



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**Propuesta de Mejoras a los Modelos de Pronóstico de Demanda y de  
Control de Inventario de Materia Prima Actuales de los Principales  
Productos del Segmento APH de la Empresa XYZ**

**Jorge Luis Utreras Avalos**

**Diego Guilcapi, M.Sc.**

Tesis de grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Ingeniero Industrial

Quito, mayo 2015

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Propuesta de Mejoras a los Modelos de Pronóstico de Demanda y de Control de Inventario de Materia Prima Actuales de los Principales Productos del Segmento APH de la Empresa XYZ**

**Jorge Luis Utreras Avalos**

Diego Guilcapi, M.Sc.,  
Director de la tesis

---

Pablo Dávila, Ph.D.,  
Miembro del Comité de Tesis

---

Rodrigo Peimbert, Ph.D.,  
Miembro del Comité de Tesis

---

Ximena Córdova, Ph.D.,  
Decana de la Escuela de Ingeniería  
Colegio de Ciencias e Ingeniería

---

**Quito, mayo 2015**

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Jorge Luis Utreras Avalos

C. I.: 171660724-5

Lugar: Quito, mayo de 2015

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios y a todas aquellas personas que me ayudaron a lo largo de este proyecto y creyeron en mí.

## AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos los dirijo a las siguientes personas:

A mi padre y a mi madre por su constante apoyo a lo largo de mi vida y en especial en la culminación de este pendiente.

A mi novia, Silvana, por su apoyo total y su cariño incondicional que me supieron dar el aliento en los momentos que más necesité para concluir éste proyecto.

A mis hermanas por ser unas amigas incondicionales que con sus consejos y cariño han procurado hacer de mí siempre una mejor persona.

A mi Abuela Concepción<sup>+</sup>, por ser ejemplo de alegría y tenacidad para conseguir lo que uno desea en la vida.

Al Gerente Técnico de la Empresa XYZ, por su amistad y su apoyo a lo largo de este proyecto.

A Ximena Córdova, por la oportunidad de terminar mi titulación como Ingeniero Industrial y su constante apoyo para que vea culminado este proyecto.

A Diego Guilcapi, por las oportunidades, los consejos y la amistad que me brindó para culminar este proyecto.

A mi profesor y amigo, Renaud Neubauer por abrir una puerta a nuevos mundos de autoconocimiento y realización personal.

A todos los profesores de la Universidad San Francisco de Quito, por sus enseñanzas a nivel profesional y personal.

## RESUMEN

El presente proyecto de tesis consiste en una propuesta de mejoras a los modelos de pronóstico de la demanda y de control de inventario de materia prima, empleados actualmente por la Empresa XYZ, para los principales productos del Segmento APH. Para cumplir con este objetivo, se aplicaron las tres primeras fases de la Metodología DMAIC que son: Definir, Medir y Analizar. En la fase **definir**, se hace una Categorización ABC en base a la utilidad que generan los productos del Segmento APH y se elige, como alcance del estudio, a los productos que representan por lo menos un tercio de la utilidad de este segmento. Dentro de esta misma fase se definen los modelos que, la Empresa XYZ, emplea actualmente para pronosticar la demanda y controlar el inventario de materia prima de sus productos. En la fase **medir**, se recopilan las variables relacionadas con los modelos de pronóstico de la demanda y de control de inventario de materia prima de los principales productos del Segmento APH. En la fase **analizar**, se evalúan los modelos de pronóstico y de control de inventario de materia prima actuales. Luego se proponen nuevos modelos y se los compara con los modelos actuales. El primer objetivo de esta fase es obtener mejoras en la exactitud de los pronósticos de demanda. El segundo objetivo es optimizar las cantidades de pedido, los puntos de reorden y los stocks de seguridad y así disminuir los costos de oportunidad y de manejo de inventario de la materia prima, de los principales productos del Segmento APH.

## ABSTRACT

The present study aims to propose improvements to the actual forecasting and inventory management models used, by XYZ Enterprises, to control the main products of the Segment APH. To accomplish this goal, the three first phases of the Lean Six Sigma methodology (Define, Measure and Analyze), has been applied as follows. In the **Define** phase, the project begins by an ABC Categorization of the products of the Segment APH to identify the goods that represent at least a third of the utility brought by this segment to the company. Then, in this same phase, it is described how the actual forecasting and inventory management models are used by the company to monitor their products. During the **Measure** phase, all the variables related to the forecasting and inventory management models, of the main products, of the Segment APH, are compiled and calculated. During the **Analyze** phase, the actual forecasting and inventory management models used, by XYZ Enterprises, to control the main products of the Segment APH are evaluated. Then, new forecasting and inventory management models are proposed and compared with the actual models. The first goal of this phase is to improve the accuracy of the demand forecasting techniques used by the company. The second goal is optimize the order quantities, reorder levels and safety stocks so that XYZ Enterprises lower their actual opportunity and inventory holding costs.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	9
ÍNDICE DE TABLAS .....	14
ÍNDICE DE FIGURAS.....	16
<b>CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>18</b>
1.1      Introducción .....	18
1.2      Antecedentes .....	20
1.3      Justificación del proyecto.....	21
1.4      Objetivo General.....	23
1.5      Objetivos Específicos.....	23
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>24</b>
1.6      Metodología DMAIC .....	24
1.7      Marco Teórico para la Fase: Definir .....	25
1.7.1    Categorización ABC de Productos .....	25
1.7.2    Diagrama de Pareto.....	27
1.8      Marco Teórico para la Fase: Medir.....	28
1.8.1    Control de inventarios.....	28
1.8.2    Terminología de sistemas de inventario.....	29
1.8.3    Costos relacionados con el manejo de inventario .....	30
1.9      Marco Teórico para la Fase: Analizar .....	32
1.9.1    Métodos de Pronóstico para la Demanda.....	32
1.9.1.1    Función y Características de los Pronósticos .....	32
1.9.1.2    Tipos y Métodos de Pronóstico.....	33
1.9.1.3    Métodos Objetivos de Pronóstico .....	35
1.9.1.3.1    Modelos Causales .....	35
1.9.1.3.2    Métodos de Series de Tiempo.....	35
1.9.1.3.2.1    Métodos para Pronosticar Series Estacionarias.....	36
1.9.1.3.2.2    Métodos basados en la tendencia.....	40
1.9.1.3.2.3    Métodos para Series Estacionales .....	41
1.9.1.4    Errores de Pronósticos .....	46
1.9.2    Modelos de Control de Inventario .....	48
1.9.2.1    Modelos de Control de Inventario con Demanda Determinística .....	48
1.9.2.1.1    El Modelo de Cantidad Económica de Pedido (CEP) ó (EOQ).....	48

1.9.2.1.2	El Modelo EOQ con inclusión de tiempo de demora del pedido.....	50
1.9.2.1.3	El Modelo EOQ con descuentos por cantidad .....	51
1.9.2.2	Modelos de Control de Inventario con Demanda Estocástica .....	52
1.9.2.2.1	Modelo del repartidor de periódicos .....	53
1.9.2.2.2	Modelo de Inventario Base .....	56
1.9.2.2.3	Modelo (Q, r) .....	60
<b>CAPÍTULO III: FASE 1: DEFINIR .....</b>		<b>64</b>
2.1	Fase Reconocer .....	64
2.1.1	Identificación de los Problemas Organizacionales .....	64
2.1.2	Determinación de las Metas del Proyecto .....	65
2.1.3	Determinación del Alcance del Proyecto.....	65
2.1.3.1	Descripción del Segmento de Productos Estudiado.....	66
2.1.3.2	Categorización ABC de Productos .....	68
2.1.4	Integración del Equipo del Proyecto.....	74
2.1.5	Elaboración del Project Charter .....	74
2.2	Descripción de la Situación Actual de la Empresa .....	75
2.2.1	Modelo de Pronóstico de la Demanda Actual.....	76
2.2.2	Modelo de Control de Inventario Actual .....	76
2.2.3	Costos relacionados con el control de inventarios .....	78
2.2.4	Definición del nivel de servicio .....	78
<b>CAPÍTULO IV: FASE 2: MEDIR.....</b>		<b>79</b>
3.1	Mediciones relacionadas con los métodos de pronósticos de demanda.....	79
3.1.1	Identificación de las variables asociadas con los pronósticos de demanda.....	79
3.1.2	Recopilación de datos .....	79
3.2	Mediciones relacionadas con los métodos de control de inventarios.....	83
3.2.1	Formulaciones de los Productos Estudiados .....	83
3.3	Identificación de las variables asociadas con los modelos de control de inventarios .....	84
3.3.1	Cálculo de variables relacionadas con el control de inventarios.....	85
3.3.1.1	Costo Fijo de Pedido (A) .....	86
3.3.1.2	Costo de Mantener Inventario (h) .....	88
3.3.1.3	Costo de Mantener Inventario por Materia Prima ( $h_{mp}$ ).....	91
3.3.1.4	Costo de Oportunidad ( $C_{op}$ ) .....	92
3.3.1.5	Tasa de Demanda (D) .....	93
3.3.1.6	Demanda Promedio por Materia Prima en el Periodo de Reabastecimiento ( $\mu$ ).....	93
3.3.1.7	Desviación de la Demanda por materia prima ( $\sigma$ ) .....	94

3.3.1.8	Tiempo de Reabastecimiento ( <i>l</i> ) .....	94
<b>CAPÍTULO V: FASE 3: ANALIZAR .....</b>		<b>95</b>
4.1	Análisis de los Modelos de Pronóstico de la Demanda .....	95
4.1.1	Análisis del Comportamiento Histórico de la Demanda por Producto .....	95
4.1.1.1	Análisis de la Demanda: MDC-GFO .....	96
4.1.1.2	Análisis de la Demanda: TAM-GFO .....	99
4.1.1.3	Análisis de la Demanda: MVE-NGR.....	102
4.1.2	Métodos de Pronóstico Propuestos para cada Producto.....	105
4.1.2.1	Métodos de Pronóstico Propuestos para MDC-GFO .....	105
4.1.2.1.1	Método de Winters: MDC-GFO .....	106
4.1.2.1.2	Método de Descomposición: MDC-GFO .....	108
4.1.2.2	Métodos de Pronóstico Propuestos para TAM-GFO .....	109
4.1.2.2.1	Método de Winters: TAM-GFO .....	109
4.1.2.2.2	Método de Descomposición: TAM-GFO .....	111
4.1.2.3	Métodos de Pronóstico Propuestos para MVE-NGR.....	112
4.1.2.3.1	Método de Winters: MVE-NGR .....	113
4.1.2.3.2	Método de Descomposición: MVE-NGR .....	115
4.1.3	Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para cada Producto .....	115
4.1.3.1	Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para MDC-GFO.....	116
4.1.3.2	Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para TAM-GFO.....	117
4.1.3.3	Evaluación de los Métodos de Pronósticos Propuestos para MVE-NGR.....	119
4.1.4	Comparación entre los métodos de pronóstico actual y propuesto .....	120
4.1.4.1	Comparación de Métodos de Pronóstico Actual vs Propuesto: MDC-GFO.....	120
4.1.4.2	Comparación de Métodos de Pronóstico Actual vs Propuesto: TAM-GFO .....	121
4.1.4.3	Comparación de Métodos de Pronóstico Actual vs Propuesto: MVE-NGR.....	122
4.2	Análisis de los Modelos de Control de Inventario de Materia Prima .....	123
4.2.1	Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual.....	124
4.2.1.1	Resultados del Modelo de Control de Inventario Actual: Materia Prima de MDC-GFO .	124
4.2.1.2	Resultados del Modelo de Control de Inventario Actual: Materia Prima de TAM-GFO .	125
4.2.1.3	Resultados del Modelo de Control de Inventario Actual: Materia Prima de MVE-NGR .	125
4.2.2	Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Propuesto .....	126
4.2.2.1	Análisis de la Distribución de Probabilidad de la Demanda.....	127
4.2.2.2	Selección del Modelo de Control de Inventario de Materia Prima .....	128
4.2.2.2.1	Resultados del Modelo (Q, r) para la Materia Prima de MDC-GFO .....	129
4.2.2.2.2	Resultados del Modelo (Q, r) para la Materia Prima de TAM-GFO .....	132

4.2.2.2.3	Resultados del Modelo (Q, r) para la Materia Prima de MVE-NGR.....	133
4.2.3	Comparación de los Modelos de Control de Inventario Actual vs. Propuesto.....	135
4.2.3.1	Cantidad de Pedido .....	136
4.2.3.2	Punto de Reorden.....	139
4.2.3.3	Costo de Oportunidad .....	141
4.2.3.3.1	Costo de Oportunidad de la Cantidad de Pedido .....	142
4.2.3.3.2	Costo de Oportunidad del Stock de Seguridad .....	144
4.2.3.4	Costo de Mantener en Inventario el Stock de Seguridad .....	146
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		151
5.1	Conclusiones .....	151
5.2	Tabla Resumen: Objetivos vs. Conclusiones .....	157
5.3	Recomendaciones .....	159
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE REFERENCIA .....		162
ANEXOS .....		163
Anexo 1.	Categorización ABC de los Productos del Segmento AFH .....	163
Anexo 2.	Demanda Mensual 2012-2014 de los Principales Productos del Segmento APH .	164
Anexo 3.	Demanda Trimestral 2012-2014 de los Productos Principales del Segmento APH .....	165
Anexo 4.	Costo Fijo de Pedido de Materia Prima .....	166
Anexo 5.	Costo de Mantenimiento de la Bodega de Materia Prima (BMP).....	167
Anexo 6.	MDC-GFO: Costo de Mantener Inventario por Materia Prima .....	168
Anexo 7.	TAM-GFO: Costo de Mantener Inventario por Materia Prima .....	169
Anexo 8.	MVE-NGR: Costo de Mantener Inventario por Materia Prima.....	170
Anexo 9.	MDC-GFO: Demanda de Materia Prima Promedio y Desviación Estándar en Periodo de Reabastecimiento .....	171
Anexo 10.	TAM-GFO: Demanda de Materia Prima Promedio y Desviación Estándar en Periodo de Reabastecimiento .....	172
Anexo 11.	MVE-NGR: Demanda de Materia Prima Promedio y Desviación Estándar en Periodo de Reabastecimiento .....	173

Anexo 12. Método de Winters para Pronóstico de MDC-GFO Escenario 1 .....	174
Anexo 13. Método de Winters para Pronóstico de MDC-GFO Escenario 2 .....	175
Anexo 14. Método de Descomposición para Pronóstico de MDC-GFO .....	176
Anexo 15. Método de Winters para Pronóstico de TAM-GFO Escenario 1 .....	177
Anexo 16. Método de Winters para Pronóstico de TAM-GFO Escenario 2 .....	178
Anexo 17. Método de Descomposición para Pronóstico de TAM-GFO .....	179
Anexo 18. Método de Winters para Pronóstico de MVE-NGR Escenario 1 .....	180
Anexo 19. Método de Winters para Pronóstico de MVE-NGR Escenario 2 .....	181
Anexo 20. Método de Descomposición para Pronóstico de MVE-NGR .....	182
Anexo 21. Cálculo del Pronóstico de MDC-GFO con Método Actual .....	183
Anexo 22. Cálculo del Pronóstico de TAM-GFO con Método Actual .....	184
Anexo 23. Cálculo del Pronóstico de MVE-NGR con Método Actual .....	185
Anexo 24. Resultados Prueba de Normalidad Anderson-Darling: MDC-GFO .....	186
Anexo 25. Resultados Prueba de Normalidad Anderson-Darling: TAM-GFO .....	186
Anexo 26. Resultados Prueba de Normalidad Anderson-Darling: MVE-NGR .....	187
Anexo 27. Modelo (Q, r) Materia Prima de MDC-GFO: proceso iterativo .....	188
Anexo 28. Modelo (Q, r) Materia Prima de TAM-GFO: proceso iterativo .....	197
Anexo 29. Modelo (Q, r) Materia Prima de MVE-NGR .....	204

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterio de Clasificación ABC: Distribución ideal .....	27
Tabla 2. Criterio de Clasificación ABC: Distribución Aceptable.....	27
Tabla 3. Criterio de Categorización ABC: Distribución Relajada.....	27
Tabla 4. Catálogo de Productos del Segmento APH .....	67
Tabla 5. Detalle de las categorías ABC del Segmento de Productos APH.....	73
Tabla 6. Formulación en Seco: MDC-GFO .....	83
Tabla 7. Formulación en Seco: TAM-GFO .....	84
Tabla 8. Formulación en Seco: MVE-NGR.....	84
Tabla 9. Variables Asociadas a los Modelos de Control de Inventario .....	85
Tabla 10. Tiempo por Empleado Dedicado a Pedidos de Materia Prima.....	86
Tabla 11. Tiempo por Empleado Dedicado a Control de Inventarios .....	87
Tabla 12. Salarios de personal involucrado en el Pedido de Materia Prima.....	87
Tabla 13. Gasto Mensual Promedio en Servicios Básicos.....	90
Tabla 14. Porcentaje de Representación de las Bodegas .....	90
Tabla 15. Porcentaje de Representación de los productos en la BMP.....	92
Tabla 16. Tiempo de Reabastecimiento por Materia Prima .....	94
Tabla 17. Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para MDC-GFO .....	117
Tabla 18. Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para TAM-GFO .....	118
Tabla 19. Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para MVE-NGR.....	119
Tabla 20. Resultados del Modelo de Inventario Actual para MDC-GFO .....	125
Tabla 21. Resultados del Modelo de Inventario Actual para TAM-GFO.....	125
Tabla 22. Resultados del Modelo de Inventario Actual para MVE-NGR .....	126
Tabla 23. Resultados de la Prueba Anderson-Darling .....	128
Tabla 24. Resultados Modelo (Q, r) Materia Prima MDC-GFO .....	130
Tabla 25. Resultados Modelo (Q, r) Materia Prima TAM-GFO .....	132

