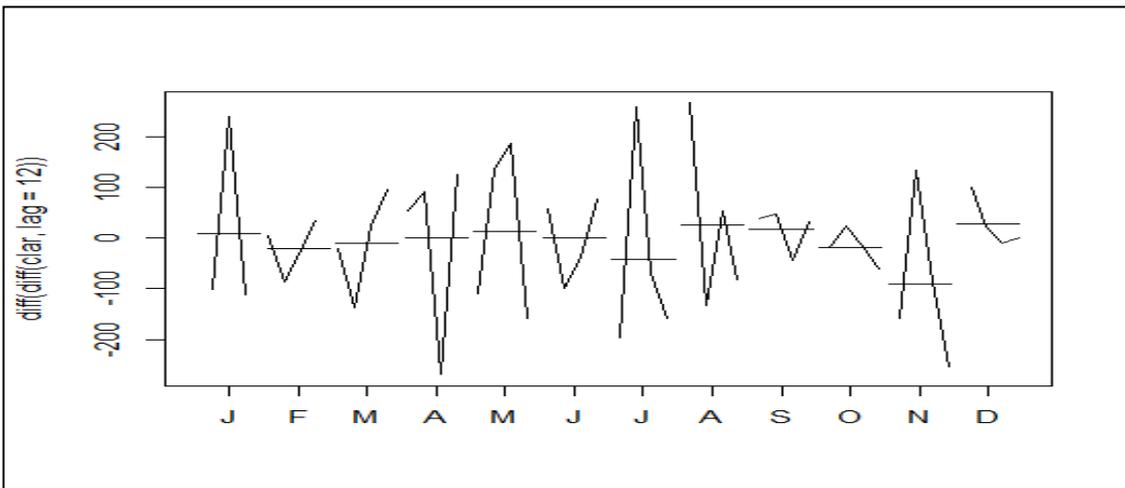
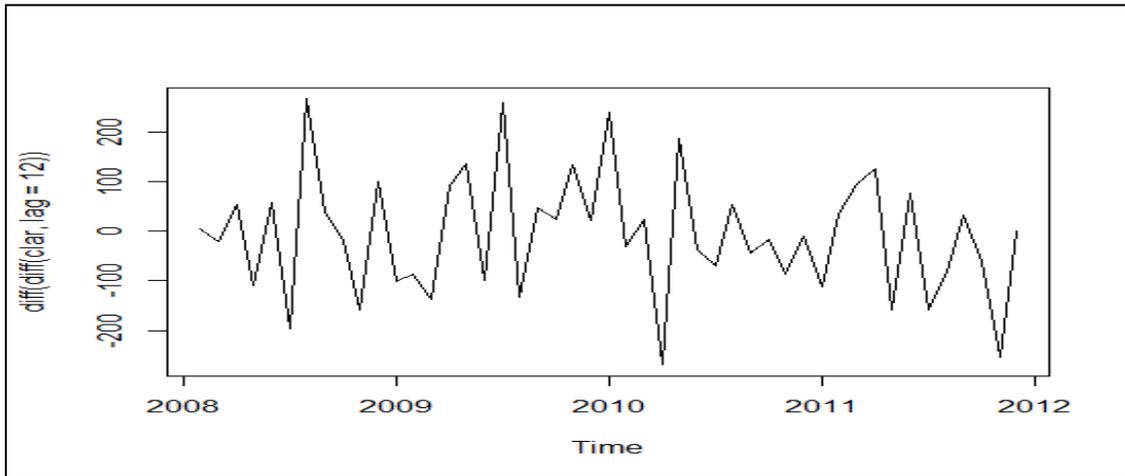
**Grafica monthplot de la serie original Clarificador**



**Gráficas de primera diferenciación aplicada a la serie Clarificador**

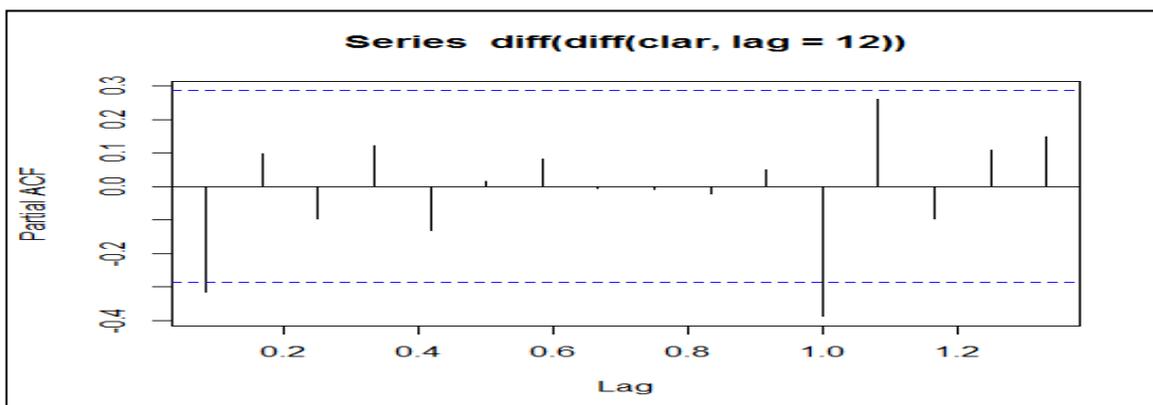
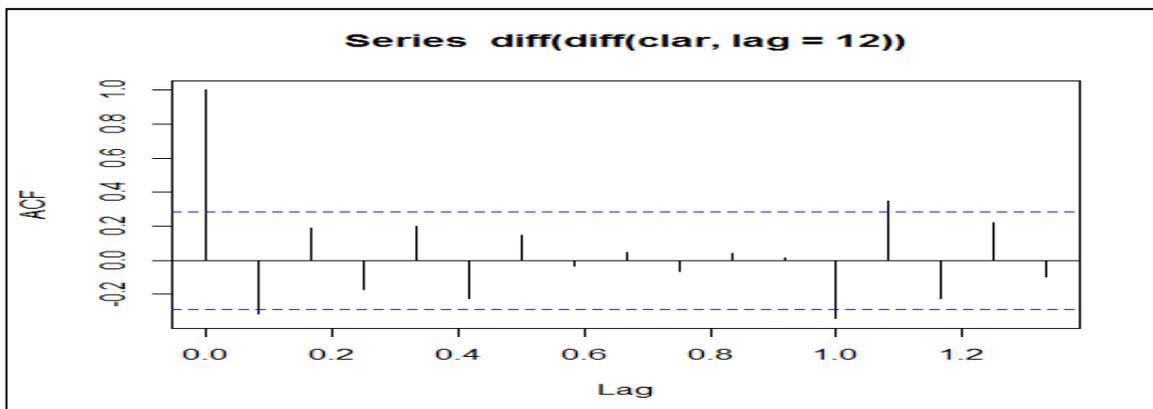


## Segunda diferenciación para la serie de tiempo Clarificador

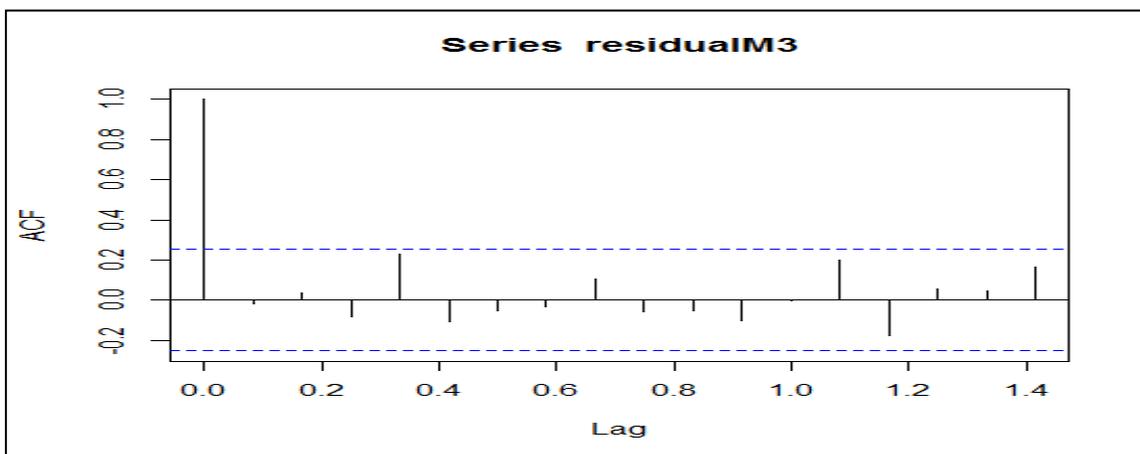


## Anexo 22

### Análisis ACF y PACF para la serie de tiempo Clarificador



### Análisis ACF de los residuales de la serie del modelo 4



## Anexo 23

### Sintaxis en R del modelo ARIMA - Clarificador

```
ts.plot(clar)
monthplot(clar)
ts.plot(diff(clar))
monthplot(diff(clar))
acf(diff(clar, lag=12))
pacf(diff(clar, lag=12))
ts.plot(diff(diff(clar, lag=12)))
monthplot(diff(diff(clar, lag=12)))
acf(diff(diff(clar, lag=12)))
pacf(diff(diff(clar, lag=12)))
modelo1=arima(clar, c(0, 1, 1), c(1, 1, 1))
modelo2=arima(clar, c(1, 1, 1), c(1, 1, 1))
modelo3=arima(clar, c(0, 1, 1), c(0, 1, 1))
modelo4=auto.arima(clar, 1, 1, stepwise=FALSE)
modelo1
modelo2
modelo3
modelo4
AIC(modelo1, modelo2, modelo3, modelo4)
residualM3=residuals(modelo3)
acf(residualM3)
```