Tabla 26. Resultados Modelo (Q, r) Materia Prima MVE-NGR.....	134
Tabla 27. Comparación de Cantidades de Pedido para MDC-GFO .....	136
Tabla 28. Comparación de Cantidades de Pedido para TAM-GFO .....	138
Tabla 29. Comparación de Cantidades de Pedido para MVE-NGR.....	139
Tabla 30. Comparación del Punto de Reorden para MDC-GFO .....	140
Tabla 31. Comparación del Punto de Reorden para TAM-GFO .....	140
Tabla 32. Comparación del Punto de Reorden para MVE-NGR.....	141
Tabla 33. Comparación Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido para MDC-GFO .....	142
Tabla 34. Comparación Costo de Oportunidad de Cantidad a Ordenar para TAM-GFO .....	143
Tabla 35. Comparación Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido para MVE-NGR.....	143
Tabla 36. Comparación del Costo de Oportunidad del Stock de Seguridad de MDC-GFO .....	144
Tabla 37. Comparación del Costo de Oportunidad del Stock de Seguridad de TAM-GFO.....	145
Tabla 38. Comparación del Costo de Oportunidad del Stock de Seguridad de MVE-NGR .....	146
Tabla 39. Comparación Costo de Mantener en Inventario Stock de Seguridad de MDC-GFO .....	147
Tabla 40. Comparación Costo de Mantener en Inventario Stock de Seguridad de TAM-GFO .....	148
Tabla 41. Comparación Costo de Mantener en Inventario Stock de Seguridad de MVE-NGR .....	149
Tabla 42. Resumen de los Objetivos Planteados y las Conclusiones de este Proyecto .....	157

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Pareto de la Utilidad Total Generada por producto desde enero de 2012 hasta el primer trimestre de 2014 .....	71
Figura 2. Project Charter .....	75
Figura 3. Demanda Mensual 2012-2014 de MDC-GFO .....	80
Figura 4. Demanda Trimestral 2012-2014 de MDC-GFO.....	80
Figura 5. Demanda Mensual 2012-2014 de TAM-GFO.....	81
Figura 6. Demanda Trimestral 2012-2014 de TAM-GFO.....	81
Figura 7. Demanda Mensual 2012-2014 de MVE-NGR .....	82
Figura 8. Demanda Trimestral 2012-2014 de MVE-NGR .....	82
Figura 9. Demanda Mensual y Promedio por Año de MDC-GFO .....	96
Figura 10. Regresión Lineal de la Demanda Mensual de MDC-GFO.....	97
Figura 11. Regresión Lineal de la Demanda Trimestral de MDC-GFO.....	98
Figura 12. Demanda Mensual y Promedio por Año de TAM-GFO .....	99
Figura 13. Regresión Lineal de la Demanda Mensual de TAM-GFO.....	100
Figura 14. Regresión Lineal de la Demanda Trimestral de TAM-GFO .....	101
Figura 15. Demanda Mensual y Promedio por Año de MVE-NGR.....	102
Figura 16. Regresión Lineal de la Demanda Mensual de MVE-NGR .....	103
Figura 17. Regresión Lineal de la Demanda Trimestral de MVE-NGR.....	104
Figura 18. Pronóstico de MDC-GFO con Método de Winters Escenario 1 .....	106
Figura 19. Pronóstico Metodo de Winters MDC-GFO Escenario 2.....	107
Figura 20. Pronóstico de MDC-GFO con Método de Descomposición .....	108
Figura 21. Pronóstico de TAM-GFO con Método de Winters Escenario 1.....	110
Figura 22. Pronóstico de TAM-GFO con Método de Winters Escenario 2.....	111
Figura 23. Pronóstico de TAM-GFO con Método de Descomposición .....	112

Figura 24. Pronóstico de MVE-NGR con Método de Winters Escenario 1 .....	113
Figura 25. Pronóstico de MVE-NGR con Método de Winters Escenario 2 .....	114
Figura 26. Pronóstico de MVE-NGR con Método de Descomposición .....	115
Figura 27. Pronóstico de MDC-GFO con Método de Promedio Móvil $m = 3$ .....	121
Figura 28. Pronóstico de TAM-GFO con Método de Promedio Móvil $m = 3$ .....	122
Figura 29. Pronóstico de MVE-NGR con Método de Promedio Móvil $m = 3$ .....	123

## **CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1 Introducción**

El presente proyecto de tesis es una propuesta de mejoras a los modelos de pronóstico de demanda y de control de inventario de materia prima actuales de los principales productos del “Segmento Alfombras para el Hogar” (Segmento APH) de la Empresa XYZ.

La Empresa XYZ, es una textilera ecuatoriana que se dedica a la elaboración de dos grandes segmentos de productos que, por un lado, son vendidos a la Industria Automotriz local (Segmento IIA) y, por otro lado, son vendidos a clientes particulares y pequeños distribuidores de “Alfombras para el Hogar” (Segmento APH). Actualmente el Segmento de Productos IIA representa el 80% de sus ventas totales mientras que el Segmento APH representa el 20%. Sin embargo, en los últimos años, debido a la disminución de los cupos de producción de la Industria Automotriz local, las ventas del Segmento IIA han ido decreciendo. Mientras que, en el contexto de la implementación de la política de “Transformación de la Matriz Productiva,” la demanda de productos del Segmento APH tiene grandes perspectivas de crecimiento. Por estos motivos, la Empresa XYZ está interesada en incrementar su volumen de ventas en éste segmento de productos.

Para cumplir con este objetivo, la empresa antes mencionada, tiene tres problemas fundamentales. En primer lugar, no cuenta con una caracterización del comportamiento de la demanda de sus productos de éste segmento de mercado puesto que hasta el momento toda la información de producción y ventas de productos no ha sido digitalizada lo que dificulta cualquier esfuerzo de análisis de la información. En segundo lugar, su Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual, le genera problemas con el manejo de su inventario, ya que en ocasiones se encuentra con materia prima faltante para completar

órdenes de trabajo y en otras ocasiones tiene materia prima con una tasa de rotación muy baja. En tercer lugar, la Empresa XYZ no cuenta con estimaciones de los costos relacionados con el manejo de inventario. Esto dificulta la evaluación tanto los costos de oportunidad como los costos de mantener materia prima en sus bodegas.

Ante este escenario, el presente estudio se propone emplear las tres primeras fases de la Metodología DMAIC (Definir, Medir y Analizar) con la finalidad de generar alternativas concretas a los problemas que afronta actualmente la Empresa XYZ en los pronósticos de la demanda de sus productos principales y el control de inventario de la materia prima de los mismos.

En este sentido, en la fase **definir**, se hace una Categorización ABC en base a la utilidad que generan los productos del Segmento APH y se elige, como alcance del estudio, a los productos que representan por lo menos un tercio de la utilidad de este segmento. De igual manera, se definen los modelos que la Empresa XYZ emplea actualmente para pronosticar la demanda y controlar el inventario de materia prima de los principales productos del Segmento APH. Al final de esta fase se resumen en un Project Charter: el enunciado del problema, las metas, el alcance y los miembros del equipo del proyecto.

En la segunda fase, se **miden** las variables relacionadas con los modelos de pronóstico de la demanda y de control de inventario de materia prima.

En la tercera fase, se **analizan** los modelos de pronóstico y de control de inventario de materia prima actuales. Luego se proponen nuevos modelos y se los compara con los modelos actuales con la finalidad de obtener mejoras en la exactitud de los pronósticos de demanda; y en los costos de oportunidad y de manejo de inventario de la materia prima, de los principales productos del Segmento APH.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

## 1.2 Antecedentes

Desde su entrada al poder en 2007, el actual Gobierno Ecuatoriano anunció como objetivo medular de su mandato el lograr un cambio del patrón de especialización productiva de la economía nacional, con el fin de generar mayor valor agregado a su producción local (SENPLADES, 2014).

Esta transformación de la matriz productiva apunta a que la economía ecuatoriana - caracterizada por la producción de bienes primarios para el mercado internacional, con escasa o nula tecnificación- supere este patrón primario exportador estableciendo uno que privilegie la producción diversificada y de alta tecnología (SENPLADES, 2014).

Con este objetivo el Gobierno definió 5 industrias estratégicas, 14 sectores priorizados y 4 ejes de trabajo (SENPLADES, 2014):

- Diversificación productiva basada en el desarrollo de industrias estratégicas existentes y establecimiento de nuevas actividades productivas.
- Agregación de valor en la producción existente a través de la incorporación de tecnología y conocimiento.
- Sustitución selectiva de importaciones con bienes y servicios que se producen actualmente en el país y que se pueden sustituir en el corto plazo.
- Fomento a las importaciones de productos nuevos, provenientes de actores nuevos, que incluyen mayor valor agregado.

Siendo las 5 industrias estratégicas (SENPLADES, 2014):

- Refinería
- Astillero
- Petroquímica
- Metalúrgica
- Siderúrgica

Y los 14 sectores priorizados (SENPLADES, 2014):

- Turismo

- Alimentos frescos y procesados
- Energías renovables
- Productos farmacéuticos y químicos
- Biotecnología
- Servicios Ambientales
- Metalmecánica
- Tecnología
- Plásticos y caucho sintético
- Textil y Confecciones
- Vehículos
- Transporte y logística
- Construcción
- Cadena forestal sustentable y productos madereros

Entre las acciones desarrolladas en el marco de este objetivo, el Gobierno destaca la expedición del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI), que incluye incentivos fiscales, préstamos para la producción, entre otros (SENPLADES, 2014).

### **1.3 Justificación del proyecto**

La Empresa XYZ es una textilera ecuatoriana que produce dos grandes segmentos de productos. Por un lado, se dedica a la elaboración de “Insumos para la Industria Automotriz” (Segmento de Productos IIA) y, por otro lado, produce “Alfombras para el Hogar” (Segmento de Productos APH). Actualmente, el 80% de sus ventas totales las hace a la Industria Automotriz y el 20% restante las hace a distribuidores de “Alfombras para el Hogar.”

Debido a la disminución de cupos de producción para la Industria Automotriz, anualmente las ventas de ésta empresa, hacia este sector, han ido disminuyendo. Por otro

lado, gracias a la Política de Sustitución de Importaciones del Gobierno Nacional, el segmento de “Alfombras para el Hogar” (Segmento APH) tiene grandes perspectivas de crecimiento. Por estas razones, la Empresa XYZ está interesada en incrementar sus ventas de productos del Segmento APH.

Para cumplir con ésta necesidad, la Empresa XYZ tiene dos problemas fundamentales. Para cumplir con este objetivo, la empresa antes mencionada, tiene tres problemas fundamentales. En primer lugar, no cuenta con una caracterización del comportamiento de la demanda de sus productos de éste segmento de mercado puesto que hasta el momento toda la información de producción y ventas de productos no ha sido digitalizada lo que dificulta cualquier esfuerzo de análisis de la información. En segundo lugar, su Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual, le genera problemas con el manejo de su inventario, ya que en ocasiones se encuentra con materia prima faltante para completar órdenes de trabajo y en otras ocasiones tiene materia prima con una tasa de rotación muy baja. En tercer lugar, la Empresa XYZ no cuenta con estimaciones de los costos relacionados con el control de inventario por lo que se le dificulta evidenciar tanto los costos de oportunidad como los costos de mantener materia prima en sus bodegas.

## **1.4 Objetivo General**

Proponer mejoras a los modelos de pronóstico de demanda y de control de inventario de materia prima actuales de los principales productos del Segmento APH de la Empresa XYZ.

## **1.5 Objetivos Específicos**

- 1.5.1 Hacer una Categorización ABC en base a la utilidad que generan los productos del Segmento APH y elegir como alcance del estudio a los productos que representen por lo menos un tercio de la utilidad de este segmento.
- 1.5.2 Identificar los modelos de pronóstico empleados actualmente por la empresa para estimar la demanda de los principales productos del Segmento APH.
- 1.5.3 Identificar los modelos de control de inventario de materia prima que utiliza actualmente la empresa para definir las cantidades de compra, punto de reorden y stock de seguridad de los componentes necesarios para la elaboración de los principales productos del Segmento APH.
- 1.5.4 Estudiar el comportamiento de la demanda de los principales productos del Segmento APH con la finalidad de proponer modelos de pronóstico de la demanda de cada uno de los productos principales del segmento, con un Error Porcentual Absoluto Medio (EPAM) que se sitúe entre el 10% y el 20%
- 1.5.5 Estimar los costos relacionados con el control de inventarios de la Empresa XYZ
- 1.5.6 Proponer un modelo de control de inventario de las materias primas de los principales productos del Segmento APH que optimice: la cantidad de pedido, el punto de reorden y el stock de seguridad de las mismas.
- 1.5.7 Reducir el costo de oportunidad de las cantidades de pedido y del stock de seguridad de la materia prima de los principales productos del Segmento APH en un 20%.
- 1.5.8 Reducir el costo de mantener en inventario el stock de seguridad de la materia prima de los principales productos del Segmento APH en un 20%.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **1.6 Metodología DMAIC**

Para la realización del presente proyecto se utilizará la metodología DMAIC que fue creada en la década de los 90 por el ingeniero Mikel Harry, que en ese entonces formaba parte de la empresa Motorola. Esta metodología es un acrónimo de cinco fases que son: (1) Definir, (2) Medir, (3) Analizar, (4) Mejorar (siglas de Improve), y (5) Controlar. Los equipos de mejoramiento de procesos usan DMAIC para la reducción de errores y su principal objetivo es encontrar la causa raíz de los defectos y eliminarla (The DMAIC Process, s.f). A continuación, realizará una breve descripción de cada una de las fases antes citadas.

La primera fase es Definir. En ésta se establece un problema u oportunidad de mejora (The DMAIC Process, s.f), identificando los procesos que afectan a la rentabilidad y la satisfacción del cliente, determinando los problemas clave de la empresa y contrastándolos posteriormente con los objetivos organizaciones de la misma; y finalmente, se establece un acuerdo sobre el alcance, las metas y los objetivos del proyecto (George 45).

La segunda fase es Medir. En ésta, se debe realizar la medición del desempeño actual del proceso, desarrollar y validar la metodología de medición que se va a utilizar para éste último (Metodología DMAIC, s.f). En esta fase se busca obtener información clave para ubicar la raíz de el o los problemas con la mayor exactitud posible, a través de una comprensión cabal del estado actual del proceso y de recopilar todos los datos viables sobre la velocidad, la calidad y los costos del mismo (George 51).

En la tercera fase, Analizar, se revisa el proceso para determinar las causas raíz del mal desempeño del mismo y se determina si el proceso puede ser mejorado o si debe ser rediseñado (The DMAIC Process, s.f). En este sentido, es de suma importancia poder analizar todos los datos que se hayan recolectado con el fin de determinar los principales factores que ocasionan los defectos más importantes con la finalidad de generar planes de acción para controlar o eliminar estos factores.

Durante la cuarta fase, Mejorar, se busca corregir el proceso atacando las causas raíz que están provocando defectos en el mismo (Metodología DMAIC, s.f). El hacer mejoras al proceso en base a las mediciones y el análisis de las mismas, puede asegurar que los defectos disminuyan y que los procesos se vuelvan más eficientes (Metodología DMAIC, s.f).

Finalmente en la quinta fase, Controlar, se implementa la solución establecida en la fase de Mejorar. Ésta implementación debe ir acompañada de la estandarización de los nuevos métodos empleados en el mejoramiento del proceso con el objetivo de tener bajo control el proceso que se ha mejorado (The DMAIC Process, s.f). Ésta fase asegura la reducción y corrección en las variaciones antes de que éstas puedan afectar negativamente al proceso generando nuevos defectos.

## **1.7 Marco Teórico para la Fase: Definir**

### **1.7.1 Categorización ABC de Productos**

El sistema ABC es un medio para clasificar artículos, disponiéndolos en secuencia de orden decreciente en función del volumen anual de ventas o el uso en dólares, para obtener una curva de crecimiento exponencial conocida como curva de Pareto (Nahmias 234).