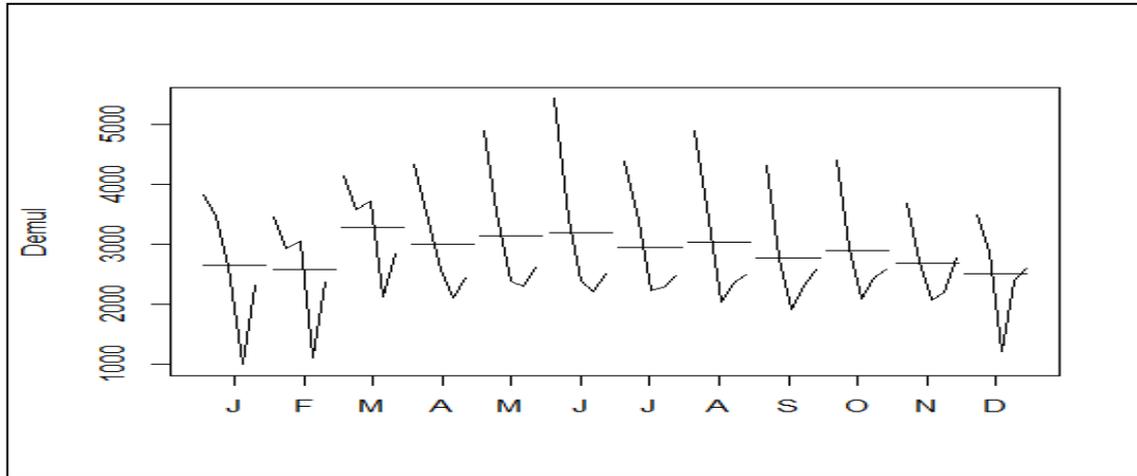
## Anexo 24

### **Sintaxis en R modelo HoltWinters – DEMULSIFICANTE**

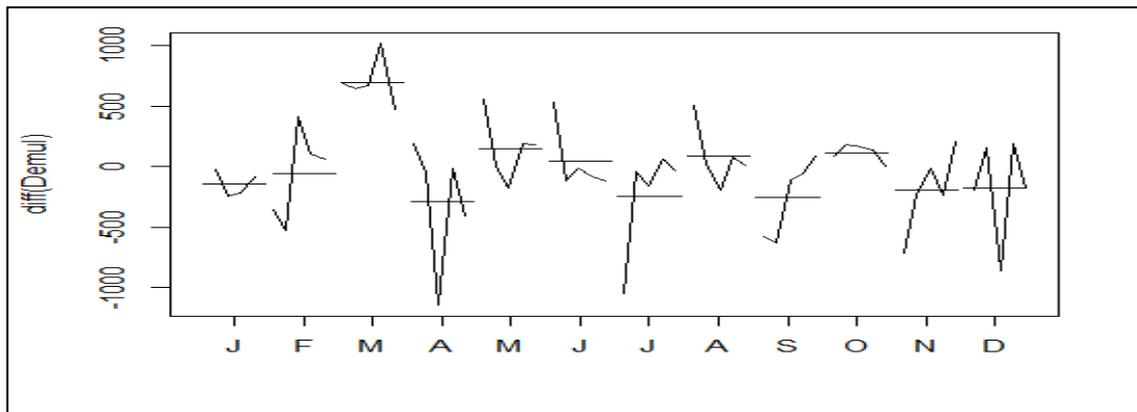
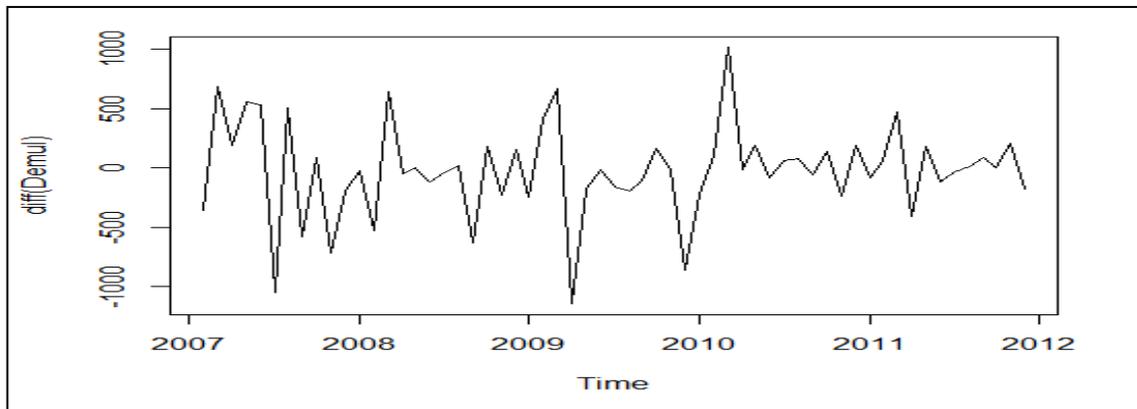
```
Demulsificante=(repsolmensual[, "DEMUL"])
Demul=window(Demulsificante, start=c(2007,1), end=c(2011,1
2))
Demul
holt1<-HoltWinters(Demul)
holt1
pronholt<-predict(holt1,1)
pronholt
```

## Anexo 25

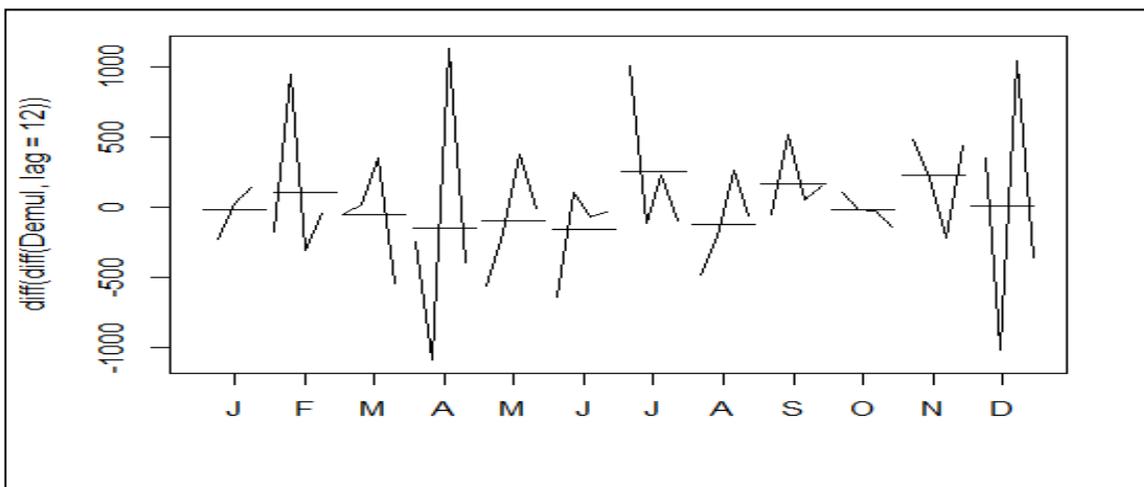
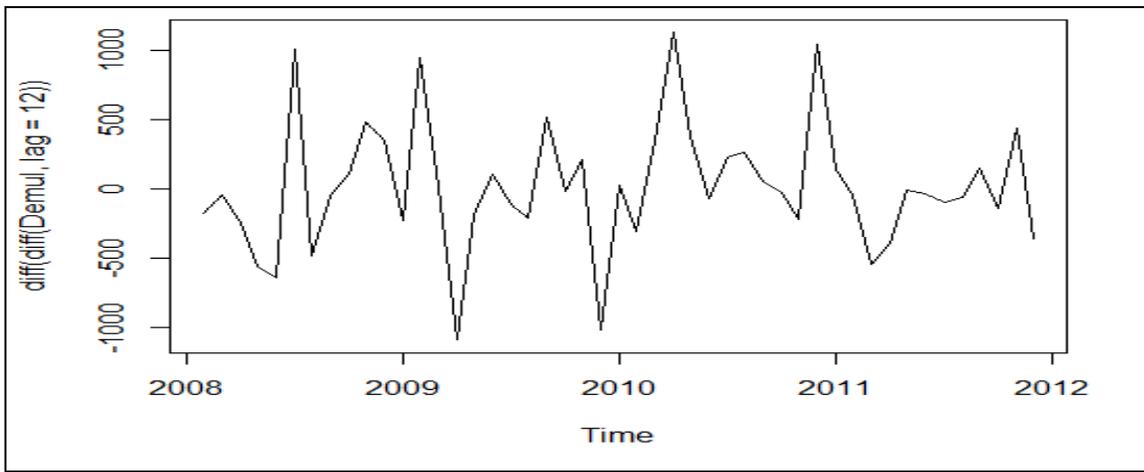
**Grafica monthplot de la serie original Demulsificante**



**Gráficas de primera diferenciación aplicada a la serie Demulsificante**

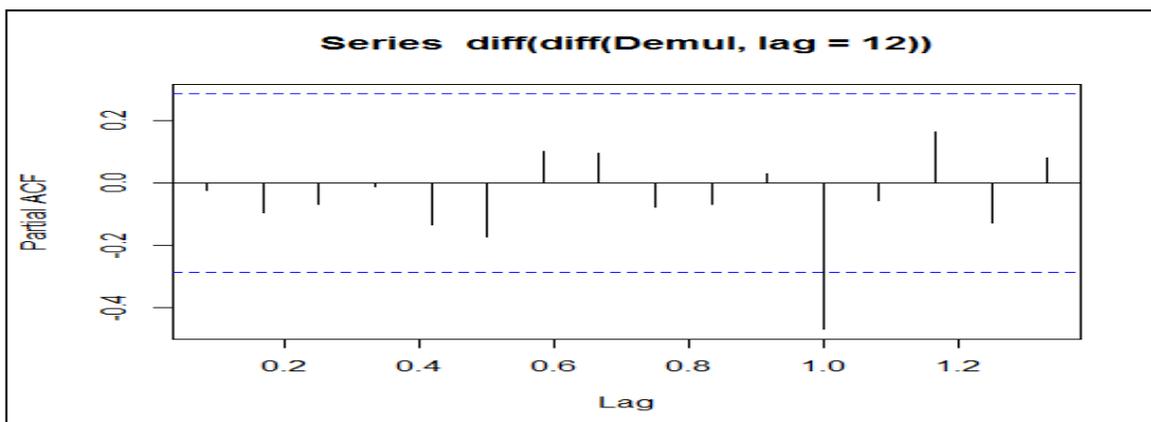
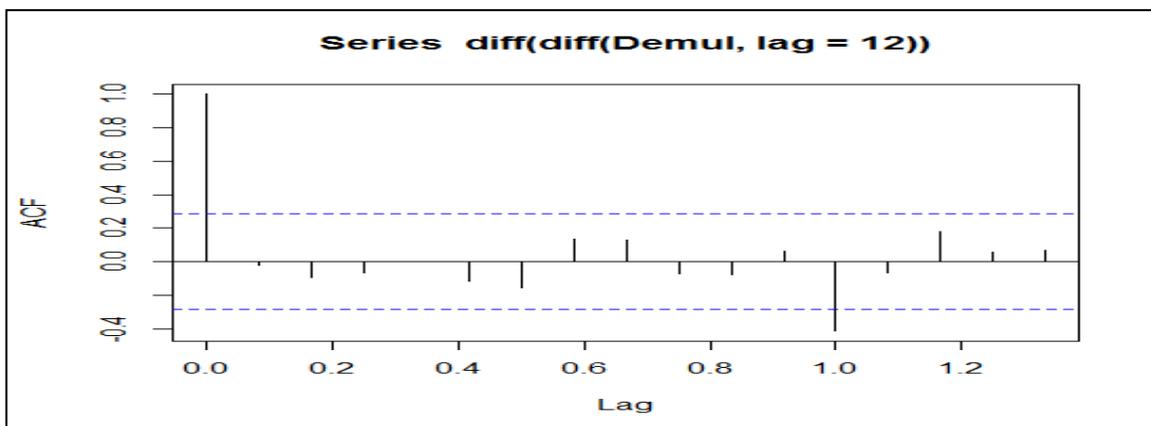


## Segunda diferenciación para la serie de tiempo Demulsificante

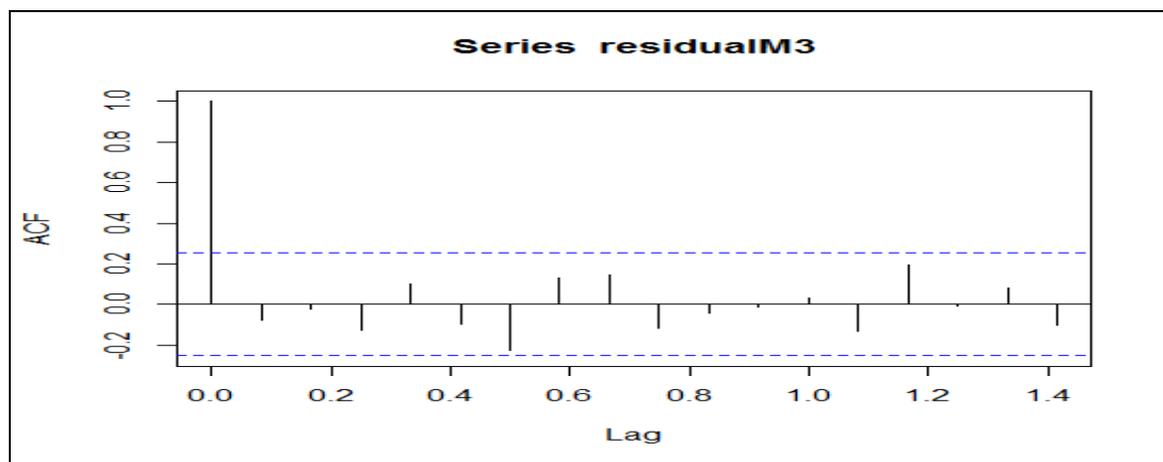


## Anexo 26

### Análisis ACF y PACF para la serie de tiempo Demulsificante



### Análisis ACF de los residuales de la serie del modelo 4



## Anexo 27

### Sintaxis en RS del modelo ARIMA Demulsificante

```
ts.plot(Demul)
monthplot(Demul)
ts.plot(diff(Demul))
monthplot(diff(Demul))
ts.plot(diff(diff(Demul, lag=12)))
monthplot(diff(diff(Demul, lag=12)))
acf(diff(diff(Demul, lag=12)))
pacf(diff(diff(Demul, lag=12)))
modelo1=arima(Demul, c(0, 1, 0), c(1, 1, 1))
modelo2=arima(Demul, c(0, 1, 1), c(1, 1, 1))
modelo3=arima(Demul, c(0, 1, 0), c(0, 1, 1))
modelo4=auto.arima(Demul, 1, 1, stepwise=FALSE)
modelo1
modelo2
modelo3
modelo4
AIC(modelo1, modelo2, modelo3, modelo4)
residualM3=residuals(modelo3)
acf(residualM3)
```