Así, para efectos del control de inventario, este sistema posibilita el priorizar la atención en la frecuencia de monitoreo de los niveles de inventario y nivel de servicio a los artículos más importantes o de mayor rentabilidad para el negocio, lo cual impacta en una distribución más eficiente de los costos del control.

Una gran parte del volumen monetario total de las ventas se debe, con frecuencia, a una pequeña cantidad de artículos en el inventario. Aplicando la curva de Pareto en su forma típica, el 20% superior de los artículos representa el 80% del volumen anual en dólares, identificando a este grupo de artículos como A; el siguiente 30% explica el 15% de las ventas, B; y el 50% restante final del volumen en dólares, C. (Nahmias 265). Por lo tanto se recomienda que los niveles de inventario en (Nahmias 266):

- Los artículos A deberían monitorearse de forma continua, con el uso inclusive de procedimientos más complejos de diagnóstico y haciendo estimaciones más minuciosas de los diversos parámetros de costo necesarios para establecer las políticas de operación.
- Los artículos B podrían revisarse periódicamente.
- Los artículos C tendrían un grado mínimo de control.

Existen tres criterios de clasificación de los artículos ABC que se establecen en base al número de artículos por clase y su valor que se muestran a continuación en las Tabla 1, 2 y 3 (Castro, Vélez, & Castro, 2011).

Tabla 1. Criterio de Clasificación ABC: Distribución ideal

Clase	Número de representación	Valor
A	8%	75%
B	25%	20%
C	67%	5%

Fuente: Calificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios

Tabla 2. Criterio de Clasificación ABC: Distribución Aceptable

Clase	Número de representación	Valor
A	10%	80%
B	15%	15%
C	75%	5%

Fuente: Calificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios

Tabla 3. Criterio de Categorización ABC: Distribución Relajada

Clase	Número de representación	Rango de Valores (Acumulados) %		
		0 – 79.9%	0 – 59.9%	0 – 49.9%
A	20%	80 – 94.9%	60 – 89.9%	50 – 79.9%
B	30%	95 – 100%	90 – 100%	80 – 100%

Fuente: Calificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios

### 1.7.2 Diagrama de Pareto

Es una herramienta que permite identificar visualmente las minorías de características vitales en las que se debe enfocar la atención para optimizar el uso de los recursos necesarios para realizar una acción de mejora (Rovira). Entre los ejemplos de las minorías vitales se encuentran (Rovira. Diagrama de Pareto):

- La minoría de clientes que representan la mayoría de las ventas.
- La minoría de productos, procesos o características de la calidad causantes del desperdicio o de los re trabajos.
- La minoría de los rechazos que representa la mayoría de las quejas de los clientes.
- La minoría de los vendedores que está vinculada a la mayoría de partes rechazadas.
- La minoría de problemas causantes del retraso de un proceso.
- La minoría de productos que representan la mayoría de ganancias obtenidas.
- La minoría de elementos que representan la mayor parte del costo del inventario.

## **1.8 Marco Teórico para la Fase: Medir**

### **1.8.1 Control de inventarios**

Según Hopp & Spearman (2001), un adecuado manejo del inventario y de todos sus componentes relacionados es fundamental para el éxito de una compañía. El inventario juega un rol fundamental en el comportamiento logístico de las empresas manufactureras. Tener una gran cantidad de existencias en la bodega implica tener costos de oportunidad por el dinero ligado al inventario y elevados costos de mantenimiento de inventarios y de utilización de espacios (Hopp & Spearman, 2001)

Para Hopp & Spearman (2001) las empresas manejan inventario por la disparidad que existe entre oferta y demanda. En este sentido se puede incurrir en dos costos altos por un mal manejo del inventario en las empresas. Por un lado, se puede incurrir en altos costos de almacenamiento si es que la empresa no utiliza adecuadamente su espacio para

almacenar los productos que necesita para la producción. Por otro lado, si las empresas no tienen el suficiente inventario para responder a las necesidades de sus clientes, se puede incurrir en costos por pérdida de ventas.

En este sentido, uno de los problemas básicos que se trata de resolver por medio del control de inventarios es el determinar qué cantidad de materias primas, productos semi-terminados y/o productos terminados se debe tener disponible en los diferentes tipos de bodegas y cuándo se deben realizar los pedidos a cada una de estas bodegas (Hopp & Sperman, 2001)

### **1.8.2 Terminología de sistemas de inventario**

**Demanda.-** Se define como la tasa de uso de un producto. Puede ser determinística o probabilística, y de naturaleza estática o dinámica (Elsayed 64).

**Tasa de demanda.-** Se define como la cantidad de producto demandada o requerida por unidad de tiempo (Elsayed 65).

**Tiempo de entrega.-** Se entiende como el intervalo de tiempo desde que se realiza el pedido hasta que se lo recibe en inventario. Puede ser determinístico o probabilístico, y constante o variable en el tiempo (Elsayed 65).

**Tasa de reabastecimiento.-** Se entiende como la tasa a la cual se reabastece el inventario (Elsayed 65).

**Nivel de reorden.-** Se entiende como el nivel en el cual se debe realizar un pedido para reabastecer el inventario. El punto de reorden responde al tiempo de entrega (Elsayed 65).

**Stock o inventario de seguridad.**- Es el nivel de producto que se debe mantener en inventario para prevenir desabastecimiento cuando la demanda o el tiempo de reabastecimiento sean bastante variables o inciertos (Elsayed 66).

El comportamiento general de un sistema de inventario se puede caracterizar de la siguiente manera: se reciben los pedidos a una tasa de reabastecimiento establecida hasta completar la orden, alcanzando el inventario su nivel máximo. La demanda de producto genera decrecimiento en el nivel del inventario a una tasa igual a la tasa de demanda. En el momento en que el inventario alcanza el nivel de reorden, se efectúa un nuevo pedido (Elsayed 66).

### **1.8.3 Costos relacionados con el manejo de inventario**

Se puede dividir a los costos de mantener inventario en cuatro grandes bloques que son: costos de almacenamiento y espacio, los costos de servicio, costos de obsolescencia y costos de oportunidad. A continuación se hará una descripción de cada uno de ellos:

- **Costos de almacenamiento y espacio:** es el dinero asociado al uso del volumen dentro de la bodega de almacenamiento. Una bodega puede ser rentada o puede pertenecer a una empresa. En este sentido, cuando el espacio de la bodega es rentado, normalmente se cobra un valor en base al peso del producto almacenado y al periodo de tiempo que permanece en la bodega (Ballou, 2004). Mientras que cuando el espacio es de propiedad de la empresa, estos costos se estiman mediante la distribución de los costos variables asociados con la operación de la bodega como la tarifa de luz eléctrica y los costos fijos como el costo de equipos entre otros (Ballou, 2004).

- **Costos de servicio:** incluyen la cobertura de seguros por incendios, robos o cualquier imprevisto establecido en una póliza con una compañía aseguradora. A más de esto, se incluyen los impuestos de ley que se tenga que pagar para mantener la mezcla de productos en inventario (Ballou, 2004).
- **Costos de obsolescencia:** “estiman la tasa a la que el valor del producto almacenado disminuye debido a que su valor de mercado o calidad baja” (Chopra & Meindt, 2008)
- **Costos de oportunidad:** implica el valor del dinero relacionado con el manejo del inventario que podría ser invertido en otro negocio o en un banco a una cierta tasa de interés. Éstos costos pueden representar hasta el 80% del costo total del inventario aunque sea el más subjetivo e intangible con relación a los costos antes presentados (Ballou, 2004)
- **Tasa de Interés:** es el porcentaje que se aplica al capital para obtener el interés. En este sentido, la tasa de interés es el precio del dinero que se percibe como un costo para el deudor de recursos y como un beneficio para el acreedor. Por medio de la tasa de interés se determina anticipadamente el monto de los beneficios o de los costos de una transacción. La tasa de interés depende del plazo y del riesgo (Superintendencia de Bancos, 2015)
- **Tasa de Interés Activa:** es el porcentaje de rendimiento o costo respecto al capital comprometido por un instrumento de deuda (Superintendencia de Bancos, 2015).

- **Tasa de Interés Pasiva:** es el porcentaje que los intermediarios financieros pagan a sus depositantes para captar recursos (Superintendencia de Bancos, 2015).

## **1.9 Marco Teórico para la Fase: Analizar**

### **1.9.1 Métodos de Pronóstico para la Demanda**

#### **1.9.1.1 Función y Características de los Pronósticos**

El pronóstico desempeña un rol central en la función de operaciones de una compañía; de hecho “toda la planeación de negocios se basa en pronósticos”. (Nahmias 53)

De todas los departamentos de una compañía, los que hacen mayor uso de los pronósticos son marketing y producción; este último usa los pronósticos de ventas para la planeación de operaciones. Y es que a pesar de que no pueden pronosticarse con exactitud todos los eventos, si se contemplan las tendencias, los ciclos y la variación estacional, los métodos de pronóstico proporcionan una valiosa ventaja para prevenir resultados. (Nahmias 53). Así, pese a que normalmente están equivocados, una vez determinados, los pronósticos se consideran información conocida. Esta es precisamente una de las características más significativas de casi todos los pronósticos; a la que se suma el hecho de que un buen pronóstico siempre da una medida de error.

Otra de las características que determinan a los pronósticos es que entre más a futuro se realicen, más susceptibles de error son; de igual manera, entre más agregados y menos individuales sean, los pronósticos resultarán más exactos (Nahmias 54).

Por último, no hay que perder de vista que los pronósticos no deben usarse para excluir información conocida; “cuando haya información disponible concerniente a la

demanda futura que no se mostró en la historia pasada de la serie... esta información debe incluirse manualmente en el pronóstico” (Nahmias 55).

Todas estas consideraciones alrededor de los pronósticos, Hopp & Sperman (2001) ha establecido las siguientes tres leyes:

- **Primera ley:** los pronósticos están siempre equivocados.
- **Segunda ley:** los pronósticos detallados son siempre peores que los pronósticos agregados.
- **Tercera ley:** mientras se pronostique más a futuro, el pronóstico será menos confiable.

### 1.9.1.2 Tipos y Métodos de Pronóstico

Los pronósticos de una demanda en el contexto de la planeación de operaciones, pueden ser de carácter subjetivo, basados en el juicio humano; y objetivo, fundamentados en datos históricos.

Así, para los pronósticos subjetivos se emplean métodos que miden la opinión individual o grupal como agregados de la fuerza de ventas, encuestas al cliente, juicio de opinión ejecutiva o el Método Delphi. (Nahmias 56)

Mientras que para los pronósticos objetivos se utilizan métodos con:

- Series de tiempo (emplean solo la historia de la serie), su objetivo es encontrar patrones predecibles y repetibles en los datos pasados y tienen la ventaja de que pueden incorporarse fácilmente en un programa de computadora para la actualización y el pronóstico automático. Entre los patrones repetibles estarían la tendencia lineal creciente o decreciente, la

tendencia curvilínea (incluyendo el crecimiento exponencial), y las fluctuaciones estacionales. (Nahmias 51)

- Regresión (incorporan el historial de otras series), este método es usado para construir un modelo causal que predice un fenómeno (la variable dependiente) con base en la evolución de uno o más fenómenos distintos (las variables independientes) (Nahmias 51).

A su vez, los métodos objetivos de pronóstico mayormente utilizados, en función de lo que se desee pronosticar, son:

- Para pronosticar series de tiempo estacionario, se consideran dos métodos de pronóstico: los promedios móviles (simple promedio aritmético de las N observaciones más recientes) y el suavizamiento exponencial (promedio ponderado de la observación más reciente y en el pronóstico anterior). Este último, en la práctica, es el más usado en las aplicaciones de control de inventarios. (Nahmias 52)
- Para pronosticar series con tendencia lineal ascendente o descendente, el método de regresión lineal (utilizada para ajustar una línea recta a datos pasados con base en el método de mínimos cuadrados) y el suavizamiento exponencial doble por medio del método de Holt (que utiliza ecuaciones separadas de suavizamiento exponencial para pronosticar la intercepción y la pendiente de las series de cada período), son los más comunes (Nahmias 52).
- Para pronosticar series estacionales o series con un patrón de repetición regular durante el mismo período de tiempo, de una manera sencilla, se emplean los factores estacionales multiplicativos, que se basan en un

número que indica el valor relativo de una serie en cualquier periodo comparado con el valor promedio a lo largo de un año. También se puede usar el método de Winters, que está basado en un suavizamiento exponencial triple, para el cual se utilizan tres ecuaciones de suavizamiento distintas que pronostican la intercepción, la pendiente y los factores estacionales (Nahmias 52).

### **1.9.1.3 Métodos Objetivos de Pronóstico**

Los métodos objetivos de pronóstico se derivan básicamente de un análisis de datos y dentro de estos se cuentan los:

#### **1.9.1.3.1 Modelos Causales**

Estos modelos usan datos provenientes de fuentes distintas a las series que están pronosticando. Así, si “Y” es el fenómeno que queremos pronosticar y “ $X_1, X_2, \dots, X_n$ ” son “n” variables que pensamos están relacionadas con “Y”, en el modelo causal el pronóstico para “Y” es cierta función de esas variables. (Nahmias 56)

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \text{ (ec. 1)}$$

#### **1.9.1.3.2 Métodos de Series de Tiempo**

Estos modelos se basan en los valores pasados de la variable que se va a predecir, es decir, al conjunto de fenómenos físicos o económicos observados en puntos discretos de tiempo, normalmente espaciados equitativamente. Según Nahmias (2007): “la información del patrón de observaciones pasadas puede inferirse y usarse para pronosticar valores futuros de las series”.

Los patrones que surgen con mayor frecuencia al desarrollar un análisis de series de tiempo y que, por tanto, se debe intentar aislar son (Nahmias 59):

- **Tendencia.**- la proclividad de una serie de tiempo a establecer un patrón estable de crecimiento o de declive. Cuando no se especifica el patrón de la tendencia, generalmente se da por hecho que es lineal.
- **Estacionalidad.**- se repite en intervalos fijos. Generalmente son patrones estacionales anuales, pero también pueden ser mensuales, semanales y diarios.
- **Ciclos.**- es parecida a la estacionalidad, salvo porque la duración y magnitud del ciclo pueden variar.
- **Aleatoriedad.**- es una serie que no presenta un patrón reconocible para los datos. Los datos aleatorios que fluctúan alrededor de una media fija forman lo que se conoce como patrón horizontal.

#### 1.9.1.3.2.1 Métodos para Pronosticar Series Estacionarias

Una serie de tiempo estacionaria (ó exponencial) es aquella en la que cada observación puede representarse por medio de una constante más una fluctuación aleatoria. (Nahmias 63)

$$D_1 = \mu + \epsilon_t \quad (\text{ec. 2})$$

Donde,

- $\mu$  es una constante desconocida correspondiente a la medida de la serie
- $\epsilon_t$  es un error aleatorio con media cero y varianza  $\sigma^2$

### Método de Promedios Móviles

Un promedio móvil del orden  $N$  no es otra cosa que el promedio de las observaciones  $N$  más recientes. Así, para el tiempo dado se focaliza la observación a los pronósticos de un paso adelante (Nahmias 64).

Donde  $F_t$  el pronóstico hecho en el periodo  $t - 1$  para el periodo  $t$  está dado por:

$$F_t = 1/N \sum_{i=t-N}^{t-1} D_i = (1/N)(D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N}) \quad (\text{ec. 3})$$

Vale mencionar que uno de las debilidades del método del promedio móvil es que, cada vez que aparece una nueva observación de demanda, es necesario recalcular el promedio de las últimas  $N$  observaciones (Nahmias 64). Otra particularidad de los promedios móviles es que se queda detrás de la tendencia, por lo que no son la mejor alternativa para pronosticar cuando existe una tendencia en las series (Nahmias 66).

### Método del Suavizamiento Exponencial

Para el suavizamiento exponencial, el pronóstico actual es el promedio ponderado del último pronóstico y el valor actual de la demanda (Nahmias 66). Donde un nuevo pronóstico es igual a:

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (\text{ec. 4})$$

Donde,

- $\alpha$ : es la observación actual de demanda
- $(1 - \alpha)$ : es el último pronóstico

Y donde:

- $0 < \alpha \leq 1$  es la constante de suavizamiento, que determina a ponderación relativa colocada en la observación de demanda actual
- $(1 - \alpha)$  es el peso asignado a las observaciones pasadas de la demanda

$$F_t = F_{t-1} - \alpha(F_{t-1} - D_{t-1}) = F_{t-1} - \alpha e_{t-1} \quad (\text{ec. 5})$$

En ésta fórmula se observa que el suavizamiento exponencial puede interpretarse como: el pronóstico en cualquier período  $t$  es el pronóstico en el período  $t - 1$  menos cierta fracción de error de pronóstico observado en el periodo  $t - 1$  (Nahmias 67).

$$F_t = \sum_{i=0}^{\infty} \alpha (1 - \alpha)^i D_{t-i-1} = \sum_{i=0}^{\infty} a_i D_{t-i-1} \quad (\text{ec. 6})$$

Donde los pesos son  $a_0 > a_1 > a_2 > \dots > a_i = \alpha(1 - \alpha)^i$

De lo que se concluye que “el suavizamiento exponencial aplica un conjunto de ponderaciones decrecientes a todos los datos pasados” (Nahmias 67).

- Cuando  $\alpha$  tiene un valor alto, se produce mayor ponderación en la observación actual de la demanda que sobre las observaciones pasadas, dando como resultado pronósticos que reaccionarían rápidamente a las fluctuaciones en los patrones de demanda; no obstante, no hay que perder de vista que podrían tener gran variación de período a período.
- Cuando  $\alpha$  tiene un valor pequeño, se asigna más peso a los datos pasados y, por tanto, los pronósticos resultan más estables.

Para el empleo de este método de pronóstico en las aplicaciones de producción se recomienda un valor de  $\alpha$  entre 1 y 2, debido a que la revisión sustancial en estos pronósticos de demanda para la planeación de producción y programación puede causar estragos en los programas de trabajo de los empleados, en las listas de componentes de material y en las órdenes de compra externas (Nahmias 68).

El suavizamiento exponencial requiere que en cada etapa se parta de un pronóstico previo, pero dado que el suponer que el pronóstico inicial es igual al valor inicial de la demanda tendría un efecto extremadamente grande en los primeros pronósticos, se puede

cumplir con este requerimiento utilizando el promedio aritmético de la demanda durante un número razonable de períodos (por ejemplo, 10 o más) como el pronóstico inicial (Nahmias 69)

Si bien el suavizamiento exponencial realizado con un valor más grande de  $\alpha$  hace un mejor trabajo de seguimiento que la serie, para los objetivos que se persigue con la planeación es mejor la estabilidad proporcionada por una constante de suavizamiento menor. (Nahmias 69)

Según Nahmias (2007), para poder determinar valores consistentes de  $\alpha$  y  $N$  puede equipararse la edad promedio de los datos empleados para efectuar un pronóstico con promedios móviles de la siguiente manera:

$$\text{Edad Promedio} = (1/N)(1 + 2 + 3 + \dots + N) = (1/N)(N)(N + 1)/2$$

$$\text{Edad Promedio} = (N + 1)/2 \quad (\text{ec. 7})$$

O puede aplicarse suavizamiento exponencial, donde la ponderación aplicada a antiguos períodos de datos  $i$  es  $\alpha(1 - \alpha)^{i-1}$ .

Donde,

$$\text{Edad Promedio} = \sum_{i=1}^{\infty} i\alpha(1 - \alpha)^{i-1} = 1/\alpha \quad (\text{ec. 8})$$

Que es equivalente a:

$$\alpha = 2/(N + 1) \quad \text{o} \quad N = \frac{2-\alpha}{\alpha}$$

Así, al emplearse suavizamiento exponencial y promedios móviles para pronosticar el mismo patrón de demanda estacionaria, los errores de pronóstico se distribuirían normalmente y tendrían exactamente la misma distribución  $\alpha = 2/(N + 1)$ ; no obstante

esto no quiere decir que los pronósticos obtenidos a través de estos dos métodos van a ser iguales (Nahmias 70).

### 1.9.1.3.2 Métodos basados en la tendencia

#### Análisis de regresión

Es un método que ajusta una línea recta a un conjunto de datos en base a la siguiente ecuación (Nahmias 74)

$$\hat{Y} = a + bX \quad (\text{ec. 9})$$

Sea  $\hat{Y}$  el valor predicho de  $Y$ . El objetivo es encontrar los valores de  $a$  y  $b$  de manera de que la recta  $\hat{Y} = a + bX$  ofrezca el mejor ajuste de los datos. Los valores de  $a$  y  $b$  se eligen de manera que se minimice la suma de las distancias cuadráticas entre la línea de regresión y los puntos de los datos (Nahmias 74).

Al aplicar el análisis de regresión al problema de diagnóstico, la variable dependiente muchas veces corresponde al tiempo y la variable dependiente a la serie que se va a pronosticar (Nahmias 74). Si  $D_1, D_2, \dots, D_n$  son los valores de la demanda en los tiempos  $1, 2, \dots, n$  donde:

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad (\text{ec. 10})$$

Y,

$$a = \bar{D} - b(n+1)/2 \quad (\text{ec. 11})$$

Donde,

$$S_{xy} = n \sum_{i=1}^n iD_i - \frac{n(n+1)}{2} \sum_{i=1}^n D_i, \quad (\text{ec. 12})$$

$$S_{xx} = \frac{n^2(n+1)(2n+1)}{6} - \frac{n^2(n+1)^2}{4} \quad (\text{ec. 13})$$

Siendo  $\bar{D}$  el promedio aritmético de las demandas observadas durante los períodos 1,2,..., n.

Una de las desventajas más serias al emplear el método del análisis de regresión es el tener que actualizar los pronósticos conforme y cada vez que se va contando con nuevos datos (Nahmias 75).

### **Método de Holt**

Es un tipo de suavizamiento exponencial doble que permite un suavizamiento simultáneo en la serie y en la tendencia. Requiere de la especificación de dos constantes de suavizamiento  $\alpha$  y  $\beta$ , y emplea dos ecuaciones de suavizamiento: la intercepción, para el valor de la serie; y la pendiente, para la tendencia (Nahmias 74).

$$S_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (\text{ec. 14})$$

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 + \beta)G_{t-1} \quad (\text{ec. 15})$$

Donde,

- $S_t$  es el valor de la intercepción en el tiempo  $t$
- $G_t$  es el valor de la pendiente en el tiempo  $t$

Si bien las constantes pueden ser las mismas, para la mayoría de las aplicaciones se da mayor estabilidad al estimado de la pendiente, es decir:  $\beta \leq \alpha$

El pronóstico de  $\tau$  pasos adelante está dado por:

$$F_{t,t+\tau} = S_t + \tau G_t \quad (\text{ec. 16})$$

#### **1.9.1.3.2.3 Métodos para Series Estacionales**

Según Nahmias (2007): “Una serie estacional es aquella que tiene un patrón que se repite cada N períodos, para algún valor de N (que es cuando menos 3)”.

Para usar este método hay que precisar cuánto dura una estación, entendiendo como “duración de la estación” al número de períodos antes de que el patrón comience a repetirse.

De acuerdo con Nahmias (2007), una de las muchas formas disponibles para representar la estacionalidad es suponiendo que existe un conjunto de multiplicadores, donde  $c_t$  representa la cantidad promedio que la demanda en el período de la estación está por encima o por debajo del promedio global. Estos multiplicadores son los comúnmente llamados “factores estacionales”.

### **Método de Descomposición Estacional Usando Promedios Móviles**

Éste método se emplea para estimar los factores estacionales en base al cálculo de los promedios móviles de  $N$  períodos, donde  $N$  es la duración de la estación. Si  $N$  es impar en lugar de par, los valores centrados coincidirán con los períodos en vez de estar entre períodos (Nahmias 81).

Este método parte de la asunción de que el patrón de demanda de un producto puede ser descompuesto en los siguientes efectos: tendencia, variación estacional y variación residual (Ghiani 34):

- **Tendencia.**- es la modificación a largo plazo de la demanda en el tiempo.
- **Variación Aleatoria.**- es causada por la naturaleza aleatoria de los eventos.
- **Variación estacional.**- es causada por la periodicidad de varias actividades humanas.

En la secuela se asume que la forma en que los tres efectos o componentes están combinados es multiplicativa. (Ghiani 34)

Así,

$$Y_t = S_t * I_t * T_t \quad t = 1, \dots, n. \quad (\text{ec. 17})$$

Donde,

- $Y_t$  representa la serie en el periodo de tiempo  $t$
- $T_t$  representa la tendencia en el periodo de tiempo  $t$
- $S_t$  es la variación estacional en el periodo de tiempo  $t$
- $I_t$  es la variación aleatoria en el periodo de tiempo  $t$

A continuación, en base al ejemplo que describe en Nahmias (2007) se establecen la serie de pasos a seguir para la descomposición estacional usando promedios móviles.

### **Paso 1**

En primer lugar, se debe identificar el número de estaciones  $N$  que existen en la serie de datos y el número de periodos  $p$  que conforman estas estaciones. Una vez establecido el valor de  $p$  se debe calcular un promedio móvil en base el periodo  $p$  antes establecido (Nahmias 80).

### **Paso 2**

Si  $N$  es par, los promedios móviles deben centrarse. Para ello se debe hacer un nuevo promedio móvil con parámetro  $p-2$  (Nahmias 80).

Si  $N$  es impar, los valores centrados coincidirían con los periodos en vez de estar entre periodos, por ejemplo, para  $N = 5$  el primer valor de PM(5) está centrado en el periodo 3. Por lo tanto, no se necesitaría realizar el paso 2 (Nahmias 81).

### **Paso 3**

Una vez que se tiene el promedio móvil centrado (CMA( $N$ )), se debe estimar los factores estacionales para cada periodo de la siguiente forma (Nahmias 81):

$$S_t = \frac{Y_t}{CMA(N)} \quad (\text{ec. 18})$$

**Paso 4**

El siguiente paso consiste en formar el promedio de los factores correspondientes a los mismos periodos de cada estación de tal forma que se tenga exactamente  $N$  factores estacionales  $S_t$  con  $t = 1, \dots, N$  (Nahmias 81).

**Paso 5**

Una vez que se tiene los factores estacionales  $S_t$  con  $t = 1, \dots, N$ , se procede a desestacionalizar la demanda  $Y_t$  de la siguiente forma:

$$\text{Serie Desestacionalizada} = \frac{Y_t}{S_t} \quad (\text{ec. 19})$$

Según Nahmias (2007), la serie desestacionalizada seguirá conteniendo todos los componentes de la señal excepto la estacionalidad.

**Paso 6**

Una vez que se tiene la serie desestacionalizada, se busca establecer el componente de tendencia  $T_t$  en el tiempo  $t$ . Para esto se necesita correr una Regresión Lineal Simple a la serie desestacionalizada con respecto a  $t$ . Si se utiliza el análisis de regresión, se obtiene el ajuste por mínimos cuadrados de los datos

$$T_t = \text{Intercepto} + (\text{pendiente}) * t \quad (\text{ec. 20})$$

**Paso 7**

Finalmente, el pronóstico  $F_t$  para el periodo  $t$  se lo obtiene de la siguiente forma:

$$F_t = S_t * T_t \quad t = 1, \dots, n. \quad (\text{ec. 21})$$

**Método de Winters para los Problemas Estacionales**

Éste método es un tipo de suavizamiento exponencial triple. Su ventaja radica en que es sencillo de actualizar a la medida que se dispone de nuevos datos. (Nahmias 83)

$$D_t = (\mu + G_t)c_t + \epsilon_t \quad (\text{ec. 22})$$

Donde,

- $D_t$  es la demanda en el tiempo  $t$
- $\mu$  es la señal base o intercepción en el tiempo  $t = 0$  excluyendo la estacionalidad
- $G_t$  es el componente de tendencia o pendiente
- $c_t$  es el componente estacional multiplicativo en el período  $t$
- $\epsilon_t$  es el término de error

Para actualizar los cálculos de serie desestacionalizada, los factores estacionales y la tendencia se emplean tres ecuaciones de suavizamiento en cada período. (Nahmias 84)

El nivel actual de la serie desestacionalizada  $S$ , está dado por:

$$S_t = \alpha(D_t/C_{t-N}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (\text{ec. 23})$$

La tendencia se actualiza en una forma similar a la del método de Holt:

$$G_t = \beta[S_t - S_{t-1}] + (1 - \beta)G_{t-1} \quad (\text{ec. 24})$$

Los factores estacionales

$$c_t = \gamma \left( \frac{D_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma)c_{t-N} \quad (\text{ec. 25})$$

Finalmente, el pronóstico realizado en el periodo  $t$

$$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau G_t)c_{t+\tau-N} \quad (\text{ec. 26})$$

### Procedimiento de inicialización

Para la utilización del método Winters, el propio autor recomienda que se debe tener a disposición por lo menos dos estaciones de datos (2N datos); además de los estimados iniciales de la serie, la pendiente y los factores (Nahmias 85):

La medida de la muestra de las dos estaciones se calcula por separado

$$V_1 = \frac{1}{N} \sum_{j=-2N+1}^{-N} D_j \quad (\text{ec. 27})$$

$$V_2 = \frac{1}{N} \sum_{j=-N+1}^0 D_j \quad (\text{ec. 28})$$

Luego se debe definir  $G_0 = (V_2 - V_1)/N$  como el estimado de la pendiente inicial. Así,  $G_0$  es sencillamente la pendiente de la línea que conecta  $V_1$  y  $V_2$ .

A continuación, para estimar el valor de la serie en el tiempo  $t = 0$ , se debe igualar

$$S_0 = V_2 + G_0[(N - 1)/2] \quad (\text{ec. 29})$$

Los factores estacionales iniciales se deben calcular para cada período del cual se tienen datos disponibles y después se deben promediar para obtener un conjunto de factores estacionales.

#### 1.9.1.4 Errores de Pronósticos

El error de pronóstico en cualquier periodo  $t$ ,  $e_t$  se define como la diferencia entre el pronóstico para el periodo y la demanda real para el mismo periodo. (Nahmias 60)

- Para pronósticos de varios pasos adelante se usa:

$$e_t = F_{t-\tau,t} - D_t \quad (\text{ec. 30})$$

- Para los pronósticos de un solo paso adelante se usa:

$$e_t = F_1 - D_t \quad (\text{ec. 31})$$

Suponiendo  $e_1, e_2, \dots, e_n$  son los errores de pronósticos observados en  $n$  periodos, las dos medidas más comunes de exactitud de pronóstico durante estos periodos  $n$  son la desviación absoluta media (DAM) y el error cuadrático medio (ECM), formulados así (Nahmias 60):

$$DAM = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (\text{ec. 32})$$

$$ECM = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (\text{ec. 33})$$

Es evidente que ECM es similar a la varianza de una muestra aleatoria. La DAM es frecuentemente el método favorito para determinar el error de pronóstico ya que no requiere la elevación al cuadrado. Cuando los errores de pronóstico se distribuyen normalmente, un estimado de la desviación estándar del error de pronóstico  $\sigma_e$  está dado por 1,25 veces la DAM (Nahmias 60).