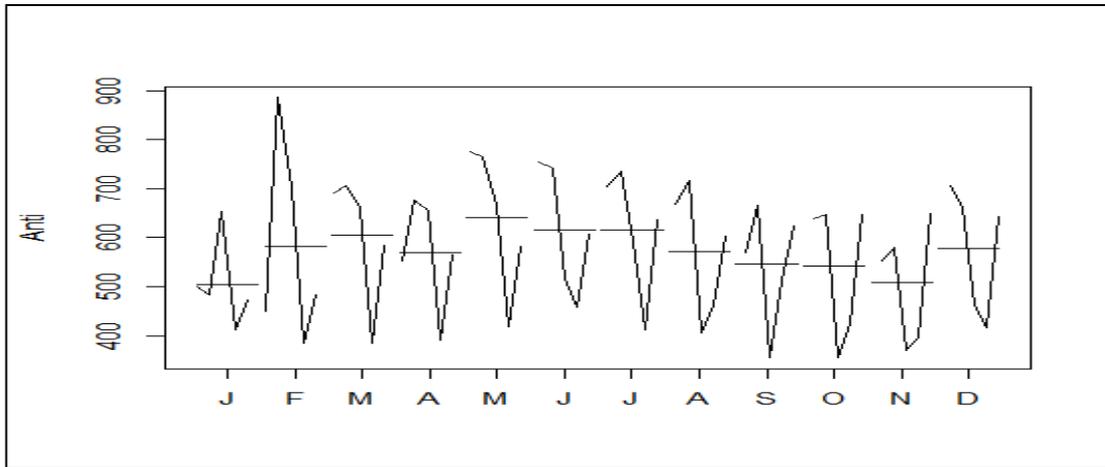
## **Anexo 28**

### **Sintaxis en R Modelo HoltWinters – ANTIESPUMANTE**

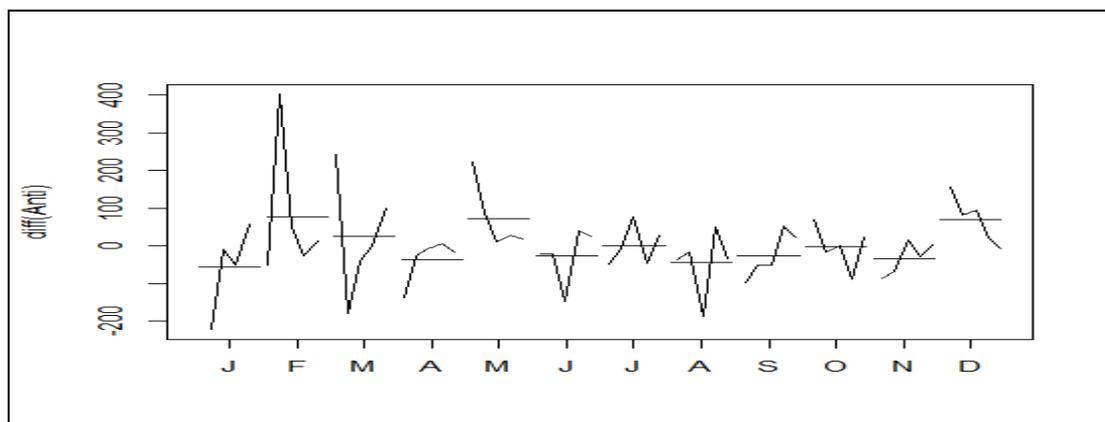
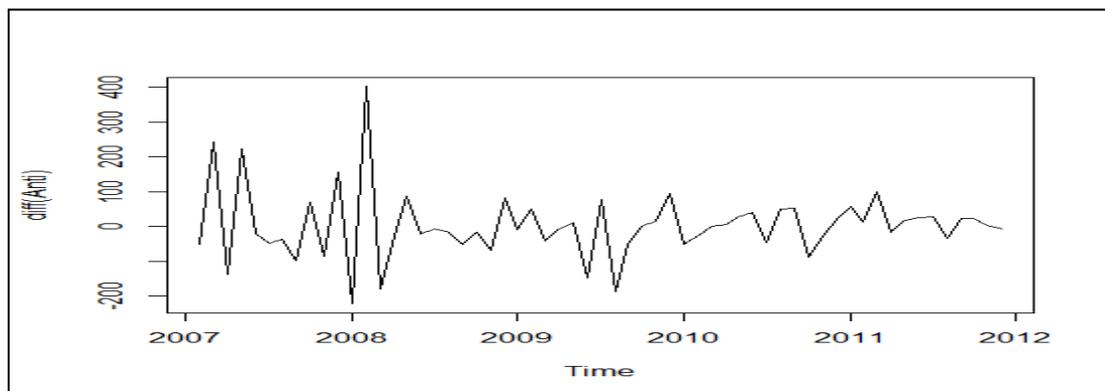
```
ANTIESPUMANTE=(repsolmensual[, "ANTIESPUMANTE"])
Anti=window(ANTIESPUMANTE, start=c(2007,1), end=c(2011,12))
Anti
holt1<-HoltWinters(Anti)
holt1
prnholt<-predict(holt1,1)
prnholt
```

## Anexo 29

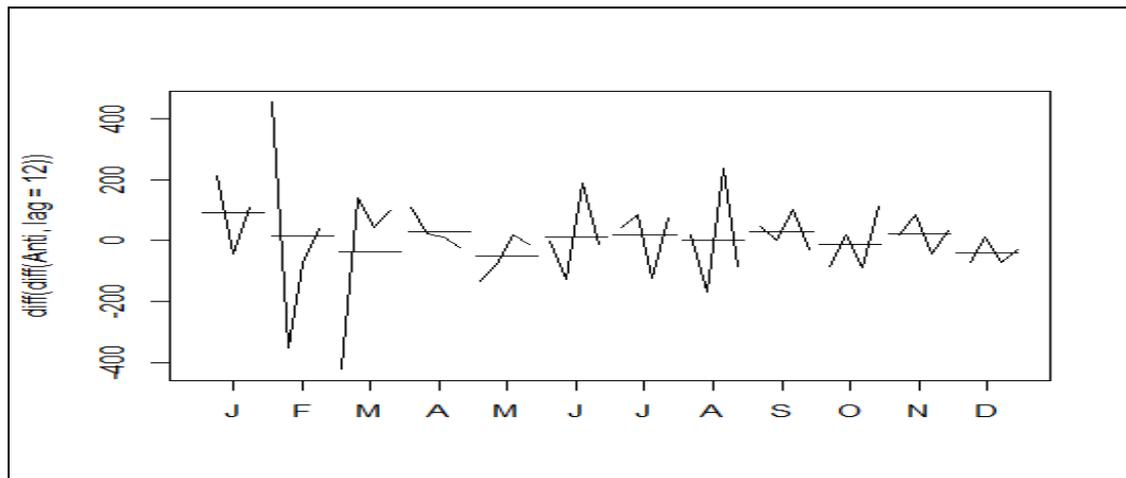
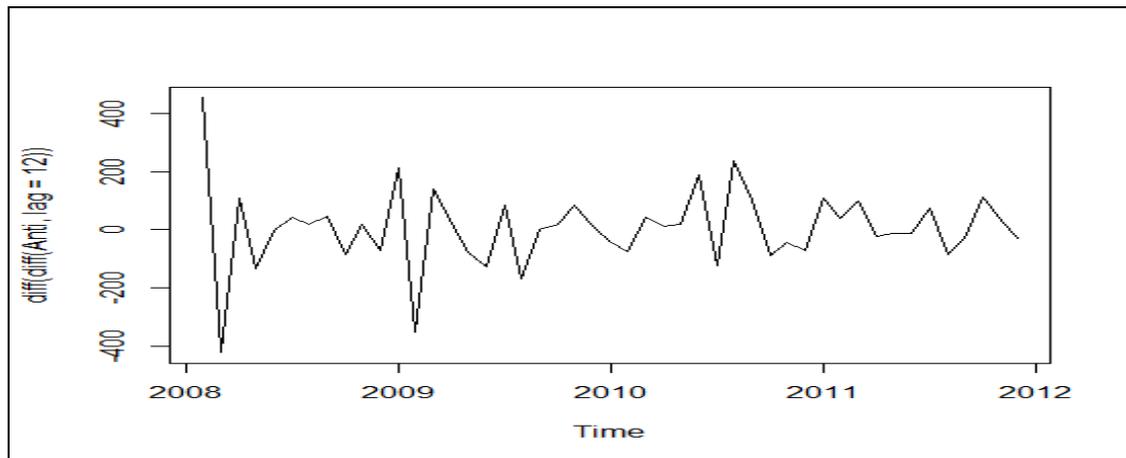
**Grafica monthplot de la serie original Antiespumante**



**Gráficas de primera diferenciación aplicada a la serie Antiespumante**

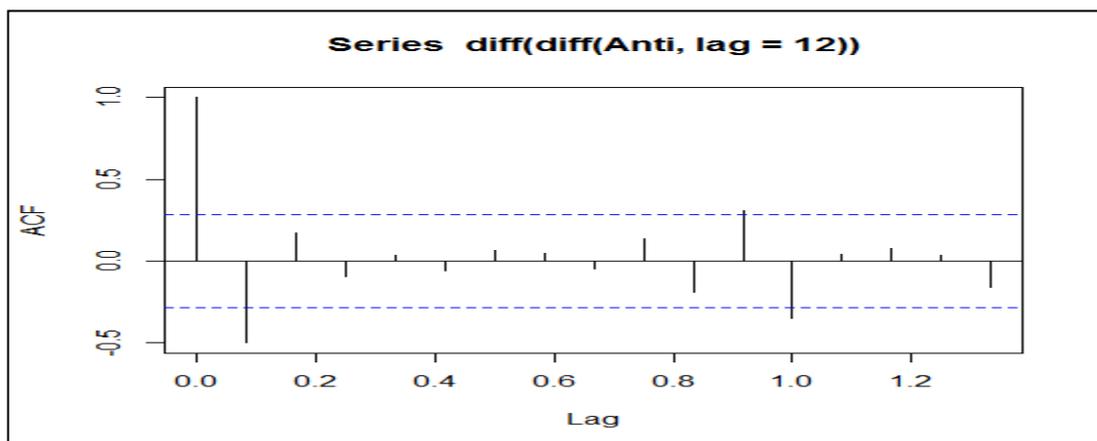
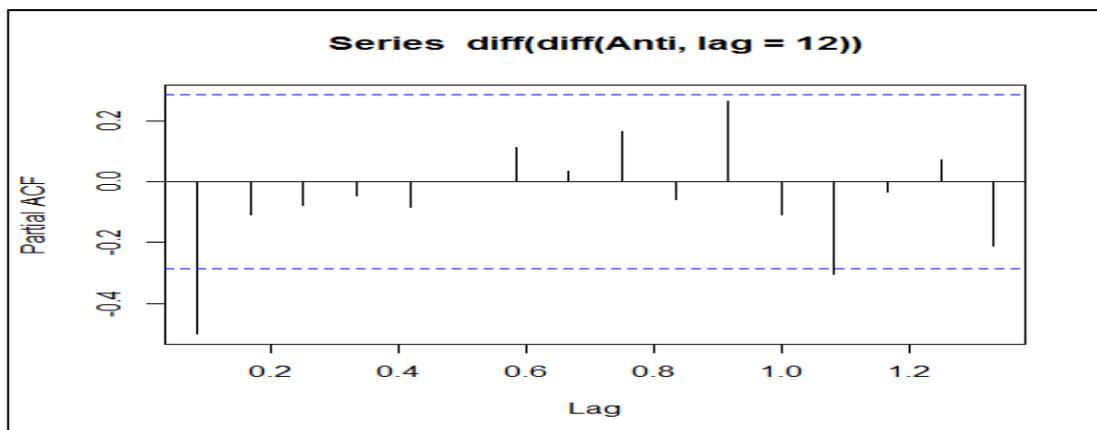


## Segunda diferenciación para la serie de tiempo Antiespumante

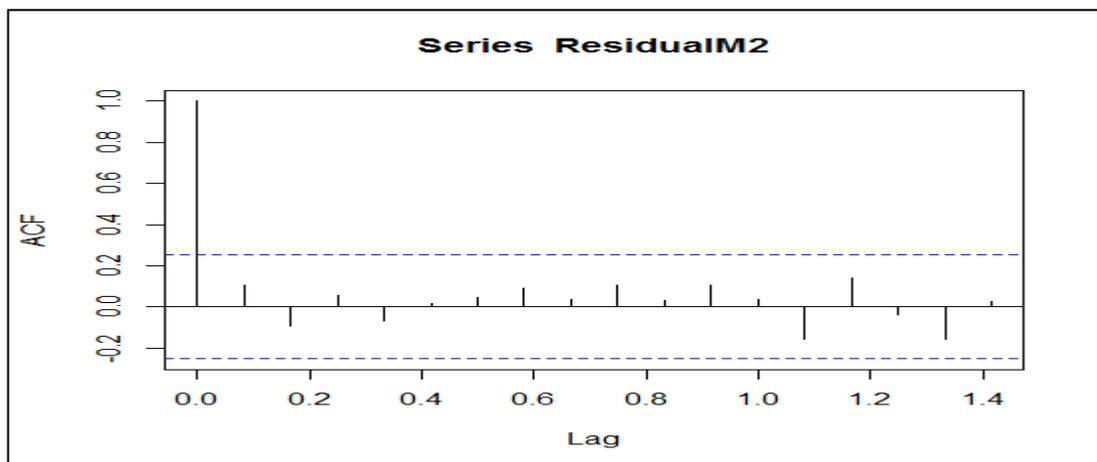


## Anexo 30

### Análisis ACF y PACF para la serie de tiempo Antiespumante



### Análisis ACF de los residuales de la serie del modelo 2



## Anexo 31

### **Sintaxis en R del modelo ARIMA - Antiespumante**

```
ts.plot (Anti)
monthplot (Anti)
ts.plot (diff (Anti))
monthplot (diff (Anti))
ts.plot (diff (diff (Anti, lag=12)))
monthplot (diff (diff (Anti, lag=12)))
acf (diff (diff (Anti, lag=12)))
pacf (diff (diff (Anti, lag=12)))
modelo1=arima (Anti, c (1, 1, 1), c (0, 1, 0))
modelo2=arima (Anti, c (1, 1, 1), c (0, 1, 1))
modelo3=arima (Anti, c (1, 1, 0), c (1, 1, 0))
modelo4=auto.arima (Anti, 1, 1, stepwise=FALSE)
modelo1
modelo2
modelo3
modelo4
AIC (modelo1, modelo2, modelo3, modelo4)
ResidualM2=residuals (modelo2)
acf (ResidualM2)
```

## **Anexo 32**

### **Sintaxis en R método multivariado Deshidratación**

Creación de la data

```
deshidratacion=repsolmensual[,c("CLARIF", "DEMUL", "ANTIESPUMAN  
TE")]
```

```
desh=window(deshidratacion, start=c(2007, 1), end=c(2012, 5))  
desh  
TSdeshidratacion=TSdata(output=desh)  
TSdeshidratacion
```

**Modelo - Estimate a VAR TSmodel (estVARXls)**

```
desmod1=estVARXls(TSdeshidratacion, max.lag=1)  
desmod1  
desmod2=estVARXls(TSdeshidratacion, max.lag=2)  
desmod2
```

**Modelo - Estimate a state space TSmodel using VAR estimation (estSSfromVARX)**

```
desmod3=estSSfromVARX(TSdeshidratacion)  
desmod3
```

**Modelo - Maximum Likelihood Estimation (estMaxLik)**

```
desmod4=estMaxLik(desmod1)  
desmod4  
desmod5=estMaxLik(desmod2)  
desmod5
```

## Anexo 33

Resultados obtenidos para el consumo de antiescala con los distintos modelos de análisis:

MES	PRODUCTO/METODO	ANTIESCALA	%	N - V	N - V/Y
ene-12	real	8.425			
	forecast	7.260	13,83%	1165,00	13,83%
	metodo univariado	7.699	8,62%	726,40	8,62%
	HoltWinters	7.963	5,48%	461,76	5,48%
feb-12	real	7.934			
	forecast	7.260	8,50%	674,00	8,50%
	metodo univariado	8.061	-1,60%	127,04	1,60%
	HoltWinters	8.004	-0,88%	70,08	0,88%
mar-12	real	8.933			
	forecast	7.260	18,73%	1673,00	18,73%
	metodo univariado	8.678	2,86%	255,09	2,86%
	HoltWinters	8.446	5,45%	486,97	5,45%
abr-12	real	8.695			
	forecast	7.260	16,50%	1435,00	16,50%
	metodo univariado	8.260	5,01%	435,39	5,01%
	HoltWinters	8.439	2,94%	255,71	2,94%
may-12	real	8.885			
	forecast	7.260	18,29%	1625,00	18,29%
	metodo univariado	9.211	-3,67%	325,81	3,67%
	HoltWinters	9.542	-7,39%	656,94	7,39%
jun-12	real	8.824			
	forecast	7.920	10,24%	904,00	10,24%
	metodo univariado	8.792	0,36%	32,00	0,36%
	HoltWinters	9.222	-4,52%	398,41	4,52%
jul-12	real	9.421			
	forecast	7.920	15,93%	1501,00	15,93%
	metodo univariado	8.979	4,69%	441,79	4,69%
	HoltWinters	9.050	3,93%	370,62	3,93%
ago-12	real	9.696			
	forecast	7.920	18,32%	1776,00	18,32%
	metodo univariado	9.472	2,31%	224,39	2,31%
	HoltWinters	9.389	3,16%	306,57	3,16%
sep-12	real	9.351			
	forecast	7.920	15,30%	1431,00	15,30%
	metodo univariado	9.297	0,58%	53,79	0,58%
	HoltWinters	9.262	0,95%	88,78	0,95%
oct-12	real	9.849			
	forecast	7.920	19,59%	1929,00	19,59%
	metodo univariado	9.803	0,46%	45,58	0,46%
	HoltWinters	9.744	1,06%	104,87	1,06%
nov-12	real	9.470			
	forecast	7.920	16,37%	1550,00	16,37%
	metodo univariado	9.782	-3,30%	312,08	3,30%
	HoltWinters	9.512	-0,44%	41,88	0,44%
dic-12	real	9.647			
	forecast	7.920	17,90%	1727,00	17,90%
	metodo univariado	9.402	2,54%	244,85	2,54%
	HoltWinters	9.427	2,28%	220,43	2,28%

METODO	MAD	MAPE
FORECAST	1449,17	15,79%
UNIVARIADO	268,68	3,00%
HOLTWINTER	288,58	3,21%

**DEMANDA PROMEDIO 8952,9714**

## Anexo 34

Resultados obtenidos para el consumo de biocida con los distintos modelos de análisis:

MES	PRODUCTO/METODO	BIOCIDA	%	N - V	N - V/Y
ene-12	real	3525			
	forecast	2970	18%	555,00	15,74%
	metodo univariado	3.635	0%	109,61	3,11%
	HoltWinters	3746	-3%	220,66	6,26%
feb-12	real	3599			
	forecast	2970	16%	629,00	17,48%
	metodo univariado	3.539	0%	60,45	1,68%
	HoltWinters	3513	1%	86,04	2,39%
mar-12	real	3935			
	forecast	2970	26%	965,00	24,52%
	metodo univariado	4.036	0%	101,19	2,57%
	HoltWinters	3856	4%	79,30	2,02%
abr-12	real	3570			
	forecast	2970	27%	600,00	16,81%
	metodo univariado	4.063	0%	493,21	13,82%
	HoltWinters	3834	6%	263,76	7,39%
may-12	real	3228			
	forecast	2970	17%	258,00	7,99%
	metodo univariado	3600	0%	371,70	11,51%
	HoltWinters	3549	1%	320,68	9,93%
jun-12	real	3230			
	forecast	2970	14%	260,00	8,05%
	metodo univariado	3468	0%	237,70	7,36%
	HoltWinters	3618	-4%	387,98	12,01%
jul-12	real	3078			
	forecast	3300	-7%	222,00	7,21%
	metodo univariado	3.200	-4%	122,45	3,98%
	HoltWinters	3291	-7%	212,53	6,90%
ago-12	real	3747			
	forecast	3300	12%	447,00	11,93%
	metodo univariado	3.280	12%	467,08	12,47%
	HoltWinters	3408	9%	338,61	9,04%
sep-12	real	3194			
	forecast	3300	-3%	106,00	3,32%
	metodo univariado	3483	-9%	289,23	9,06%
	HoltWinters	3382	-6%	187,58	5,87%
oct-12	real	3585			
	forecast	3300	8%	285,00	7,95%
	metodo univariado	3896	-9%	311,33	8,68%
	HoltWinters	3896	-9%	311,33	8,68%
nov-12	real	3669			
	forecast	3300	10%	369,00	10,06%
	metodo univariado	3028	17%	641,19	17,48%
	HoltWinters	2950	20%	719,29	19,60%
dic-12	real	2817			
	forecast	3300	-17%	483,00	17,15%
	metodo univariado	3888	-38%	1071,05	38,02%
	HoltWinters	3751	-33%	934,40	33,17%

METODO	MAD	MAPE
FORECAST	431,58	12,35%
UNIVARIADO	356,35	10,81%
HOLTWINTER	338,51	10,27%

**DEMANDA PROMEDIO 3566,0548**

## Anexo 35

Resultados obtenidos para el consumo de anticorrosivo 957 con los distintos modelos de análisis:

MESES	PRODUCTO/METODO	R. 957	%	V-Y	V-3/Y
ene-12	real	25926			
	forecast	22572	13%	3354,00	12,94%
	método multivariado	24320	6%	1605,60	6,19%
	método univariado	26728	-3%	802,16	3,09%
	HoltWinters	25801	0%	124,51	0,48%
feb-12	real	22677			
	forecast	22572	0%	105,00	0,46%
	método multivariado	25823	-14%	3146,21	13,87%
	método univariado	24498	-8%	1821,22	8,03%
	HoltWinters	24281	-7%	1604,05	7,07%
mar-12	real	25618			
	forecast	22572	12%	3046,00	11,89%
	método multivariado	23296	9%	2321,70	9,06%
	método univariado	24700	4%	917,76	3,58%
	HoltWinters	24373	5%	1244,67	4,86%
abr-12	real	24248			
	forecast	22572	7%	1676,00	6,91%
	método multivariado	24641	-2%	393,12	1,62%
	método univariado	22975	5%	1272,73	5,25%
	HoltWinters	24010	1%	237,82	0,98%
may-12	real	25876			
	forecast	22572	13%	3304,00	12,77%
	método multivariado	24794	4%	1081,95	4,18%
	método univariado	24695	5%	1180,69	4,56%
	HoltWinters	24923	4%	952,75	3,68%
jun-12	real	27137			
	forecast	22869	16%	4268,00	15,73%
	método multivariado	25486	6%	1651,27	6,08%
	método univariado	24762	9%	2375,17	8,75%
	HoltWinters	24853	8%	2283,99	8,42%
jul-12	real	28931			
	forecast	22869	20,95%	6062,00	20,95%
	método multivariado	27014	6,63%	1916,80	6,63%
	método univariado	29934	-3,47%	1003,42	3,47%
	HoltWinters	28850	0,28%	80,67	0,28%
ago-12	real	28774			
	forecast	23760	17,43%	5014,00	17,43%
	método multivariado	28559	0,75%	215,40	0,75%
	método univariado	31329	-8,88%	2555,40	8,88%
	HoltWinters	30139	-4,74%	1365,09	4,74%
sep-12	real	26709			
	forecast	23760	11,04%	2949,00	11,04%
	método multivariado	28868	-8,09%	2159,48	8,09%
	método univariado	27376	-2,50%	667,34	2,50%
	HoltWinters	27717	-3,77%	1008,18	3,77%
oct-12	real	28322			
	forecast	23760	16,11%	4562,00	16,11%
	método multivariado	27014	4,62%	1308,14	4,62%
	método univariado	27517	2,84%	804,80	2,84%
	HoltWinters	27277	3,69%	1044,81	3,69%
nov-12	real	25937			
	forecast	23760	8,39%	2177,00	8,39%
	método multivariado	27907	-7,60%	1970,12	7,60%
	método univariado	27801	-7,19%	1864,03	7,19%
	HoltWinters	27697	-6,79%	1760,23	6,79%
dic-12	real	27441			
	forecast	23760	13,41%	3681,00	13,41%
	método multivariado	26477	3,51%	963,54	3,51%
	método univariado	26549	3,25%	892,31	3,25%
	HoltWinters	27782	-1,24%	340,96	1,24%