Otra alternativa usada para medición de pronósticos es el error porcentual absoluto (EPAM), que no es dependiente de la magnitud de los valores de demanda y está dado por la siguiente fórmula (Nahmias 60):

$$EPAM = \left[(1/n) \sum_{i=1}^n |e_i/D_i|\right] \times 100 \quad (\text{ec. 34})$$

Según Ghiani (2004), se puede utilizar al EPAM como una medida para evaluar la calidad de un modelo de pronóstico. Para esto propone emplear las siguientes medidas de desempeño (Ghiani 65):

EPAM	Exactitud Pronóstico
<= 10%	Muy Buena
> 10%, <= 20%	Buena
> 20%, <= 30%	Moderada
> 30%	Pobre

## 1.9.2 Modelos de Control de Inventario

En todo sistema de inventarios lo que más genera incertidumbre (aleatoriedad) es la demanda y el tiempo de entrega, según sostiene Elsayed (1994). En función de la naturaleza de la demanda, Nahmias establece dos modelos de control de inventarios:

- Determinística (sujeto al conocimiento de la demanda)
- Estocástica (sujeto a demanda incierta)

### 1.9.2.1 Modelos de Control de Inventario con Demanda Determinística

Son modelos en los que, según Nahmias (2007) no existe incertidumbre en relación a la cantidad o periodicidad de la demanda, por lo tanto, el error de pronóstico es equivalente a cero. Entre los principales modelos de inventarios con demanda determinística se cuentan:

#### 1.9.2.1.1 El Modelo de Cantidad Económica de Pedido (CEP) ó (EOQ)

La función primordial de este modelo es describir “el importante compromiso entre los costos fijos (de realizar un pedido) y los costos (variables) de mantener el inventario”. (Nahmias 195)

En términos generales, con este modelo se puede determinar el tamaño del pedido  $Q$ , de manera que minimice el costo promedio por unidad de tiempo (Nahmias 196)

Para aplicar este modelo se asumen los siguientes puntos sobre el sistema de manufactura (Hopp 51):

- La producción es instantánea
- La entrega es inmediata
- La demanda es determinística
- La demanda es constante en el tiempo
- Independientemente del tamaño del lote o el estado de la fábrica, el costo de preparación asociado a la producción es el mismo
- Los productos pueden ser analizados individualmente

El costo total por año (inventario, pedido y producción), caracterizado a continuación por  $Y(Q)$ , se expresa de la siguiente manera (Hopp 52)

$$Y(Q) = \frac{hQ}{2} + \frac{AD}{Q} + cD \quad (\text{ec. 35})$$

Donde,

- $D$  es la tasa de demanda (en unidades por año)
- $c$  es el costo de producción unitario (sin tomar en cuenta costos de preparación o inventario)
- $A$  es el costo fijo de producción de un lote
- $h$  es el costo por mantener inventario
- $Q$  es el tamaño del lote (en unidades) y constituye la variable de decisión

Como se aprecia en las curvas de estos costos,  $Y(Q)$  representa el costo anual de: el mantenimiento del inventario, la preparación y el costo de compra por unidad de tiempo. El costo anual  $Y(Q)$  es minimizado con el tamaño del lote  $Q$ , por el cual el costo de mantener inventario y el costo del pedido están exactamente balanceados. (Hopp 52)

Encontrar el valor de  $Q$  que minimiza  $Y(Q)$  se logra derivando la función con respecto a  $Q$ , igualarla a cero y resolver la ecuación resultante en función de  $Q^*$ , lo que posibilita el encontrar un punto en el que la pendiente de la curva es cero. Si la función es convexa, dicho punto cero será único y corresponderá al mínimo de  $Y(Q)$ . (Hopp 53) Así, lo que se logra de tomar la primera derivada de  $Y(Q)$  e igualar el resultado a cero es (Hopp 53):

$$\frac{dY(Q)}{dQ} = \frac{h}{2} - \frac{AD}{Q^2} = 0 \quad (\text{ec. 36})$$

Esta es la primera condición, expresada en ecuación, para que  $Q$  sea un mínimo. La segunda condición, asegura que el punto cero en la pendiente de la curva corresponde a un mínimo global, comprobando la segunda derivada de  $Y(Q)$  (Hopp 53):

$$\frac{d^2Y(Q)}{dQ^2} = 2 \frac{AD}{Q^3} \quad (\text{ec. 37})$$

Así, ya que la segunda derivada es positiva para todo valor positivo de  $Q$  -en otras palabras  $Y(Q)$  es convexa-, resolviendo  $Q^*$  en efecto minimiza  $Y(Q)$ . Siendo la fórmula **EOQ** la siguiente (Hopp 53):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \quad (\text{ec. 38})$$

### 1.9.2.1.2 El Modelo EOQ con inclusión de tiempo de demora del pedido

En este modelo se parte del supuesto de que “no hay demora del pedido... Si se hiciera el pedido exactamente (por ejemplo) cuatro meses antes del fin de cada ciclo, (el producto en cuestión) llegaría exactamente en el mismo punto en el tiempo de demora igual a cero”. (Nahmias 198)

Lo que más conviene entonces es indicar el “resurtido” o “reorden”  $R$ , en relación con el nivel de inventario disponible. Determinar el punto de reorden  $R$  resulta de mayor complejidad cuando el tiempo de demora es mayor que un ciclo. (Nahmias 198)

Donde  $R$  es el producto del tiempo de la demora por la tasa de la demanda:

$$R = \lambda\tau \quad (\text{ec. 39})$$

El procedimiento para calcular el punto de reorden según Nahmias (2007) es el siguiente:

- Iniciar formando la relación  $\tau/T$
- Tomar en cuenta el residuo fraccionario de la relación y multiplicarlo por la longitud del ciclo para regresar a las unidades de años
- Finalmente, multiplicar el resultado del paso anterior para obtener el punto de reorden

### **1.9.2.1.3 El Modelo EOQ con descuentos por cantidad**

Los dos descuentos por cantidad más usados son: sobre todas las unidades e incrementales; determinados generalmente por dos posibilidades de puntos límite: totales, es decir que el descuento se aplica a todas las unidades en un pedido; o incrementales, que sólo se aplica a las unidades adicionales respecto al punto límite. (Nahmias 205)

#### **Descuento en todas las unidades**

Con un esquema de descuento total el costo promedio por unidad será menor que con uno incremental. (Nahmias 205). Para calcular la unidad óptima de pedido  $Q$  dentro de un esquema de descuento total se debe emplear la siguiente técnica (Nahmias 208):

Primero se determina el valor máximo realizable de cantidad económica de pedido, calculando la EOQ o CEP para el precio mínimo y se continúa con el siguiente más alto; y detenerse cuando el primer valor del EOQ o CEP sea realizable, es decir, que esté dentro del intervalo correcto.

Luego se realiza una comparación del costo promedio anual a la máxima EOQ o CEP realizable y, de igual manera, en todos los puntos límite de precios que sean mayores que la máxima EOQ o CEP realizable.

Según Nahmias (2007): “La  $Q$  óptima es el punto en el que se tiene el mínimo costo anual promedio”.

### **Descuentos incrementales por cantidad**

Para calcular la unidad óptima de pedido  $Q$  dentro de un esquema de descuento incremental se debe emplear la siguiente técnica (Nahmias 208):

Primero se deduce una ecuación algebraica para  $C(Q)$  correspondiente a cada intervalo de precio y se usa establecer una ecuación algebraica para  $C(Q)/Q$

Luego se sustituyen las ecuaciones deducidas para  $C(Q)/Q$  en la ecuación definitoria para  $G(Q)$  y se calcula por separado el valor mínimo de  $Q$  que corresponde a cada intervalo de precio

Por último se determina cuáles mínimos de los calculados en el paso anterior son realizables, es decir que caen en el intervalo correcto, y se compara los valores de los costos anuales promedio en los valores realizables de cantidad económica de pedido para elegir el mínimo.

### **1.9.2.2 Modelos de Control de Inventario con Demanda Estocástica**

La aleatoriedad o incertidumbre de la demanda se define según la distribución de la probabilidad, que es generalmente calculada en base de un historial anterior de demandas. En este tipo de modelos las variaciones principales se deben a la incertidumbre, siendo su objetivo el minimizar los costos esperados (Nahmias 232). Estos modelos son básicamente de dos tipos (Nahmias 236):

- De revisión periódica, donde el nivel de inventarios se conoce solo en puntos discretos del tiempo. Su objetivo es balancear correctamente los costos sobrantes y los de desabasto
- De revisión continua, donde el nivel de inventarios se conoce siempre

#### **1.9.2.2.1 Modelo del repartidor de periódicos**

Se basa en la consideración de un solo producto que se pide al inicio de un período y se usa solamente para satisfacer la demanda durante el mismo. (Nahmias 242)

Así, para establecer una cantidad apropiada de producción los datos fundamentales a considerar en la aplicación de este modelo son: 1) la demanda anticipada y 2) los costos de excedentes o de faltantes. (Hopp 67)

Según Hopp (2001) para poder aplicar este modelo se debe partir de las siguientes presunciones:

- Los productos son separables
- La planificación está hecha para un solo período
- La demanda es aleatoria
- Todo el stock de los pedidos está disponible antes de que se produzca la demanda
- Los costos de sobre o sub producción son lineales

Así, el número de unidades excedentes se determina de la siguiente manera (Hopp 68):

$$\text{Unidades excedentes} = \max\{Q - X, 0\} \quad (\text{ec. 40})$$

Donde,

- $X$  equivale a la demanda en unidades (aleatoria)
- $g(x)$  equivale a la función de densidad de probabilidad de la demanda
- $G(x)$  equivale a la función de densidad acumulada de la demanda
- $u$  equivale a la demanda media en unidades
- $\sigma$  equivale a la desviación estándar de la demanda en unidades
- $c_\sigma$  equivale al costo por unidad de excedentes
- $c_s$  equivale al por unidad costo de faltantes
- $Q$  equivale al tamaño de la producción o cantidad de la orden (variable de decisión)

Así, si  $Q \geq X$ , el exceso es igual a  $Q - X$ ; pero si  $Q < X$ , hay faltantes. El excedente esperado se puede calcular de la siguiente manera (Hopp 68):

$$E[\text{unidades excedentes}] = \int_0^\infty \max\{Q - x, 0\}g(x)dx = \int_0^Q (Q - x)g(x)dx \quad (\text{ec. 41})$$

A su vez, las unidades faltan se establecen así (Hopp 68):

$$\text{Unidades faltantes} = \max\{X - Q, 0\}$$

Si  $X \geq Q$ , el faltante es simplemente  $X - Q$ ; pero si  $X < Q$  habrá un excedente y, por ende, el faltante es cero. Por lo que el faltante esperado se calcula como (Hopp 68):

$$E[\text{Unidades faltantes}] = \int_0^\infty \max\{x - Q, 0\}g(x)dx$$

$$= \int_Q^{\infty} (x - Q)g(x)dx \quad (\text{ec. 42})$$

Así, el costo esperado como una función de la cantidad de la producción se puede determinar usando las ecuaciones (1 y 2) empleadas para calcular el excedente y el faltante esperado (Hopp 68):

$$Y(Q) = c_0 \int_0^Q (Q - x)g(x)dx + c_s \int_Q^{\infty} (x - Q)g(x)dx \quad (\text{ec. 43})$$

Escogiendo una cantidad de pedido que satisfaga la siguiente fórmula fractal, se minimiza los costos de excedente y faltante (Hopp 69):

$$G(Q^*) = \frac{c_s}{c_0 + c_s} \quad (\text{ec. 44})$$

Asumiendo que G es la normal, se puede simplificar la expresión de la siguiente manera (Hopp 69):

$$G(Q^*) = \Phi\left(\frac{Q^* - u}{\sigma}\right) = \frac{c_s}{c_0 + c_s} \quad (\text{ec. 45})$$

$$Q^* = u + z\sigma \quad (\text{ec. 46})$$

Donde  $Q^*$  es la cantidad óptima de pedido.

De lo que se concluye que (Hopp 71):

- En circunstancias de demanda incierta, la cantidad apropiada u óptima de pedido (producción) depende de la distribución de la demanda al igual que de los costos relativos de los excedentes versus los faltantes.
- Si la demanda es normalmente distribuida, un incremento en la demanda promedio incrementa a su vez la cantidad óptima de pedido.

- Si la demanda es normalmente distribuida, incrementando la variabilidad de la demanda se incrementa la cantidad óptima de pedido si  $c_s/(c_0 + c_s) > 0.5$  y decrece si  $c_s/(c_0 + c_s) < 0.5$

### 1.9.2.2.2 Modelo de Inventario Base

Para este modelo se asume que (Hopp 71):

- No hay interacciones entre productos, por ende los productos pueden ser analizados individualmente
- La demanda se da una a la vez (no en lotes)
- No hay ventas perdidas. La demanda insatisfecha se cumple en el período siguiente
- No hay aleatoriedad en los tiempos de entrega
- No existe ninguna limitación en el número de órdenes que se puede colocar dentro de un periodo determinado. Los reabastecimientos son pedidos uno a la vez
- La demanda puede ser aproximada con una distribución continua

Para el modelo, se entiende que (Hopp 71):

- $I$ , equivale al plazo o tiempo de reabastecimiento (en días)
- $X$ , equivale a la demanda durante el tiempo o plazo de reabastecimiento (en unidades)
- $g(x)$ , equivale a la función de probabilidad de la densidad de la demanda durante el plazo de reabastecimiento
- $G(x)$ , equivale a  $P(X \leq x)$ , lo que a su vez representa la función de densidad de distribución de la demanda durante el plazo de reabastecimiento

- $\theta$ , equivale a  $E[X]$ , lo que representa la demanda (en unidades) durante el plazo o tiempo de reabastecimiento
- $\sigma$ , equivale a la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de reabastecimiento
- $h$ , equivale al costo unitario de mantener inventario por un año
- $b$ , equivale al costo de mantener una orden atrasada por un año
- $r$ , equivale al punto de reorden (en unidades), que representa el nivel de inventario que dispara la orden de reabastecimiento
- $s$ , equivale a  $r - \theta$ , lo que representa el nivel de inventario de seguridad
- $S(r)$ , equivale a la tasa de cumplimiento de órdenes con el stock (función de  $r$ )
- $B(r)$ , equivale al número promedio de pedidos retrasados (función  $r$ )
- $l(x)$ , equivale al inventario disponible promedio (función  $r$ )

En este modelo se monitorea el inventario continuamente y se ordena reabastecimiento cada vez que la posición del inventario cae al punto de reorden, el cual representa a su vez el nivel de inventario que se mantiene durante el período de reabastecimiento. La posición de inventario representa el inventario propiedad de la empresa pero que no ha sido aún comprometido a los clientes. (Hopp 73)

Cada oportunidad en la que se realiza una orden de reabastecimiento eso toma un plazo establecido de tiempo  $l$  en llegar, durante el cual la demanda esperada es  $\theta$  unidades. Ya que existen  $r$  unidades en inventario o en órdenes por llegar, se espera tener  $r - \theta$  unidades en inventario cuando la orden de reabastecimiento llegue. Si  $s = r - \theta > 0$ , se puede llamar a esto stock o inventario de seguridad, al ser éste el que protege de

desabastecimientos por fluctuaciones en la demanda. Ya que  $\theta$  es una constante, encontrar  $s$  equivale a encontrar  $r$ . De ahí que se usa el punto de reorden  $r$  como la variable de decisión. (Hopp 73)

$$\text{Posición de inventario} = r + l \quad (\text{ec. 47})$$

Para que una orden pueda arribar después de la demanda establecida, la demanda durante el período de reabastecimiento debe ser mayor o igual a  $r + l$ . Así, la probabilidad de que un pedido llegue antes que la demanda es igual a (Hopp 74):

$$1 - P = (X \geq r + 1) = P(X \leq r + 1) = G(r + 1) \quad (\text{ec. 48})$$

La fracción de la demanda que se satisface con el inventario disponible, dado que todas las órdenes tienen la misma probabilidad, es igual a la probabilidad de que una orden llegue antes de que la demanda ocurra (Hopp 74):

$$S(r) = G(r + 1) \quad (\text{ec. 49})$$

Por tanto,  $G(r + 1)$  equivale a la fracción de la demanda que será satisfecha con el inventario disponible. Cuando la demanda es normalmente distribuida, se puede simplificar la expresión de la siguiente manera (Hopp 74):

$$S(r) = G(r + 1) = \Phi\left(\frac{r+1-\theta}{\sigma}\right) \quad (\text{ec. 50})$$

Donde,  $\Phi$  equivale a la función de distribución acumulada de la distribución normal estándar (Hopp 74).

La cantidad de órdenes es exactamente igual a la demanda o número de órdenes que se tengan durante el último período de reabastecimiento en cualquier punto en el tiempo. Así, si  $X$  representa al número aleatorio de órdenes (Hopp 74):

$$\text{Inventario disponible} - \text{órdenes pendientes} = r + 1 - X \quad (\text{ec. 51})$$

Dado que el inventario disponible y el número de órdenes pendientes no pueden ser al mismo tiempo positivos, cuando el número de órdenes es  $\mathbf{X}=\mathbf{x}$ , el número de órdenes pendientes de establece de la siguiente manera (Hopp 74):

$$\text{Órdenes pendientes} = \begin{cases} -x, & x < r + 1 \\ x, & x \geq r + 1 \end{cases} \quad (\text{ec. 52})$$

Para calcular el número esperado de órdenes pendientes se puede promediar los posibles valores de  $\mathbf{x}$  (Hopp 74):

$$B(r) = \int_{r+1}^{\infty} (x - r - 1)g(x)dx = \int_r^{\infty} (x - r)g(x)dx \quad (\text{ec. 53})$$

Esta expresión se puede simplificar si la demanda tiene una distribución normal (Hopp 74):

$$B(r) = (\theta - r)[1 - \Phi(z)] + \sigma\phi(z) \quad (\text{ec. 54})$$

Siendo, (Hopp 75)

- $z = (r - \theta)/\sigma$  y  $\Phi$  y  $\phi$  la función acumulada y la función de probabilidad de densidad de la distribución normal estándar, respectivamente.
- $B(r)$ , la función que mide la cantidad de demanda no satisfecha (función de pérdida)

Así, el nivel de inventario disponible se calcula (Hopp 75):

$$I(r) = r + 1 - \theta + B(r) \quad (\text{ec. 55})$$

Y por último la función de costo se expresa como (Hopp 76):

$$Y(r) = h(r + 1 - \theta) + (b + h)B(r) \quad (\text{ec. 56})$$

Definiéndose el punto de reorden  $r$  –que minimiza los costos de mantener el inventario y de demanda pendiente, de la siguiente manera (Hopp 76):

$$r^* + 1 = \theta + z\sigma \quad (\text{ec. 57})$$

Siendo  $z$  el valor de la tabla de la distribución normal estándar; mientras que  $\Phi(z) = b/(b + h)$  y  $\theta$  y  $\sigma$  son la media y desviación estándar de la demanda en el período de reabastecimiento. (Hopp 76)

### 1.9.2.2.3 Modelo (Q, r)

Para este modelo se asume de partida las mismas consideraciones que para el modelo de Inventario Base, con excepción de que se asuma que (Hopp 79):

- Existe un costo fijo asociado a una orden de reabastecimiento; o que,
- Existe restricción en la cantidad (número) de órdenes de reabastecimiento realizables por año

Así, en este modelo –que se usa para determinar cuánto inventario mantener en la bodega, así como para establecer la cantidad que se debe ordenar cada vez que se realiza una orden- cantidades de reabastecimiento mayores que “uno” pueden tener sentido. (Hopp 79)

Cuando la posición de inventario alcanza el punto de reorden  $r$ , una orden de reabastecimiento de cantidad es colocada. Luego de un tiempo de reabastecimiento  $l$  (constante), durante el cual se pueden producir desabastecimientos, se recibe la orden de reabastecimiento.