METODO	MAE	MAPE
FORECAST	3349,83	12,34%
MULTIVARIADO	1561,11	6,02%
UNIVARIADO	1346,42	5,12%
HOLTWINTER	1003,98	3,83%

**DEMANDA PROMEDIO 26475,441**

## Anexo 36

Resultados obtenidos para el consumo de anticorrosivo 1107 con los distintos modelos de análisis:

MESES	PRODUCCION/METODO	K 1107	%	Y-1	Y-1/Y
ene-12	real	3028			
	forecast	2508	17%	520,00	17,17%
	método multivariado	3039	0%	10,74	0,35%
	método univariado	3080	-2%	52,20	1,72%
	HoltWinters	3022	0%	6,21	0,21%
feb-12	real	2685			
	forecast	2508	7%	177,00	6,59%
	método multivariado	3021	-13%	336,06	12,52%
	método univariado	2895	-8%	210,43	7,84%
	HoltWinters	2788	-4%	102,66	3,82%
mar-12	real	3275			
	forecast	2508	23%	767,00	23,42%
	método multivariado	2731	17%	544,32	16,62%
	método univariado	2870	12%	405,37	12,38%
	HoltWinters	2924	11%	351,20	10,72%
abr-12	real	2920			
	forecast	2508	14%	412,00	14,11%
	método multivariado	3249	-11%	328,70	11,26%
	método univariado	3056	-5%	135,81	4,65%
	HoltWinters	2899	1%	20,59	0,71%
may-12	real	2986			
	forecast	2508	16%	478,00	16,01%
	método multivariado	2957	1%	29,01	0,97%
	método univariado	3082	-3%	95,81	3,21%
	HoltWinters	3004	-1%	17,57	0,59%
jun-12	real	2821			
	forecast	2541	10%	280,00	9,93%
	método multivariado	2948	-4%	126,80	4,49%
	método univariado	2940	-4%	118,88	4,21%
	HoltWinters	2895	-3%	74,03	2,62%
jul-12	real	2945			
	forecast	2541	13,72%	404,00	13,72%
	método multivariado	2775	5,79%	170,44	5,79%
	método univariado	3028	-2,80%	82,60	2,80%
	HoltWinters	2999	-1,84%	54,33	1,84%
ago-12	real	2923			
	forecast	2640	9,68%	283,00	9,68%
	método multivariado	2908	0,51%	14,85	0,51%
	método univariado	3006	-2,86%	83,45	2,86%
	HoltWinters	3059	-4,67%	136,45	4,67%
sep-12	real	2865			
	forecast	2640	7,85%	225,00	7,85%
	método multivariado	2943	-2,72%	78,05	2,72%
	método univariado	2836	1,03%	29,49	1,03%
	HoltWinters	2919	-1,88%	53,98	1,88%
oct-12	real	3050			
	forecast	2640	13,44%	410,00	13,44%
	método multivariado	2937	3,70%	112,76	3,70%
	método univariado	2987	2,07%	63,18	2,07%
	HoltWinters	3000	1,65%	50,42	1,65%
nov-12	real	2901			
	forecast	2640	9,00%	261,00	9,00%
	método multivariado	3023	-4,20%	121,82	4,20%
	método univariado	2928	-0,93%	27,01	0,93%
	HoltWinters	2899	0,06%	1,72	0,06%
dic-12	real	3002			
	forecast	2640	12,06%	362,00	12,06%
	método multivariado	2985	0,56%	16,76	0,56%
	método univariado	2959	1,42%	42,69	1,42%
	HoltWinters	3054	-1,74%	52,33	1,74%

METODO	MAD	MADY
FORECAST	381,58	12,75%
MULTIVARIADO	157,53	5,31%
UNIVARIADO	112,24	3,76%
HOLTWINTER	76,79	2,54%

**DEMANDA PROMEDIO 2955,1845**

## Anexo 37

Resultados obtenidos para el consumo de clarificador con los distintos modelos de análisis:

MES	PRODUCTO/METODO	CLARIFICADOR	%	N.Y.	N.Y./X
ene-12	real	891			
	forecast	1320	-48%	429,00	48,15%
	método multivariado	873	2%	18,38	2,06%
	método univariado	926	-4%	35,13	3,94%
	HoltWinters	921	-3%	30,18	3,39%
feb-12	real	919			
	forecast	1320	-44%	401,00	43,63%
	método multivariado	878	4%	41,16	4,48%
	método univariado	798	13%	120,58	13,12%
	HoltWinters	800	13%	119,04	12,95%
mar-12	real	974			
	forecast	1320	-36%	346,00	35,52%
	método multivariado	893	8%	81,06	8,32%
	método univariado	976	0%	1,83	0,19%
	HoltWinters	957	2%	16,75	1,72%
abr-12	real	960			
	forecast	1320	-38%	360,00	37,50%
	método multivariado	941	2%	18,53	1,93%
	método univariado	914	5%	45,62	4,75%
	HoltWinters	943	2%	17,29	1,80%
may-12	real	904			
	forecast	1320	-46%	416,00	46,02%
	método multivariado	949	-5%	44,89	4,97%
	método univariado	1004	-11%	100,00	11,06%
	HoltWinters	943	-4%	38,71	4,28%
jun-12	real	807			
	forecast	1320	-64%	513,00	63,57%
	método multivariado	913	-13%	106,06	13,14%
	método univariado	863	-7%	56,44	6,99%
	HoltWinters	873	-8%	66,13	8,19%
jul-12	real	879			
	forecast	1320	-50,17%	441,00	50,17%
	método multivariado	819	6,86%	60,29	6,86%
	método univariado	909	-3,45%	30,29	3,45%
	HoltWinters	925	-5,23%	45,94	5,23%
ago-12	real	899			
	forecast	1320	-46,83%	421,00	46,83%
	método multivariado	857	4,72%	42,42	4,72%
	método univariado	930	-3,42%	30,76	3,42%
	HoltWinters	935	-3,99%	35,87	3,99%
sep-12	real	1016			
	forecast	1320	-29,92%	304,00	29,92%
	método multivariado	881	13,27%	134,83	13,27%
	método univariado	873	14,09%	143,18	14,09%
	HoltWinters	858	15,58%	158,33	15,58%
oct-12	real	920			
	forecast	1320	-43,48%	400,00	43,48%
	método multivariado	982	-6,76%	62,21	6,76%
	método univariado	1031	-12,07%	111,06	12,07%
	HoltWinters	957	-4,04%	37,17	4,04%
nov-12	real	941			
	forecast	1320	-40,28%	379,00	40,28%
	método multivariado	931	1,09%	10,24	1,09%
	método univariado	876	6,92%	65,08	6,92%
	HoltWinters	846	10,06%	94,68	10,06%
dic-12	real	690			
	forecast	1320	-91,30%	630,00	91,30%
	método multivariado	933	-35,22%	243,03	35,22%
	método univariado	924	-33,88%	233,77	33,88%
	HoltWinters	943	-36,60%	252,55	36,60%

METODO	MAD	MAPE
FORECAST	420,00	48,03%
MULTIVARIADO	71,93	8,57%
UNIVARIADO	81,15	9,49%
HOLTWINTER	76,05	8,99%

**DEMANDA PROMEDIO 904,10728**

## Anexo 38

Resultados obtenidos para el consumo de demulsificante con los distintos modelos de análisis:

MES	PRODUCTO/METODO	DEMULSIFICANTE	%	T-Y	X-2/Y
ene-12	real	2536			
	forecast	2640	-4%	104,00	4,10%
	método multivariado	2578	-2%	41,95	1,65%
	método univariado	2467	3%	68,82	2,71%
	HoltWinters	2388	6%	147,53	5,82%
feb-12	real	2201			
	forecast	2640	-20%	439,00	19,95%
	método multivariado	2555	-16%	353,98	16,08%
	método univariado	2557	-16%	356,40	16,19%
	HoltWinters	2493	-13%	291,51	13,24%
mar-12	real	2320			
	forecast	2640	-14%	320,00	13,79%
	método multivariado	2181	6%	138,93	5,99%
	método univariado	2885	-24%	565,15	24,36%
	HoltWinters	2875	-24%	555,41	23,94%
abr-12	real	2356			
	forecast	2640	-12%	284,00	12,05%
	método multivariado	2221	6%	135,20	5,74%
	método univariado	1986	16%	369,68	15,69%
	HoltWinters	2157	8%	198,88	8,44%
may-12	real	2675			
	forecast	2970	-11%	295,00	11,03%
	método multivariado	2317	13%	357,60	13,37%
	método univariado	2498	7%	177,50	6,64%
	HoltWinters	2515	6%	160,20	5,99%
jun-12	real	2251			
	forecast	2970	-32%	719,00	31,94%
	método multivariado	2718	-21%	467,14	20,75%
	método univariado	2664	-18%	413,32	18,36%
	HoltWinters	2631	-17%	380,27	16,89%
jul-12	real	2303			
	forecast	2970	-28,96%	667,00	28,96%
	método multivariado	2310	-0,32%	7,31	0,32%
	método univariado	2127	7,62%	175,52	7,62%
	HoltWinters	2190	4,91%	113,16	4,91%
ago-12	real	2255			
	forecast	2970	-31,71%	715,00	31,71%
	método multivariado	2294	-1,74%	39,24	1,74%
	método univariado	2341	-3,83%	86,42	3,83%
	HoltWinters	2415	-7,11%	160,44	7,11%
sep-12	real	2395			
	forecast	2970	-24,01%	575,00	24,01%
	método multivariado	2233	6,76%	161,84	6,76%
	método univariado	2143	10,52%	252,06	10,52%
	HoltWinters	2070	13,55%	324,53	13,55%
oct-12	real	2473			
	forecast	2640	-6,75%	167,00	6,75%
	método multivariado	2314	6,41%	158,51	6,41%
	método univariado	2478	-0,20%	4,97	0,20%
	HoltWinters	2385	3,55%	87,89	3,55%
nov-12	real	911			
	forecast	2640	-189,79%	1729,00	189,79%
	método multivariado	2520	-176,65%	1609,33	176,65%
	método univariado	2426	-166,30%	1515,00	166,30%
	HoltWinters	2156	-136,63%	1244,68	136,63%
dic-12	real	811			
	forecast	2640	-225,52%	1829,00	225,52%
	método multivariado	1134	-39,88%	323,41	39,88%
	método univariado	745	8,19%	66,46	8,19%
	HoltWinters	833	-2,70%	21,87	2,70%

METODO	MAE	MAPE
FORECAST	653,58	49,97%
MULTIVARIADO	316,20	24,61%
UNIVARIADO	337,61	23,39%
HOLTWINTER	307,20	20,23%

**DEMANDA PROMEDIO 2259,0831**

## Anexo 39

Resultados obtenidos para el consumo de antiespumante con los distintos modelos de análisis:

MES	PRODUCCION METODO	ANTIESPUMANTE	%	Y, X, Z	Y, X, Z
ene-12	real	673			
	forecast	660	2%	13,00	1,93%
	método multivariado	610	9%	63,26	9,40%
	método univariado	655	3%	17,72	2,63%
	HoltWinters	723	-7%	50,06	7,44%
feb-12	real	652			
	forecast	660	-1%	8,00	1,23%
	método multivariado	618	5%	33,79	5,18%
	método univariado	709	-9%	57,30	8,79%
	HoltWinters	728	-12%	76,01	11,66%
mar-12	real	608			
	forecast	660	-9%	52,00	8,55%
	método multivariado	610	0%	2,03	0,33%
	método univariado	737	-21%	128,53	21,14%
	HoltWinters	764	-26%	156,44	25,73%
abr-12	real	555			
	forecast	660	-19%	105,00	18,92%
	método multivariado	596	-7%	41,32	7,44%
	método univariado	616	-11%	61,13	11,02%
	HoltWinters	656	-18%	101,01	18,20%
may-12	real	609			
	forecast	660	-8%	51,00	8,37%
	método multivariado	564	7%	45,43	7,46%
	método univariado	637	-5%	28,29	4,65%
	HoltWinters	630	-3%	20,62	3,39%
jun-12	real	564			
	forecast	660	-17%	96,00	17,02%
	método multivariado	577	-2%	12,51	2,22%
	método univariado	594	-5%	29,70	5,27%
	HoltWinters	630	-12%	65,95	11,69%
jul-12	real	627			
	forecast	660	-5,26%	33,00	5,26%
	método multivariado	556	11,32%	70,95	11,32%
	método univariado	575	8,24%	51,65	8,24%
	HoltWinters	598	4,56%	28,57	4,56%
ago-12	real	620			
	forecast	660	-6,45%	40,00	6,45%
	método multivariado	564	9,05%	56,14	9,05%
	método univariado	545	12,15%	75,34	12,15%
	HoltWinters	580	6,53%	40,50	6,53%
sep-12	real	623			
	forecast	660	-5,94%	37,00	5,94%
	método multivariado	588	5,62%	34,99	5,62%
	método univariado	578	7,25%	45,18	7,25%
	HoltWinters	605	2,88%	17,97	2,88%
oct-12	real	620			
	forecast	660	-6,45%	40,00	6,45%
	método multivariado	597	3,67%	22,74	3,67%
	método univariado	604	2,53%	15,70	2,53%
	HoltWinters	583	5,93%	36,74	5,93%
nov-12	real	577			
	forecast	660	-14,38%	83,00	14,38%
	método multivariado	603	-4,46%	25,71	4,46%
	método univariado	593	-2,69%	15,54	2,69%
	HoltWinters	569	1,38%	7,98	1,38%
dic-12	real	706			
	forecast	660	6,52%	46,00	6,52%
	método multivariado	518	26,66%	188,20	26,66%
	método univariado	643	8,91%	62,88	8,91%
	HoltWinters	582	17,63%	124,49	17,63%

METODOS	MAD	MAPE
FORECAST	50,33	8,42%
MULTIVARIADO	49,75	7,73%
UNIVARIADO	49,08	7,94%
HOLTWINTER	60,53	9,75%

**DEMANDA PROMEDIO 583,33996**

## Anexo 40

### NIVEL ACTUAL DE COBERTURA Y ROTACION DE INVENTARIOS

TRATAMIENTO	PRODUCTO	DEMANDA	DEMANDA	DESVIACION DE	DESVIACION DE LA	MATERIA	CANTIDAD DE	DEMANDA	DESVIACION DE LA	INVENTARIO	COSTO FINAL DE	INDICE DE COBERTURA	INDICE DE ROTACION	INDICE DE
		MENSUAL	MENSUAL EN BK	LA DEMANDA	DEMANDA EN BK		MATERIA	MATERIA PRIMA	MENSUAL DE	DEMANDA MENSUAL	MENSUAL PROMEDIO	ADQUISICION (\$/KG)	(DIAS)	ACTUAL (VECES / MES)
		PROMEDIO (GL)	(330 GALONES)	MENSUAL (GL)	(330 GALONES)	PRIMA	POR BK (KG)	MATERIA PRIMA	(KG)	(KG)				(VECES / AÑO)
ANTI ESCALA	ANTI ESCALA	8952.97	27	675.44	2	MP 67	621.87	16871.55	1272.84	13425.23	2.35	23.87	1.26	15.08
BIOCIDA	BIOCIDA	3566.05	11	278.27	1	MP 98	283.99	3068.87	239.47	5631.22	2.02	55.05	0.54	6.54
CORROSION EN	ANTICORROSIVO 957	26475.44	80	2028.31	6	MP A60	171.83	15324.08	1098.12	19122.65	4.96	37.44	0.80	9.62
						MP Q80	171.83	15324.08	1098.12	10830.21	5.02	21.20	1.41	16.98
REINYECCION	ANTICORROSIVO 1107	2955.18	9	80.69	0.24	MP 571	6.14	547.32	1.50	472.30	4.73	25.89	1.16	13.91
DESHIDRATACION	CLARIFICADOR	904.11	3	45.74	0.14	MP120	1200.00	3287.66	166.33	5810.49	3.60	53.02	0.57	6.79
	DEMULSIFICANTE	2259.08	7	503.70	2	MP 3879	152.65	1045.02	233.00	4109.93	5.61	117.99	0.25	3.05
			7		2	MP 13	203.54	1393.35	310.67	3975.69	4.82	85.60	0.35	4.21
			7		2	MP 47	152.65	1045.02	233.00	2196.35	5.18	63.05	0.48	5.71
ANTIESPUMANTE	583.34	2	28.98	0	MP 12500	94.54	167.12	8.30	597.19	4.60	107.20	0.28	3.36	

## Anexo 41

### COSTOS DE INVENTARIO CON LA POLITICA ACTUAL

MATERIA	DEMANDA MENSUAL DE MATERIA	INVENTARIO MENSUAL PROMEDIO DE MATERIA	# DE ORDENES ANUALES	CANTIDAD POR ORDEN (KG)	COSTO DE COLOCAR UNA ORDEN A UN PROVEEDOR	COSTO INICIAL DE ADQUISICION	COSTO FINAL DE ADQUISICION	COSTO ANUAL DE COLOCAR UNA ORDEN (CCO)	COSTO DE FINANCIAMIENTO (3,5% anual)	COSTO DE ALMACENAJE (\$/KG)	COSTO PORCENTUAL POR AÑO POR MANTENIMIENTO DE INVENTARIO	COSTO ANUAL DE ALMACENAMIENTO	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE INVENTARIO (CCO + CF + CA)
MP 67	16871.55	13425.23	11	14160.00	182.22	1.94	2.35	2004.42	10576.10	0.018	34.25%	2899.850	15480.374
MP 98	3068.87	5631.22	4	12000.00	182.22	1.80	2.02	728.88	3024.00	0.018	27.43%	1216.343	4969.223
MP A60	15324.08	19122.65	11	22680.00	182.22	4.08	4.96	2004.42	35625.74	0.018	37.90%	4130.492	41760.656
MP Q80	15324.08	10830.21	11	11350.00	182.22	4.13	5.02	2004.42	18047.07	0.018	33.57%	2339.325	22390.812
MP 571	547.32	472.30	11	400.00	182.22	3.97	4.73	2004.42	611.38	0.018	27.78%	102.016	2717.816
MP120	3287.66	5810.49	5	6000.00	182.22	2.67	3.60	911.10	NA	0.018	0.50%	1255.066	2166.166
MP 3879	1045.02	4109.93	4	4000.00	182.22	5.04	5.61	728.88	2822.40	0.018	12.56%	887.744	4439.024
MP 13	1393.35	3975.69	6	2400.00	182.22	3.84	4.82	1093.32	1935.36	0.018	10.48%	858.749	3887.429
MP 47	1045.02	2196.35	6	2400.00	182.22	4.12	5.18	1093.32	2076.48	0.018	18.62%	474.411	3644.211
MP 12500	167.12	597.19	2	1350.00	182.22	4.60	4.60	364.44	NA	0.018	0.39%	128.993	493.433

\$ 101,949.15

## Anexo 42

### ANALISIS DE LEAD TIME PARA LAS MATERIAS PRIMAS DE LOS TRATAMIENTOS ANTI-INCRUSTANTE Y CORROSION EN REINYECCION

ORDEN DE IMPORTACION	COLOCACION DE ORDEN	FECHA DE EMBARQUE	LLEGADA A PLANTA	DIAS	MESES	
QPTRPE00111	17/12/2010	04/01/2011	15/02/2011	60	2.00	
QPTRPE00211	22/01/2011	08/02/2011	20/03/2011	57	1.90	
QPTRPE00311	24/02/2011	01/03/2011	27/03/2011	31	1.03	
QPTRPE00411	14/03/2011	29/03/2011	09/05/2011	56	1.87	
QPTRPE00511	30/04/2011	03/05/2011	14/06/2011	45	1.50	
QPTRPE00611	01/06/2011	07/06/2011	08/07/2011	37	1.23	
QPTRPE00711	23/06/2011	05/07/2011	12/08/2011	50	1.67	
QPTRPE00811	14/08/2011	20/08/2011	26/09/2011	43	1.43	
QPTRPE00911	21/10/2011	06/10/2011	27/11/2011	37	1.23	
QPTRPE01011	26/10/2011	20/11/2011	08/01/2012	74	2.47	
QPTRPE01111	12/11/2011	30/11/2011	23/12/2011	41	1.37	
QPTRPE00112	10/12/2011	15/12/2011	09/01/2012	30	1.00	
QPTRPE00212	10/02/2012	12/03/2012	02/04/2012	52	1.73	
QPTRPE00312	21/03/2012	04/04/2012	07/05/2012	47	1.57	
QPTRPE00412	28/04/2012	03/05/2012	25/05/2012	27	0.90	
QPTRPE00512	03/05/2012	06/06/2012	02/07/2012	60	2.00	
QPTRPE00612	04/06/2012	23/06/2012	26/07/2012	52	1.73	
QPTRPE00712	15/06/2012	06/07/2012	11/08/2012	57	1.90	
QPTRPE00812	02/07/2012	23/07/2012	30/08/2012	59	1.97	
QPTRPE00912	06/08/2012	09/09/2012	06/10/2012	61	2.03	
QPTRPE01012	27/09/2012	15/10/2012	22/11/2012	56	1.87	
QPTRPE01112	23/10/2012	16/11/2012	14/12/2012	52	1.73	
				$\mu$	<b>49.27</b>	<b>1.64</b>
				$\sigma$	<b>11.83</b>	<b>0.39</b>

## Anexo 43

**ANALISIS DE LEAD TIME PARA LAS MATERIAS PRIMAS DEL TRATAMIENTO DEMULSIFICANTE  
(ORIGEN USA)**

<b>ORDEN DE IMPORTACION</b>	<b>COLOCACION DE ORDEN</b>	<b>FECHA DE EM BARQUE</b>	<b>LLEGADA A PLANTA</b>	<b>DIAS</b>	<b>MESES</b>	
QPTRGE00111	07/12/2010	27/01/2011	02/03/2011	85	2.83	
QPTRGE00211	18/01/2011	12/02/2011	17/03/2011	58	1.93	
QPTRGE00311	14/03/2011	19/04/2011	16/05/2011	63	2.10	
QPTRGE00411	21/05/2011	04/07/2011	03/08/2011	74	2.47	
QPTRGE00511	10/06/2011	12/08/2011	16/09/2011	98	3.27	
QPTRGE00611	15/08/2011	07/10/2011	10/11/2011	87	2.90	
QPTRGE00112	15/12/2011	13/01/2012	16/02/2012	63	2.10	
QPTRGE00212	24/01/2012	02/03/2012	03/04/2012	70	2.33	
QPTRGE00312	26/03/2012	27/04/2012	30/05/2012	65	2.17	
QPTRGE00412	14/05/2012	29/06/2012	01/08/2012	79	2.63	
QPTRGE00512	24/07/2012	31/08/2012	05/10/2012	73	2.43	
QPTRGE00612	27/09/2012	02/11/2012	05/12/2012	69	2.30	
				$\mu$	<b>73.67</b>	<b>2.46</b>
				$\sigma$	<b>11.72</b>	<b>0.39</b>

**ANALISIS DE LEAD TIME PARA LAS MATERIAS PRIMAS DEL TRATAMIENTO DEMULSIFICANTE  
(ORIGEN ALEMANIA)**

<b>ORDEN DE IMPORTACION</b>	<b>COLOCACION DE ORDEN</b>	<b>FECHA DE EM BARQUE</b>	<b>LLEGADA A PLANTA</b>	<b>DIAS</b>	<b>MESES</b>	
QPTRCA00111	11/11/2010	07/01/2011	18/02/2011	99	3.30	
QPTRCA00211	17/02/2011	11/04/2011	20/05/2011	92	3.07	
QPTRCA00311	13/05/2011	22/07/2011	08/09/2011	118	3.93	
QPTRCA00411	15/08/2011	21/10/2011	04/12/2011	111	3.70	
QPTRCA00112	07/11/2011	06/01/2012	15/02/2012	100	3.33	
QPTRCA00212	13/02/2012	30/03/2012	22/05/2012	99	3.30	
QPTRCA00312	06/05/2012	04/07/2012	15/08/2012	101	3.37	
QPTRCA00412	03/09/2012	26/10/2012	12/12/2012	100	3.33	
				$\mu$	<b>102.50</b>	<b>3.42</b>
				$\sigma$	<b>8.12</b>	<b>0.27</b>