La cuestión es determinar valores apropiados para  $Q$  y  $r$ , ya que las variables  $Q$  y  $r$  afectan al inventario, la frecuencia de órdenes y el nivel de servicios en forma diferente. Así, el modelo  $(Q, r)$  toma en cuenta los siguientes efectos de las dos variables (Hopp 79):

- $Q$  (cantidad de demanda), afecta al inventario de ciclo (inventario que se mantiene para evitar costos excesivos por reabastecimiento)
- $r$  (punto de reorden), afecta al inventario de seguridad (inventario que se mantiene para evitar desabastecimiento)

Dado que es complejo determinar el costo exacto de los desabastecimientos, debido a que estos suelen incluir componentes intangibles como pérdida de buena voluntad y demoras potenciales para otras partes el proceso, “un sustituto común del costo de faltantes es el nivel de servicio” (Nahmias 255), el cual indica la probabilidad de que se satisfaga la demanda.

Los niveles de servicio se pueden aplicar a modelos de revisión periódica y a modelos  $(Q, r)$ , existiendo dos tipos de servicios (Nahmias 256):

- Tipo1 ( $\alpha$ ), especifica la probabilidad de no tener faltantes durante el tiempo de demora; donde el cálculo de los valores óptimos de  $Q$  y  $r$  son directos. Así, se determina  $R$ , que satisface la ecuación  $F(R) = \alpha$ , donde  $F(R)$  representa la función de distribución acumulada de la demanda. Se halla el valor  $z$  y de lo reemplaza en la ecuación:

$$R = \sigma Z + \mu \quad (\text{ec. 58})$$

$$Q = EOQ \quad (\text{ec. 59})$$

- Tipo 2 ( $\beta$ ), tasa de cumplimiento (demandas que se surten con las existencias). Donde, para encontrar los valores óptimos de Q y R, es necesario seguir un proceso interactivo:

a) Encontrar  $Q_0$ , para luego establecer  $Q_0 = EOQ$

b) Encontrar  $R_0$ ; luego establecer  $B(R)$ , sustituyendo  $Q_0$  en la expresión; para después encontrar  $L(z) = \frac{B(R)}{\sigma_l}$  y buscar el valor  $z$  en tablas; calcular  $R_0 = \mu_l + z\sigma_l$ ; establecer  $i=1$

c) Encontrar  $Q_i$ ; usar el valor  $z$  para encontrar  $1-G(R)$  en tablas; sustituir  $1-G(R)$  en la expresión para hallar  $Q_i$

d) Hallar  $R_i$ ; encontrar  $L(z) = \frac{B(R)}{\sigma_l}$ ; encontrar el valor  $z$  en tablas; calcular  $R_i = \mu_l + z\sigma_l$ ; establecer  $i=1$

e) Parar si  $|Q_i - Q_{i-1}| \leq 1$  y  $|R_i - R_{i-1}| \leq 1$ ; de lo contrario establecer  $i=i+1$  y regresar al paso c)

Entonces,

$$Q = \frac{B(R)}{1-G(R)} + \sqrt{\frac{2AD}{h} + \left(\frac{B(R)}{1-G(R)}\right)^2} \quad (\text{ec. 60})$$

$$B(R) = Q(1 - \beta) \quad (\text{ec. 61})$$

Donde, (Nahmias 254)

- $B(R)$  representa la cantidad esperada de faltantes incurrida en cada ciclo
- $L(z)$  representa la función estandarizada de pérdida para una distribución normal de la demanda

Y, (Nahmias 259)

- $\mu_l$  y  $\sigma_l$  son la demanda y desviación estándar de la demanda durante el tiempo de reabastecimiento; los cuales –asumiendo normalidad–, representan el escalamiento de la demanda durante el período de reabastecimiento y se calculan como:

$$\mu_l = (D)(l) \quad (\text{ec. 62})$$

$$\sigma_l = (\sigma_d)(\sqrt{l}) \quad (\text{ec. 63})$$

## **CAPÍTULO III: FASE 1: DEFINIR**

### **2.1 Fase Reconocer**

#### **2.1.1 Identificación de los Problemas Organizacionales**

La Empresa XYZ es una textilera ecuatoriana que produce dos grandes segmentos de productos. Por un lado, se dedica a la elaboración de “Insumos para la Industria Automotriz” (Segmento de Productos IIA) y, por otro lado, produce “Alfombras para el Hogar” (Segmento de Productos APH). Actualmente, el 80% de sus ventas totales las hace a la Industria Automotriz y el 20% restante las hace a distribuidores de “Alfombras para el Hogar.”

Debido a la disminución de cupos de producción para la Industria Automotriz, anualmente las ventas de ésta empresa, hacia este sector, han ido disminuyendo. A más de esto, gracias a la Política de Sustitución de Importaciones que lleva a cabo el Gobierno Nacional, el segmento de “Alfombras para el Hogar” (Segmento APH) tiene grandes perspectivas de crecimiento. Por estas razones, la Empresa XYZ está interesada en incrementar sus ventas de productos del Segmento APH. Para cumplir con ésta necesidad, la Empresa XYZ tiene tres problemas fundamentales.

En primer lugar, no cuenta con una caracterización del comportamiento de la demanda de sus productos de éste segmento de mercado puesto que hasta el momento toda la información de producción y ventas de productos no ha sido digitalizada lo que dificulta cualquier esfuerzo de análisis de la información.

En segundo lugar, su Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual, le genera problemas con el manejo de su inventario, ya que en ocasiones se encuentra con

materia prima faltante para completar órdenes de trabajo y en otras ocasiones tiene materia prima con una tasa de rotación muy baja.

En tercer lugar, la Empresa XYZ no cuenta con estimaciones de los costos relacionados con el control de inventario. Esto dificulta la evaluación tanto los costos de oportunidad como los costos de mantener materia prima en sus bodegas.

### **2.1.2 Determinación de las Metas del Proyecto**

Ante los dos problemas que se plantean en la sección 2.1.1 se plantean dos metas específicas para el proyecto:

La primera meta es estudiar el comportamiento de la demanda de los principales productos del segmento de productos “Alfombras para el Hogar” (Segmento APH) con la finalidad de generar pronósticos de la demanda que tengan un Error Porcentual Absoluto Medio (EPAM) que se sitúe entre el 10% y el 20%

La segunda meta implica reducir los costos de oportunidad y de mantener inventario de las materias primas de los principales productos del Segmento APH en un 20%. Esto se logrará a través de la propuesta una modelo de control de inventarios de materias primas que optimice:

- El punto de re orden
- La cantidad a ordenar
- El stock de seguridad

### **2.1.3 Determinación del Alcance del Proyecto**

Con la finalidad de establecer el alcance del presente proyecto, en primer lugar, se realiza una descripción del segmento de productos bajo estudio. En segundo lugar, se realiza una Categorización ABC de los productos del Segmento B en base a la utilidad que

éstos le generan a la empresa. De ésta manera se busca enfocar el proyecto en los productos que al menos generen un tercio de la utilidad del Segmento APH.

### **2.1.3.1 Descripción del Segmento de Productos Estudiado**

El catálogo del Segmento APH tiene un total de 34 productos textiles, los mismos que se dividen en 8 familias. Dependiendo de las necesidades de los clientes, la Empresa XYZ vende éstos textiles por metro cuadrado ó por rollo. Cada familia de productos se caracteriza por tener un largo de rollo determinado; un ancho de rollo establecido por las dimensiones de las máquinas; y un diseño y un acabado específicos que se les da a lo largo del proceso de producción. Dentro de cada familia de productos, se ha establecido un número fijo de colores para cada producto.

Por razones de confidencialidad de la información, la Empresa XYZ ha solicitado que se codifique los nombres de cada uno de los productos que forman parte de este segmento. A continuación, en la Tabla 4, se establece el nombre de cada familia de productos; el largo y ancho de cada rollo; los colores disponibles; y el código con el que se manejará a cada producto a lo largo de éste proyecto.

Tabla 4. Catálogo de Productos del Segmento APH

<b>Familia de Productos</b>	<b>Largo de un Rollo en m<sup>2</sup></b>	<b>Ancho de un Rollo en m<sup>2</sup></b>	<b>Color</b>	<b>Código del Producto</b>
BFL	100	2	ARN	BFL-ARN
			AZL	BFL-AZL
			BGE	BFL-BGE
			CHT	BFL-CHT
			GFO	BFL-GFO
			GRS	BFL-GRS
			NGR	BFL-NGR
			RJ1	BFL-RJ1
			VRD	BFL-VRD
MBL	100	2	ARN	MBL-ARN
			AZL	MBL-AZL
			AZM	MBL-AZM
			GFO	MBL-GFO
			GRS	MBL-GRS
			LAD	MBL-LAD
			NGR	MBL-NGR
			RJ1	MBL-RJ1
			TAB	MBL-TAB
			VRD	MBL-VRD
ZFR	MBL-ZFR			
MBN	50	2	NGR	MBN-NGR
MDC	50	2	GFO	MDC-GFO
MVE	100	2	BGE	MVE-BGE
			GFO	MVE-GFO

			GRS	MVE-GRS
			NGR	MVE-NGR
TAM	100	2	GFO	TAM-GFO
			GRS	TAM-GRS
			NGR	TAM-NGR
VFR	100	2	ARN	VFR-ARN
			GFO	VFR-GFO
			GRS	VFR-GRS
			NGR	VFR-NGR
FLT	100	2	NRM	FLT-NRM

Fuente: Generación Propia

### 2.1.3.2 Categorización ABC de Productos

Como se mencionó en la sección 1.7.1 el sistema de Categorización ABC es un medio para clasificar productos, disponiéndolos en secuencia de orden decreciente en función del volumen anual de ventas o el uso en dólares, para obtener una curva de crecimiento exponencial conocida como curva de Pareto (Nahmias 234). Así, para efectos del control de inventario, este sistema posibilita el priorizar la atención en la frecuencia de monitoreo de los niveles de inventario y nivel de servicio a los productos más importantes o de mayor rentabilidad para el negocio, lo cual impacta en una distribución más eficiente de los costos del control. Es por esto que Nahmias (2007) recomienda clasificar los productos en tres categorías A, B y C cuyas características se presentan a continuación:

- Los productos de categoría A deberían monitorearse de forma continua, con el uso inclusive de procedimientos más complejos de diagnóstico y haciendo estimaciones más minuciosas de los diversos parámetros de costo necesarios para establecer las políticas de operación.

- Los productos de la categoría B podrían revisarse periódicamente y
- los productos de la categoría C tendrían un grado mínimo de control.

Para realizar la Categorización ABC del Segmento de Productos APH, se utilizó, como criterio de clasificación, la utilidad total que cada producto le generó a la empresa en los años 2012, 2013 y los tres primeros meses del año 2014. En este punto cabe mencionar que en el levantamiento de la información se logró recopilar datos de la demanda de los productos del Segmento APH desde el año 2011. Sin embargo, una vez que se los revisó, se pudo observar que el comportamiento de la demanda de la mayoría de productos de éste segmento había cambiado. Según el Gerente Técnico de la empresa, esto se debe a que a inicios del 2011 se comenzó a experimentar con nuevas formulaciones que tenían como objetivo mejorar la calidad de dichos productos. Estos cambios fueron de tal magnitud que en las nuevas formulaciones se cuentan con nuevos productos cuyas demandas tuvieron cambios significativos como respuesta de los clientes. Por esta razón, junto con el Gerente Técnico, se decidió que la mayoría de los productos podrían ser comparables únicamente a partir del año 2012. En este sentido, el alcance temporal de este estudio abarca la demanda de productos del Segmento APH entre el año 2012 y el primer trimestre del año 2014.

Para el cálculo de la utilidad que le generó cada producto en el espacio temporal antes mencionado, la Gerencia Técnica, facilitó para cada producto, los costos unitarios de producción promedio y los precios de venta al público promedio que se dieron a lo largo de los tres años antes mencionados. Con ésta información se calculó el Costo Unitario de Producción Promedio por metro cuadrado de Producto (CUPP) y el Precio de Venta al Público Promedio (PVPP) por metro cuadrado de la siguiente forma:

$$CUPP = \frac{CUPP_{2012} + CUPP_{2013} + CUPP_{2014}}{3}$$

$$PVPP = \frac{PVPP_{2012} + PVPP_{2013} + PVPP_{2014}}{3}$$

A más de esto, la Gerencia Técnica de la empresa, entregó la información sobre el volumen de ventas mensual de cada producto por metro cuadrado vendido. Con estos datos, se calculó el Ingreso Total por Producto (ITP) y el Costo Total por Producto (CTP), entre enero de 2012 y abril de 2014, de la siguiente forma:

$$ITP = \text{Precio Venta al Público Promedio por } m^2 \times \text{Volumen de Venta Total en } m^2$$

$$CTP = \text{Costo Unitario Promedio por } m^2 \times \text{Volumen de Venta Total en } m^2$$

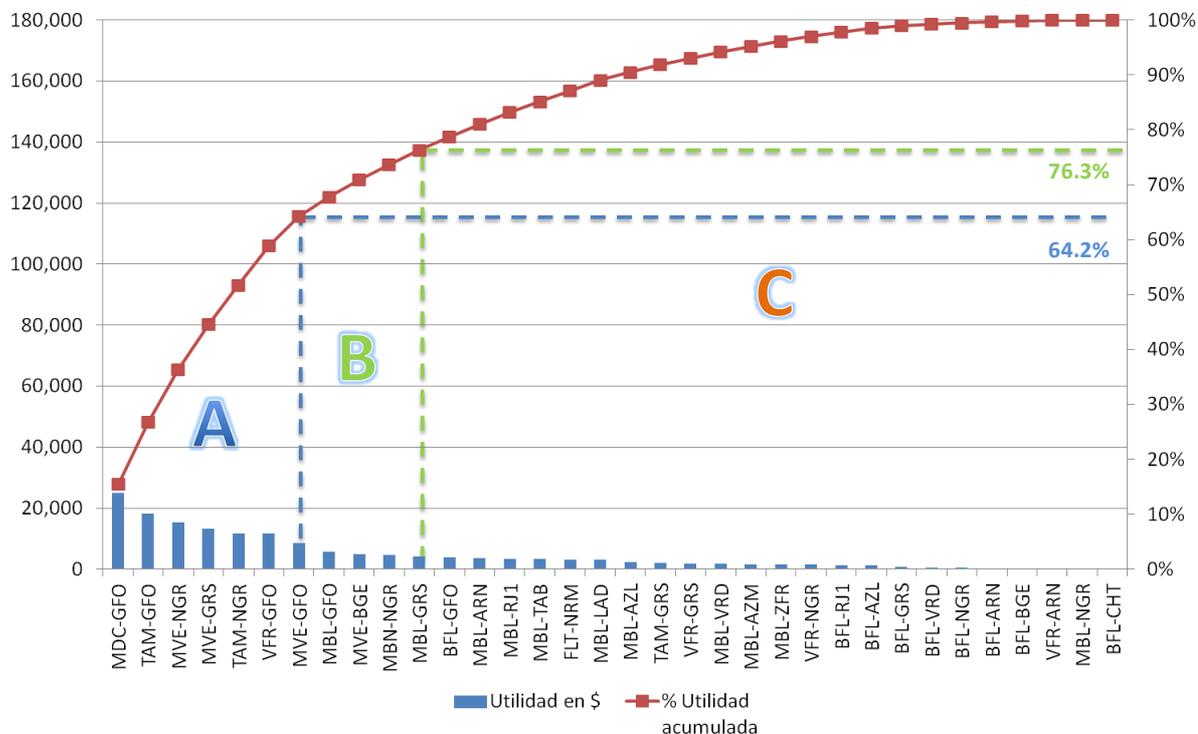
En base a ésta información, se calculó la Utilidad Total por Producto (UTP) de la siguiente manera:

$$UTP = \text{Ingreso Total por Producto} - \text{Costo Total por Producto}$$

Por cuestiones de confidencialidad de la información, el Gerente Técnico de la empresa solicitó que no se muestren los costos unitarios de producción ni los precios de venta al público de cada uno de los productos por considerar ésta información sensible. En éste sentido, se llegó al acuerdo de publicar únicamente la utilidad total generada por producto en dólares. De ésta manera, una vez que se obtuvo la Utilidad Total por Producto entre 2012 y 2014, se realizó un análisis Pareto que se muestra en el Anexo 1 en el que se detalla:

- El producto
- La utilidad generada por producto en dólares
- El porcentaje de representación en la utilidad por producto
- El porcentaje acumulado de la utilidad por producto
- El porcentaje de participación de cada producto en la utilidad

Con todos estos datos se construyó un Diagrama de Pareto que se muestra a continuación en la Figura 1.



Fuente: Cardex de Producción Empresa XYZ

Figura 1. Diagrama de Pareto de la Utilidad Total Generada por producto desde enero de 2012 hasta el primer trimestre de 2014

Una vez construido el Diagrama de Pareto, que se muestra en la Figura 1, se utilizó el criterio de categorización ABC que se muestra en la Tabla 3 por ser el que mejor se ajusta a la distribución de los datos en cuestión. De esta forma, como se detalla en la Tabla 5, la Categoría de Productos A está conformada por el 20.59% de los productos (los siete primeros productos) que representan el 64.20% de la Utilidad Total entre los años 2012 y 2014. Así mismo, se puede observar que la Categoría B está conformada por 32.35% de los productos (los cuatro productos siguientes) que representan el 76.30 % de la Utilidad Total. Finalmente, se puede observar que la Categoría C está conformada por los 23 últimos productos de la lista.

Dentro de la Categoría de Productos A, se puede observar que existen tres tipos de familias que son predominantes que son: MDC, TAM y MVE. Dentro de ésta categoría hay dos colores que reinan en la misma que son: GFO y NGR. Si se observa en la Tabla 5, dentro de la Categoría A, los tres primeros productos que representan el 8.82% de la participación (MDC-GFO, TAM-GFO, MVE-NGR) le dieron a la empresa, entre el 2012 y el 2014 el 36.32% de su utilidad total.

Por todo lo antes mencionado, se decidió junto a la Gerencia Técnica de la Empresa XYZ, que el presente estudio tenga como alcance los productos: MDC-GFO, TAM-GFO, MVE-NGR ya que éstos le generan más de un tercio de su utilidad; representan a las tres familias más importantes dentro del grupo; y a los dos colores más representativos de la categoría.

Tabla 5. Detalle de las categorías ABC del Segmento de Productos APH

Categoría	Productos	Utilidad en \$	% Utilidad acumulada	% de participación acumulada
A	MDC-GFO	\$ 24,956.25	15.48%	2.94%
	TAM-GFO	\$ 18,159.12	26.74%	5.88%
	MVE-NGR	\$ 15,435.66	36.32%	8.82%
	MVE-GRS	\$ 13,238.24	44.53%	11.76%
	TAM-NGR	\$ 11,608.44	51.73%	14.71%
	VFR-GFO	\$ 11,580.24	58.91%	17.65%
	MVE-GFO	\$ 8,531.32	64.20%	20.59%
B	MBL-GFO	\$ 5,789.55	67.80%	23.53%
	MVE-BGE	\$ 4,958.19	70.87%	26.47%
	MBN-NGR	\$ 4,529.24	73.68%	29.41%
	MBL-GRS	\$ 4,230.17	76.30%	32.35%
C	BFL-GFO	\$ 3,938.85	78.75%	35.29%
	MBL-ARN	\$ 3,688.56	81.04%	38.24%
	MBL-RJ1	\$ 3,407.43	83.15%	41.18%
	MBL-TAB	\$ 3,242.61	85.16%	44.12%
	FLT-NRM	\$ 3,189.31	87.14%	47.06%
	MBL-LAD	\$ 3,076.11	89.05%	50.00%
	MBL-AZL	\$ 2,334.72	90.49%	52.94%
	TAM-GRS	\$ 2,152.80	91.83%	55.88%
	VFR-GRS	\$ 1,910.11	93.01%	58.82%
	MBL-VRD	\$ 1,866.03	94.17%	61.76%
	MBL-AZM	\$ 1,612.39	95.17%	64.71%
	MBL-ZFR	\$ 1,537.28	96.13%	67.65%
	VFR-NGR	\$ 1,443.30	97.02%	70.59%
	BFL-RJ1	\$ 1,246.83	97.79%	73.53%
	BFL-AZL	\$ 1,189.25	98.53%	76.47%
	BFL-GRS	\$ 621.85	98.92%	79.41%
	BFL-VRD	\$ 490.39	99.22%	82.35%
	BFL-NGR	\$ 361.28	99.45%	85.29%
	BFL-ARN	\$ 346.15	99.66%	88.24%
	BFL-BGE	\$ 301.36	99.85%	91.18%
	VFR-ARN	\$ 173.01	99.95%	94.12%
MBL-NGR	\$ 71.65	100.00%	97.06%	
BFL-CHT	\$ 0.97	100.00%	100.00%	

Fuente: Generación Propia

### 2.1.4 Integración del Equipo del Proyecto

El equipo del proyecto está conformado por:

Dirección (Champion) y Dueño del Proceso: Gerente Técnico de la Empresa XYZ

Líder del Equipo, Moderador y Facilitador: M.Sc. Diego Guilcapi

*Ejecutores del Proyecto:* Jorge Luis Utreras, M.Sc. Diego Guilcapi

*Asesores del Proyecto:* Antiguo Gerente Técnico (Jubilado) de la Empresa XYZ,

Asistente de Gerencia, Bodegueros

### 2.1.5 Elaboración del Project Charter

A continuación en la Figura 2 se presenta el Project Charter del proyecto:

<b>PROJECT CHARTER</b>
<p><b>ENUNCIADO DEL PROBLEMA</b></p> <p>La Empresa XYZ es una textilera ecuatoriana que produce dos grandes segmentos de productos. Por un lado, se dedica a la elaboración de “Insumos para la Industria Automotriz” (Segmento de Productos IIA) y, por otro lado, produce “Alfombras para el Hogar” (Segmento de Productos APH). Actualmente, el 80% de sus ventas totales las hace a la Industria Automotriz y el 20% restante las hace a distribuidores de “Alfombras para el Hogar.”</p> <p>Debido a la disminución de cupos de producción para la Industria Automotriz, anualmente las ventas de ésta empresa, hacia este sector, han ido disminuyendo. A más de esto, gracias a la Política de Sustitución de Importaciones que lleva a cabo el Gobierno Nacional, el segmento de “Alfombras para el Hogar” (Segmento APH) tiene grandes perspectivas de crecimiento. Por estas razones, la Empresa XYZ está interesada en incrementar sus ventas de productos del Segmento APH.</p> <p>Para cumplir con ésta necesidad, la Empresa XYZ tiene dos problemas fundamentales.</p> <p>Por un lado, la empresa no tiene una caracterización del comportamiento de la demanda de sus productos de éste segmento de mercado puesto que hasta el momento toda la información de producción y ventas de productos que se maneja en la empresa no ha sido digitalizada lo que dificulta cualquier esfuerzo de análisis de la información.</p> <p>Por otro lado, su Política Actual de Manejo de inventarios de materia prima, le genera a la empresa un desperdicio de inventario ya que en ocasiones se encuentra con materia prima faltante para completar órdenes de trabajo y en otras ocasiones tiene materia prima con una tasa de rotación muy baja que incrementa sus costos de mantener inventario en bodega.</p>

<p><b>METAS DEL PROYECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar el comportamiento de la demanda de los principales productos del segmento “Alfombras para el Hogar” con la finalidad de generar pronósticos de la demanda de cada uno de los productos principales del Segmento APH con un Error Porcentual Absoluto Medio (EPAM) que se sitúe entre el 10% y el 20%</li> <li>• Reducir el costo de mantener inventario de las materias primas de los principales productos del Segmento APH en un 20%. Esto se logrará a través de una política de manejo de inventarios de materias primas que optimice: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El punto de re orden</li> <li>○ La cantidad a ordenar</li> <li>○ El stock de seguridad</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>ALCANCE</b></p> <p>Tanto el estudio del comportamiento de la demanda como los modelos de control de inventarios que se proponen en el presente estudio tiene como alcance la demanda comprendida entre los años 2012 y el primer trimestre el año 2014 de los productos: MDC-GFO, TAM-GFO, MVE-NGR ya que éstos le generan más de un tercio de su utilidad; representan a las tres familias más importantes dentro de la Categoría A; y a los dos colores más representativos de la misma.</p>
<p><b>EQUIPO DEL PROYECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Dirección (Champion) y Dueño del Proceso:</i> Gerente Técnico de la Empresa XYZ</li> <li>➤ <i>Líder del Equipo, Moderador y Facilitador:</i> M.Sc. Diego Guilcapi</li> <li>➤ <i>Ejecutores del Proyecto:</i> Jorge Luis Utreras, M.Sc. Diego Guilcapi</li> <li>➤ <i>Asesores del Proyecto:</i> Antiguo Gerente Técnico (Jubilado) de la Empresa XYZ, Asistente de Gerencia, Bodegueros</li> </ul>

Fuente: Generación Propia

Figura 2. Project Charter

## 2.2 Descripción de la Situación Actual de la Empresa

En esta sección se describe, en primer lugar, el método que utiliza el Gerente Técnico de la Empresa XYZ para pronosticar la demanda de sus productos. En segundo lugar, se describe el modelo de control de inventario actual para determinar las cantidades de pedido, el punto de reorden, y el stock de seguridad de cada materia prima. En tercer lugar, se menciona los costos relacionados con el control de inventario que maneja actualmente la empresa. Finalmente, se establece el nivel de servicio actual a los clientes del Segmento APH.

### **2.2.1 Modelo de Pronóstico de la Demanda Actual**

Para pronosticar la demanda trimestral de todos sus productos, la Empresa XYZ, hace un promedio del volumen de ventas durante los tres últimos trimestres y a este valor lo emplea como el pronóstico para el siguiente trimestre. Este método responde a las características de un Promedio Móvil Trimestral Simple con parámetro  $m = 3$ .

### **2.2.2 Modelo de Control de Inventario Actual**

Como se mencionó en la sección 3.1.1, la Empresa XYZ produce dos grandes segmentos de productos textiles que son el Segmento IIA que representa el 80% del total de sus ventas totales y el Segmento APH que representa el 20% de este valor.

La materia prima necesaria para elaborar los productos de los dos segmentos se divide en fibras, resinas y aceite. Tanto las fibras como el aceite son importados mientras que las resinas se las compra localmente. Según su Gerente Técnico, al menos el 90% de la materia prima que se emplea para producir la gama de productos del Segmento IIA se utiliza también para los productos del Segmento APH. Para el control de inventario de la materia prima, la Empresa XYZ determina la Cantidad de Pedido, el Punto de Reorden, y el Stock de Seguridad de la siguiente forma:

#### **Cantidad de Pedido**

La cantidad de pedido está supeditada a las cantidades mínimas de pedido determinadas por los proveedores de estos productos. Por lo tanto, al momento de decidir la adquisición de materia prima el Gerente Técnico hace un estimado de la demanda de los productos de los dos segmentos en base a su método de pronosticar la demanda, que se describe en la sección 2.2.1, y determina las cantidades de materia prima a ordenar por cada producto. Esto lo hace desagregando el pronóstico trimestral de la demanda de cada

producto, en metros cuadrados, en base a la formulación en seco de cada producto que se encuentra en gramos por metro cuadrado.

### **Stock de Seguridad**

Según el Gerente Técnico, el Stock de Seguridad para la materia prima de cada producto es aquel que garantice por lo menos un mes de producción del mismo. Así para estimar este valor, el Gerente Técnico, toma el pronóstico trimestral de la demanda del producto bajo estudio (ver sección 2.2.1) y lo divide para tres. Con esto obtiene el estimado de la demanda de un mes de producto. Luego, a este estimado mensual, lo desagrega por materia prima en base a la formulación en seco, en gramos por metro cuadrado, de cada producto. De este modo, tiene un valor en gramos de la materia prima que necesita guardar en sus bodegas. A continuación se resume estos cálculos en las siguientes formulas:

$$S_p = \frac{\text{Pronóstico Demanda Trimestral}}{3}$$

$$S_{mp} = S_p \times \text{Formulación de materia prima en g/m}^2$$

Donde,

$S_p$ : es el Stock de Seguridad por Producto en metros cuadrados

$S_{mp}$ : es el Stock de Seguridad por Materia Prima en gramos

### **Punto de Reorden**

Para determinar el Punto de Reorden de cada materia prima, el Gerente Técnico, suma al stock de seguridad, la demanda necesaria para cubrir el tiempo de reabastecimiento de cada materia prima de la siguiente forma:

$$\text{Punto de Reorden} = D_{Lt} + S_{mp}$$

Donde,

$D_{Lt}$ : es la demanda durante el tiempo de reabastecimiento

$S_{mp}$ : es el Stock de Seguridad por Materia Prima en gramos

### **2.2.3 Costos relacionados con el control de inventarios**

En la actualidad, la Empresa XYZ no cuenta con estimaciones del costo fijo de pedido ni del costo de mantener en inventario su materia prima. El único valor que tienen establecido es el precio por gramo de cada materia prima que emplean para la elaboración de todos productos.

### **2.2.4 Definición del nivel de servicio**

Con la finalidad de no mermar los ingresos provenientes de la oferta de sus productos por los costos asociados al manejo y control de inventarios, la Empresa XYZ busca garantizar una tasa de cumplimiento del 95% de las órdenes de compra generadas por sus clientes dentro del Segmento APH. Puesto que la Empresa XYZ no cuenta con registros que diferencien los productos despachados a los clientes de los productos por entregar, se dificulta poder tener un cálculo acertado del nivel de servicio actual de ésta empresa. Por esta razón se asumió, en base al criterio del Gerente Técnico, que el nivel de servicio actual de la empresa es del 95%.

## **CAPÍTULO IV: FASE 2: MEDIR**

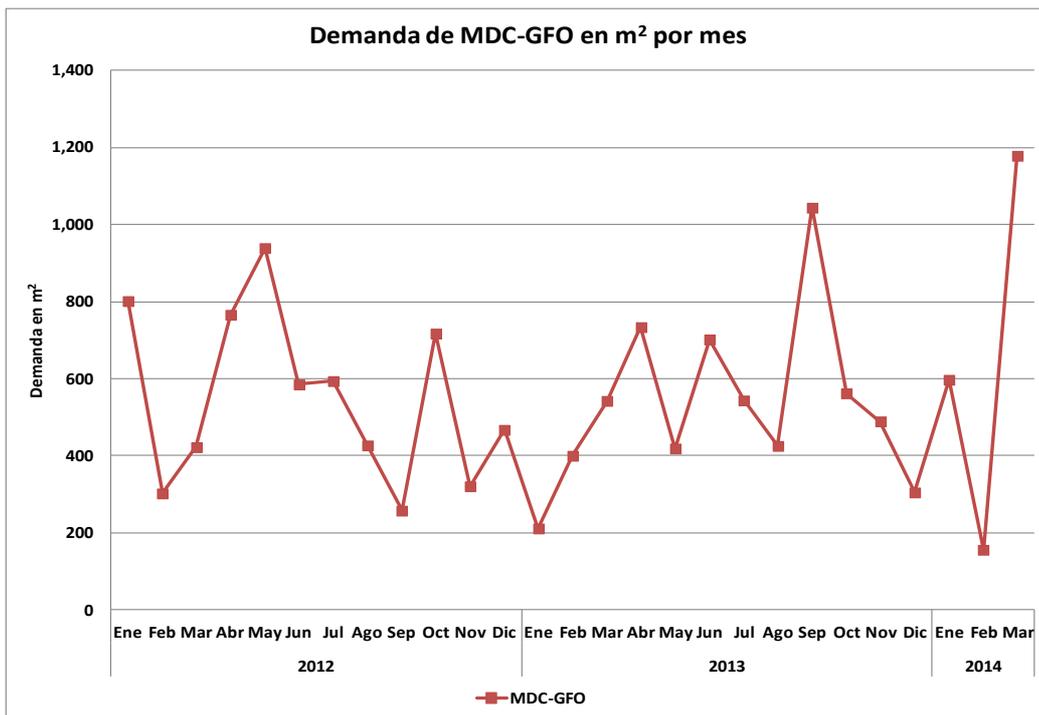
### **3.1 Mediciones relacionadas con los métodos de pronósticos de demanda**

#### **3.1.1 Identificación de las variables asociadas con los pronósticos de demanda**

Una vez que se realizó la Categorización ABC de los productos del Segmento APH, en la sección 2.1.3.2, se determinó que los productos a estudiar serían: la MDC-GFO, el TAM-GFO y la MVE-NGR ya que estos productos, entre los años 2012 y 2014, le generaron a la Empresa XYZ más de un tercio de la utilidad recibida por todo el segmento. Puesto que uno de los objetivos específicos de éste proyecto es proponer métodos de pronóstico de demanda aceptables para cada uno de los tres productos antes mencionados, se necesita establecer cuál fue la demanda mensual y trimestral de cada uno de ellos. Con este fin, se asume que el volumen de ventas de estos tres productos equivale a la demanda de los mismos.