## Anexo 44

### ANALISIS DE LEAD TIME PARA LAS MATERIAS PRIMAS DEL TRATAMIENTO BIOCIDA

<b>ORDEN DE IMPORTACION</b>	<b>COLOCACION DE ORDEN</b>	<b>FECHA DE EMBARQUE</b>	<b>LLEGADA A PLANTA</b>	<b>DIAS</b>	<b>MESES</b>
QPTRCC00111	15/12/2010	23/01/2011	09/03/2011	84	2.80
QPTRCC00211	22/03/2011	08/05/2011	16/06/2011	86	2.87
QPTRCC00311	07/06/2011	31/07/2011	09/09/2011	94	3.13
QPTRCC00411	13/09/2011	30/10/2011	13/12/2011	91	3.03
QPTRCC00112	20/11/2011	06/01/2012	21/02/2012	93	3.10
QPTRCC00212	13/02/2012	30/03/2012	22/05/2012	99	3.30
QPTRCC00312	06/05/2012	01/07/2012	15/08/2012	101	3.37
QPTRCC00412	29/08/2012	14/10/2012	30/11/2012	93	3.10
				<b>μ</b>	<b>92.63</b>
				<b>σ</b>	<b>5.78</b>
					<b>3.09</b>
					<b>0.19</b>

## Anexo 45

### ANALISIS DE LEAD TIME PARA LAS MATERIAS PRIMAS DEL TRATAMIENTO CLARIFICADOR

ORDEN DE IMPORTACION	COLOCACION DE ORDEN	FECHA DE EMBARQUE	LLEGADA A PLANTA	DIAS	MESES	
QPTRHE00111	03/02/2011	06/03/2011	20/03/2011	45	1.50	
QPTRHE00211	21/04/2011	15/05/2011	03/06/2011	43	1.43	
QPTRHE00311	23/07/2011	04/09/2011	28/09/2011	67	2.23	
QPTRHE00411	24/09/2011	16/10/2011	12/11/2011	49	1.63	
QPTRHE00511	20/10/2011	20/11/2011	16/12/2011	57	1.90	
QPTRHE00112	04/01/2012	26/02/2012	13/03/2012	69	2.30	
QPTRHE00212	22/03/2012	06/05/2012	18/05/2012	57	1.90	
QPTRHE00312	29/05/2012	24/06/2012	10/07/2012	42	1.40	
QPTRHE00412	01/08/2012	26/08/2012	14/09/2012	44	1.47	
QPTRHE00512	25/10/2012	18/11/2012	06/12/2012	42	1.40	
				$\mu$	<b>51.50</b>	<b>1.72</b>
				$\sigma$	<b>10.35</b>	<b>0.35</b>

## Anexo 46

### **ANALISIS DE LEAD TIME PARA LAS MATERIAS PRIMAS DEL TRATAMIENTO ANTIESPUMANTE**

<b>ORDEN DE IMPORTACION</b>	<b>COLOCACION DE ORDEN</b>	<b>FECHA DE EMBARQUE</b>	<b>LLEGADA A PLANTA</b>	<b>DIAS</b>	<b>MESES</b>	
QPTRME00111	15/02/2011	03/04/2011	11/05/2011	85	2.83	
QPTRME00211	21/07/2011	04/09/2011	11/10/2011	82	2.73	
QPTRME00112	18/01/2012	27/02/2012	07/04/2012	80	2.67	
QPTRME00212	14/06/2012	24/07/2012	02/09/2012	80	2.67	
				<b><math>\mu</math></b>	<b>82.33</b>	<b>2.74</b>
				<b><math>\sigma</math></b>	<b>2.52</b>	<b>0.08</b>

## Anexo 47

### NUEVA POLITICA DE INVENTARIO (s, S) PARA PRODUCTOS TIPO A

	DEMANDA	DESVIACION DE LA DEMANDA	DESVIACION DEL LEADTIME	LEAD TIME	COSTO PRODUCTO	KOSTO DE PROCESAR UNA ORDEN	i	NIVEL DE SERVICIO	COSTO DE FINANCIAMIENTO DE INVENTARIO	NIVEL DE SERVICIO Z
MP 67	16871.549	1272.84	0.39	1.64	1.94	182.22	0.35%	98%	0.0068	2.05
MP A60	15324.08	1098.12	0.39	1.64	4.08	182.22	0.35%	98%	0.0143	2.05
MP Q80	15324.08	1098.12	0.39	1.64	4.13	182.22	0.35%	98%	0.0145	2.05
MP 571	547.32	1.50	0.39	1.64	3.97	182.22	0.35%	98%	0.0139	2.05
MP 3879	1045.02	233.00	0.27	3.42	5.04	182.22	0.35%	98%	0.0176	2.05
MP 13	1393.35	310.67	0.39	2.46	3.84	182.22	0.35%	98%	0.0134	2.05
MP 47	1045.02	233.00	0.39	2.46	4.12	182.22	0.35%	98%	0.0144	2.05

	MP 67	MP A60	MP Q80	MP 571	MP 3879	MP 13	MP 47
Q* =	30092.32	19775.89	19655.82	3788.83	4646.50	6146.72	5139.16
s =	41781.82	37914.10	37914.10	1342.31	4628.86	4921.17	3690.90
S =	44163.89	37914.10	37914.10	4232.21	5704.88	7646.44	6263.96

## Anexo 48

### NUEVA POLITICA DE INVENTARIO ( $s, Q$ ) PARA PRODUCTOS TIPO B

	DEMANDA (AVG)	DESVIACION DE LA DEMANDA (STDL)	DESVIACION DEL LEADTIME (STDL)	LEAD TIME (AVGL)	COSTO PRODUCTO	COSTO DE PROCESAR UNA ORDEN (K)	i	NIVEL DE SERVICIO	COSTO DE FINANCIAMIENTO DE INVENTARIO ( $h$ )	NIVEL DE SERVICIO (Z)
MP 98	3068.871	239.47	0.19	3.09	1.80	182.22	0.35%	95%	0.0063	1.64
MP120	3287.66	166.33	0.35	1.72	2.67	182.22	0.35%	95%	0.0093	1.64
MP 12500	167.12	8.30	0.08	2.74	4.60	182.22	0.35%	95%	0.0161	1.64

	MP 98	MP120	MP 12500
Q* =	13323.92	11323.14	1944.98
s =	10668.85	7543.99	490.96

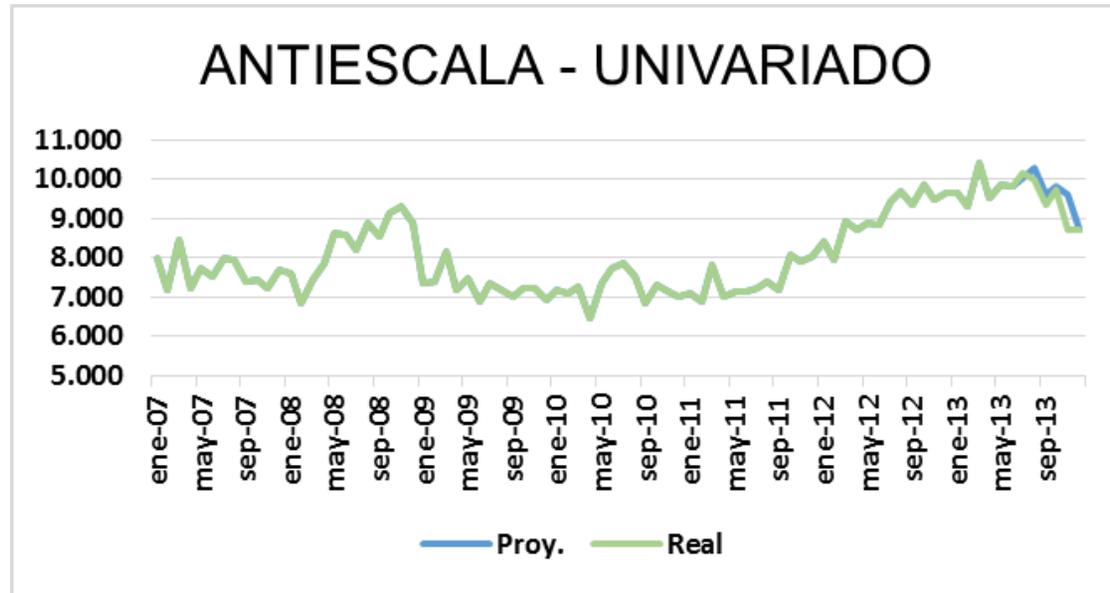
## Anexo 49

### COSTOS DE INVENTARIO CON LA POLITICA ACTUAL

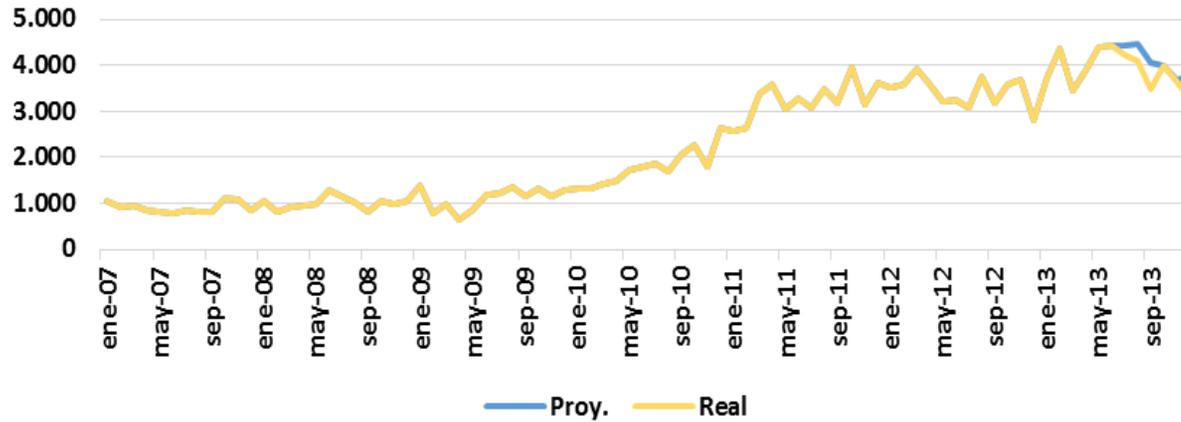
MATERIA	DEMANDA MENSUAL	INVENTARIO MENSUAL	# DE ORDENES	CANTIDAD POR	COSTO DE COLOCAR	COSTO	COSTO FINAL	COSTO ANUAL	COSTO DE	COSTO DE	COSTO	COSTO ANUAL DE	COSTO TOTAL DE
PRIMA	DE MATERIA PRIMA	PROMEDIO DE MATERIA PRIMA	ANUALES	ORDEN (KG)	UNA ORDEN A UN PROVEEDOR	INICIAL DE ADQUISICION	DE ADQUISICION	DE COLOCAR UNA ORDEN (CCO)	FINANCIAMIENTO (3,5% anual)	ALMACENAMIENTO (\$/KG)	PORCENTUAL POR AÑO POR MANTENIMIENTO DE INVENTARIO	ALMACENAMIENTO	MANTENIMIENTO DE INVENTARIO (CCO + CF + CA)
MP 67	16871.55	16871.55	7	30092.32	182.22	1.94	2.35	1225.96	13746.94	0.018	35.40%	3644.255	18617.154
MP 98	3068.87	3068.87	3	13323.92	182.22	1.80	2.02	503.64	2320.07	0.018	38.25%	662.876	3486.587
MP A60	15324.08	15324.08	9	19775.89	182.22	4.08	4.96	1694.40	26259.34	0.018	34.89%	3310.001	31263.745
MP Q80	15324.08	15324.08	9	19655.82	182.22	4.13	5.02	1704.75	26581.15	0.018	34.93%	3310.001	31595.901
MP 571	547.32	547.32	2	3788.83	182.22	3.97	4.73	315.87	912.60	0.018	35.67%	118.221	1346.697
MP120	3287.66	3287.66	3	11323.14	182.22	2.67	3.60	634.89	NA	0.018	0.50%	710.135	1345.024
MP 3879	1045.02	1045.02	3	4646.50	182.22	5.04	5.61	491.79	2212.09	0.018	38.04%	225.724	2929.602
MP 13	1393.35	1393.35	3	6146.72	182.22	3.84	4.82	495.67	2247.19	0.018	33.86%	300.963	3043.825
MP 47	1045.02	1045.02	2	5139.16	182.22	4.12	5.18	444.64	1808.30	0.018	33.78%	225.724	2478.662
MP 12500	167.12	167.12	1	1944.98	182.22	4.60	4.60	187.88	NA	0.018	0.39%	36.098	223.982
												<b>\$ 96,331.18</b>	

## Anexo 50

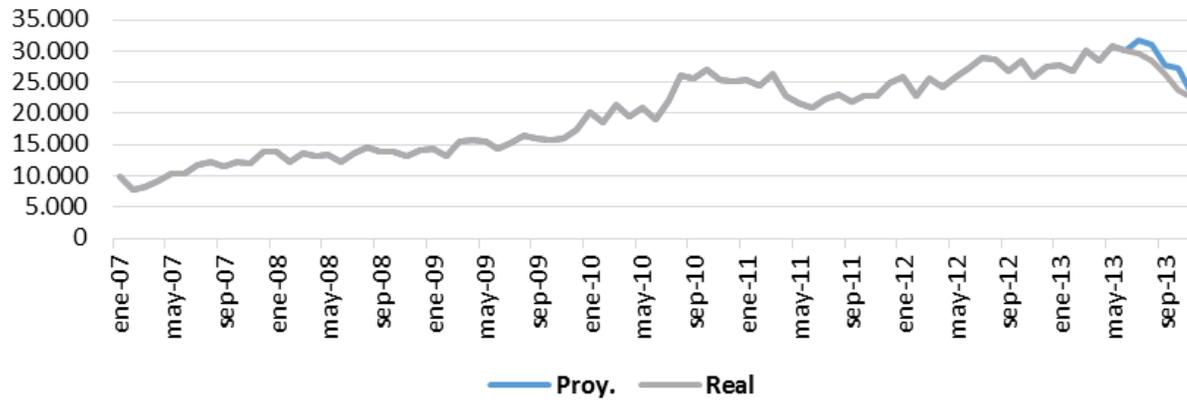
Cuadro comparativo de estimación según modelo predefinido vs consumos reales del segundo semestre año 2013														
mes	ANTI ESCALA		BAC98THPS		IC957		IC1107		CLARIFICADO		DEMULSIF		ANTI ESP	
	Proy.	Real	Proy.	Real	Proy.	Real	Proy.	Real	Proy.	Real	Proy.	Real	Proy.	Real
ene-13	9.626	9.626	3.734	3.734	27.624	27.624	3.108	3.108	505	505	1.069	1.069	610	610
feb-13	9.296	9.296	4.371	4.371	26.842	26.842	2.863	2.863	520	520	1.124	1.124	634	634
mar-13	10.410	10.410	3.442	3.442	30.059	30.059	3.346	3.346	945	945	2.380	2.380	829	829
abr-13	9.503	9.503	3.899	3.899	28.370	28.370	3.186	3.186	985	985	2.084	2.084	715	715
may-13	9.838	9.838	4.395	4.395	30.776	30.776	3.333	3.333	994	994	2.163	2.163	1.024	1.024
jun-13	9.805	9.805	4.430	4.430	30.139	30.139	3.183	3.183	945	945	2.102	2.102	1.025	1.025
jul-13	10.034	10.171	4.413	4.226	31.830	29.653	3.247	3.286	956	1.007	2.113	2.293	1.023	914
ago-13	10.259	9.992	4.467	4.083	31.038	28.473	3.222	3.276	1.007	975	2.451	2.095	956	803
sep-13	9.602	9.329	4.056	3.489	27.640	26.249	3.106	3.016	978	1.082	2.051	2.130	829	856
oct-13	9.789	9.728	4.000	3.977	27.141	23.759	3.165	2.808	1.070	847	2.095	1.965	821	684
nov-13	9.609	8.712	3.683	3.634	23.372	22.474	2.847	2.295	881	677	1.398	1.712	734	612
dic-13	8.685	8.724	3.739	3.268	24.417	21.186	2.639	2.416	690	609	1.513	1.685	614	535



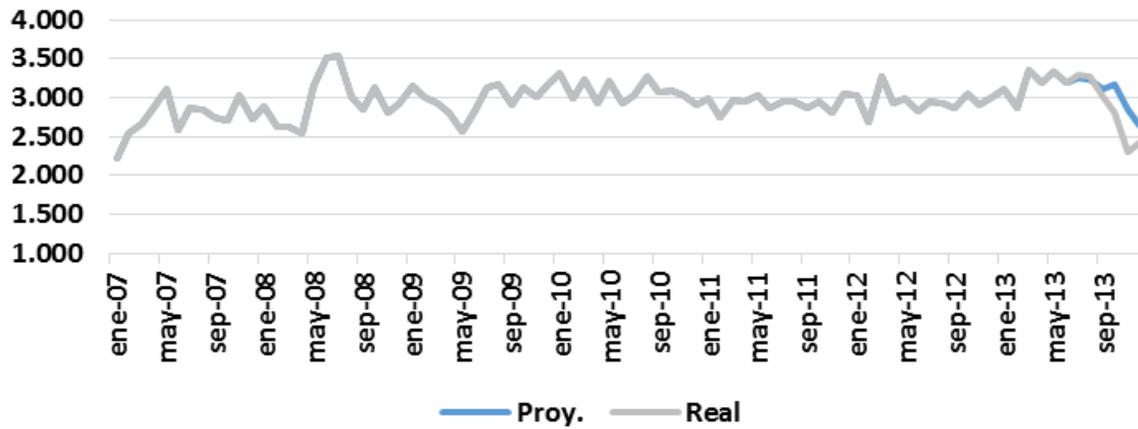
### BAC98THPS - HOLTWINTER



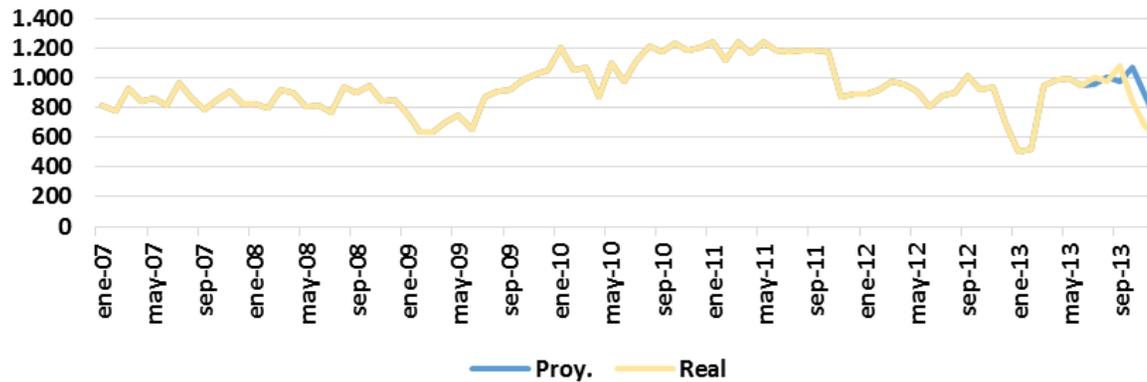
### IC957 - HOLTWINTER

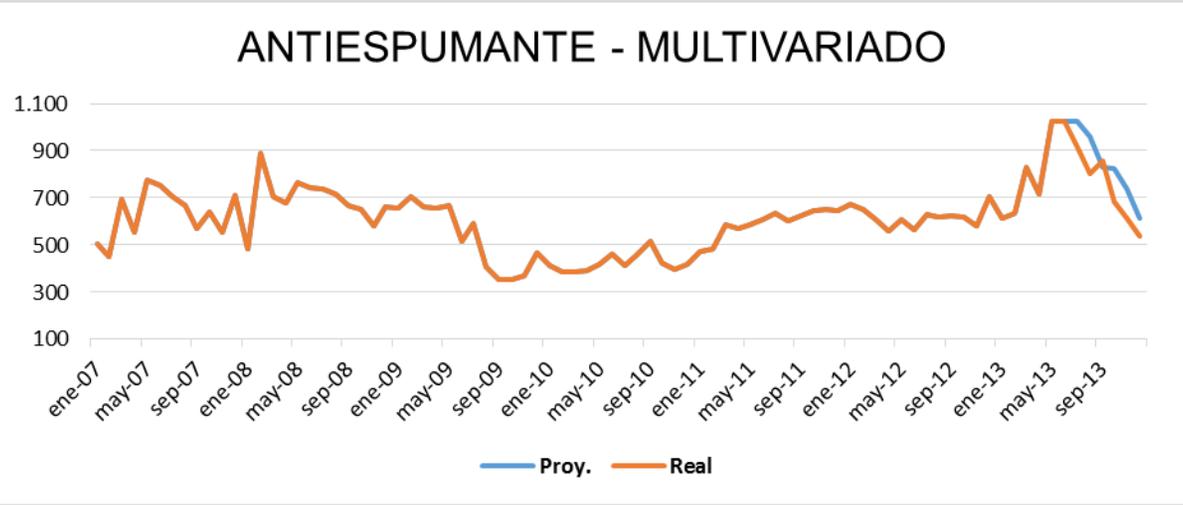
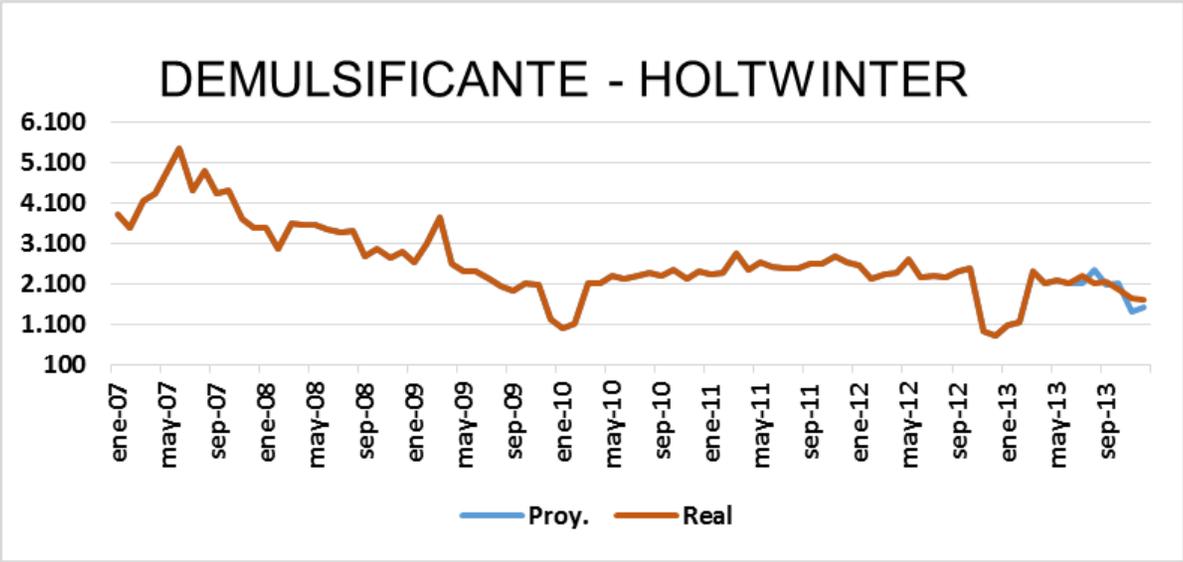


## IC1107 - HOLTWINTER



## CLARIFICADOR - MULTIVARIADO





## Bibliografía

### B

Banco Central del Ecuador, Evolución De la Balanza Comercial Febrero 2012..... Introducción

### G

Gardner G., A. C. Harvey, G.D.A. Phillips, **Applied Statistics (1980) Volumen 29 Tercera Edición** – Algorithm AS154, an algorithm for exact maximum likelihood estimation of autoregressive-moving average models by means of Kalman filtering, pp. 311 – 322..... 25

### H

Hanke J. E., Wichern D. W., Reitsch A. G., Business Forecasting (2006) Novena Edición, pp. 145 -146.....15

Harvey, A. C., **Time Series Models (1993) Segunda edición** – Harvester Wheatsheaf, sections 3.3 and 4.4.....25

### J

Jones, R. H., **Technometrics (1980) Volumen 22 Tercera edición** – Maximum likelihood fitting of ARMA models to time series with missing observations, pp. 389 -395.....25

### S

Silver E., Pyke D., Peterson R., **Inventory Management and Production Scheduling (1998) Tercera Edición** – The ABC Classification.....63