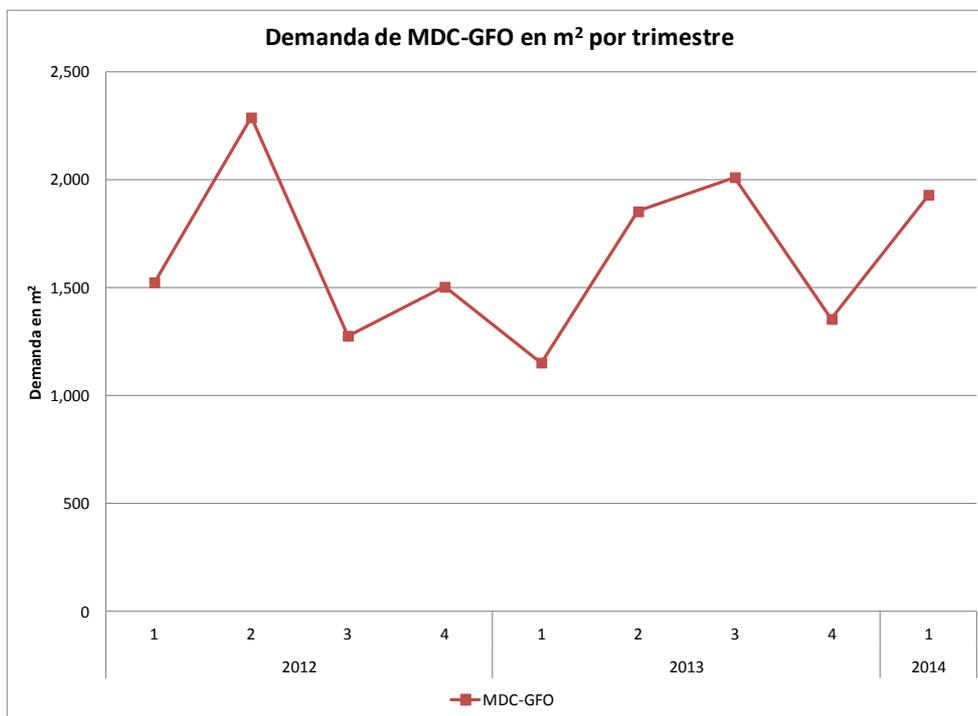
#### **3.1.2 Recopilación de datos**

En base al Cardex de cada producto, desde el año 2012 hasta el primer trimestre del año 2014, se levantó la información sobre el volumen de ventas mensual y trimestral (en metros cuadrados) de los tres productos estudiados. En el Anexo 2 y en el Anexo 3 se muestran los datos de ventas mensuales y trimestrales, en el periodo antes establecido, de los productos MDC-GFO, TAM-GFO y MVE-NGR respectivamente. Con los datos antes mencionados se construyó las siguientes gráficas de demanda mensual y trimestral para cada uno de los tres productos que conforman el alcance de éste proyecto:



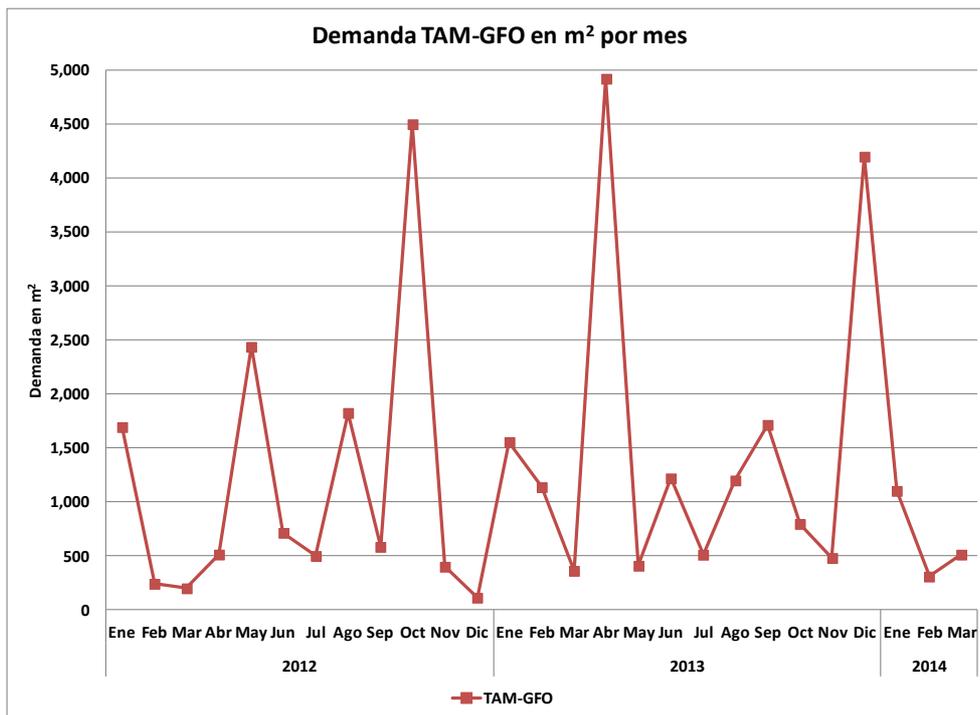
Fuente: Generación Propia

Figura 3. Demanda Mensual 2012-2014 de MDC-GFO



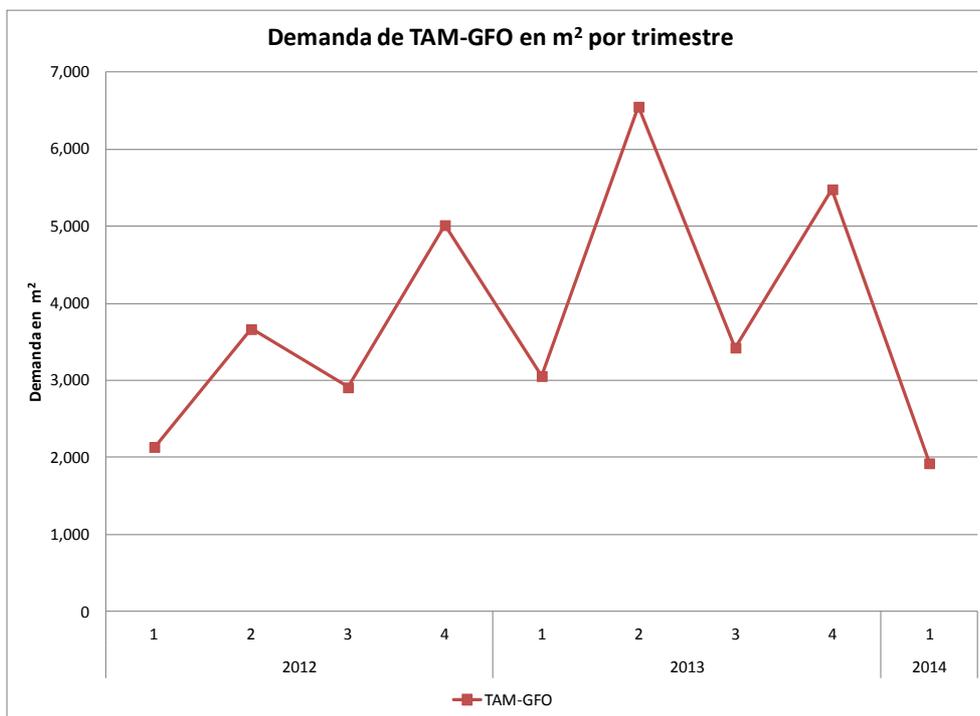
Fuente: Generación Propia

Figura 4. Demanda Trimestral 2012-2014 de MDC-GFO



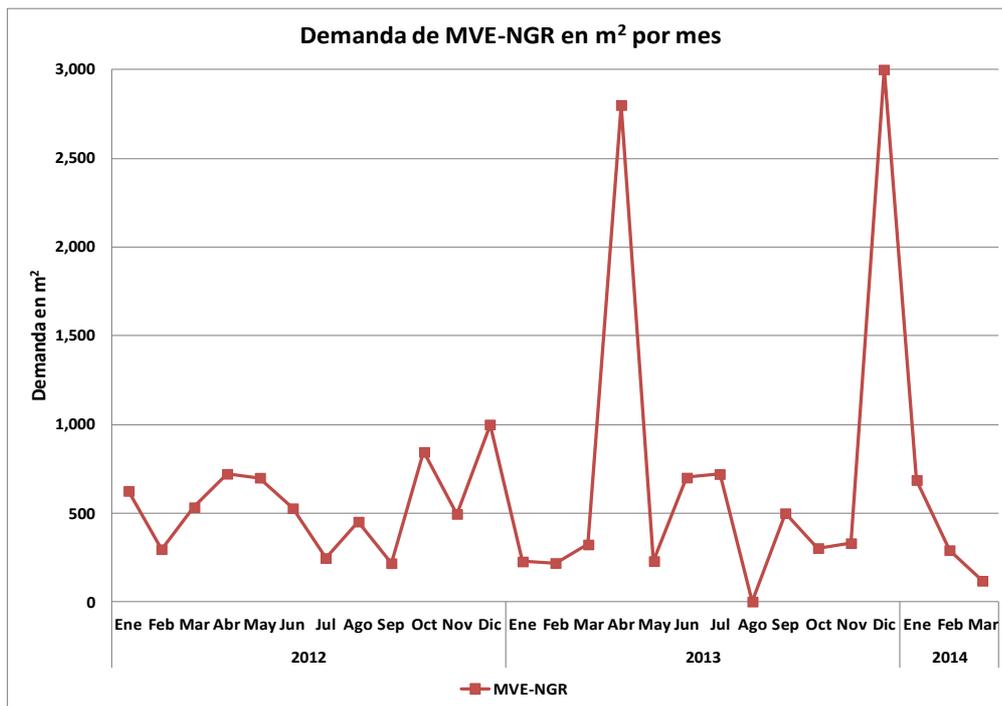
Fuente: Generación Propia

Figura 5. Demanda Mensual 2012-2014 de TAM-GFO



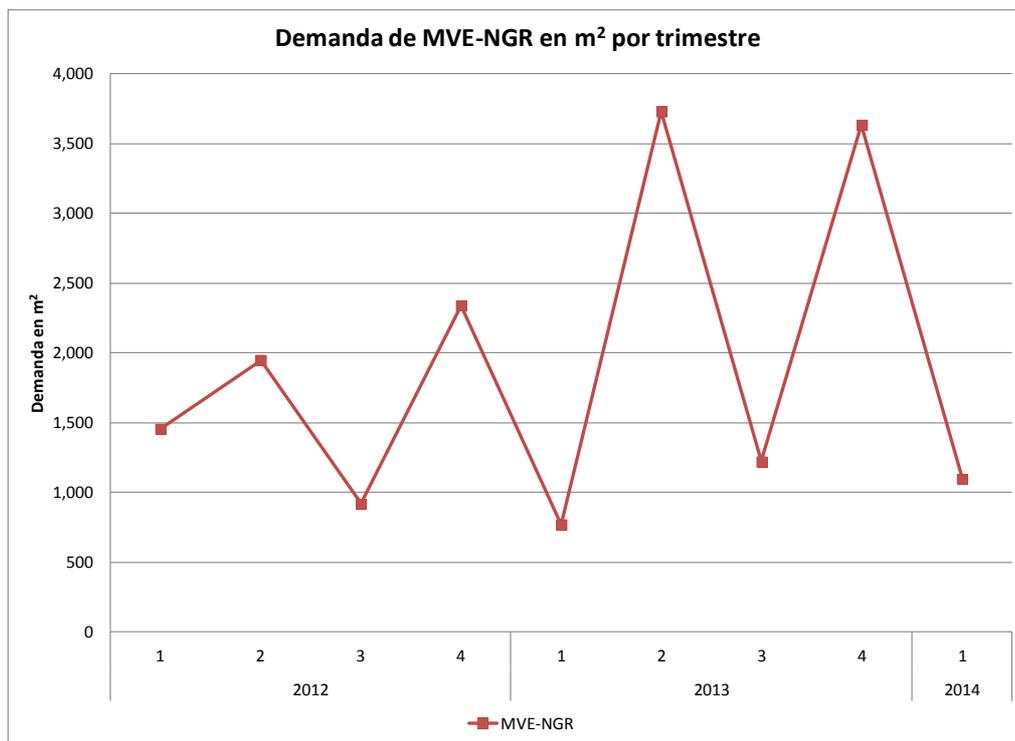
Fuente: Generación Propia

Figura 6. Demanda Trimestral 2012-2014 de TAM-GFO



Fuente: Generación Propia

Figura 7. Demanda Mensual 2012-2014 de MVE-NGR



Fuente: Generación Propia

Figura 8. Demanda Trimestral 2012-2014 de MVE-NGR

## 3.2 Mediciones relacionadas con los métodos de control de inventarios

### 3.2.1 Formulaciones de los Productos Estudiados

Con la finalidad de establecer métodos de control de inventarios para las materias primas de los tres productos estudiados, se necesita saber qué proporciones de cada materia prima están involucradas en la elaboración de cada producto.

Para esto, el Gerente Técnico, entregó las formulaciones en seco (en gramos por metro cuadrado) de los componentes de materia prima que conforman cada producto.

En general todos los productos del Segmento APH están compuestos de Fibras, Resinas y Aceite. En este punto cabe acotar que la Gerencia de la Empresa XYZ considera como información sensible las fórmulas para la elaboración de todos sus productos. Por tal motivo, se ha codifica las formulaciones para cada uno de los tres productos estudiados.

A continuación en la Tabla 6 se detalla la formulación para la MDC-GFO, en la Tabla 7 la del TAM-GFO, y en la Tabla 8 la formulación de la MVE-NGR:

Tabla 6. Formulación en Seco: MDC-GFO

Materia Prima	Compuesto	Formulacion en gramos/ m <sup>2</sup>
Fibra	C	490
	D	210
Resina	1	280
	2	31.9
	3	411
	4	53
	5	0.07
	6	2.8
Aceite		1
PESO TOTAL en gramos / m <sup>2</sup>		1479.77

Fuente: Catálogo de Productos Segmento APH

Tabla 7. Formulación en Seco: TAM-GFO

Materia Prima	Compuesto	Formulacion en gramos/ m <sup>2</sup>
Fibra	B	221
	F	0.39
Resina	1	23.5
	2	6.5
Aceite		0.5
PESO TOTAL POR m <sup>2</sup>		251.89

Fuente: Catálogo de Productos Segmento APH

Tabla 8. Formulación en Seco: MVE-NGR

Materia Prima	Compuesto	Formulacion en gramos/ m <sup>2</sup>
Fibra	A	315
	B	135.0
Resina	1	39.6
	2	28.4
	3	31.4
	4	37.4
	5	0.2
	6	0.3
	7	12.7
Aceite		0.8
PESO TOTAL POR m <sup>2</sup>		600.8

Fuente: Catálogo de Productos Segmento APH

### 3.3 Identificación de las variables asociadas con los modelos de control de inventarios

Uno de los objetivos específicos que se planteó al inicio de este estudio es proponer un modelo de control de inventarios para las materias primas de los principales productos del Segmento de productos APH. Para lograr este objetivo, en primer lugar, se necesita definir los costos asociados con el manejo y control de inventarios mencionados en la

sección 1.8.2. A continuación, en la Tabla 9, se establecen los costos que se emplearon para la aplicación de los distintos modelos de control de inventarios sugeridos para los tres principales productos del Segmento APH.

Tabla 9. Variables Asociadas a los Modelos de Control de Inventario

Variable	Nombre de la Variable
A	Costo fijo de Pedido
h	Costo de Mantener Inventario
$h_{mp}$	Costo de Mantener Inventario por Materia Prima
l	Tiempo de Reabastecimiento
$C_{op}$	Costo de Oportunidad
$\mu_l$	Demanda promedio por materia prima en tiempo de reabastecimiento
$\sigma_l$	Desviación de la Demanda por materia prima en tiempo de reabastecimiento

Fuente: Generación Propia

### 3.3.1 Cálculo de variables relacionadas con el control de inventarios

Para los cálculos de los costos relacionados con los salarios de los empleados de la Empresa XYZ se tomaron en cuenta 20 días laborables por mes y 8 horas de trabajo por día.

Como se mencionó en la sección 2.2.3, en la actualidad la Empresa XYZ no cuenta con una estimación de su costo fijo de pedido ni de su costo de mantener en inventario. Puesto que estas variables son fundamentales para el desarrollo de cualquier modelo de control de inventario, a continuación se calculan dichas variables en base a la metodología que sugieren León, V. & Zapata, G. (2010).

### 3.3.1.1 Costo Fijo de Pedido (A)

En la Empresa XYZ el Gerente Técnico estima que se realizan, en promedio, 15 pedidos al mes. Dos personas se encargan de la realización de pedidos de materia prima, dependiendo de su origen. El Gerente Técnico se encarga de los pedidos de las materias primas importadas, mientras que su asistente se encarga de los pedidos de las materias primas de origen nacional. Según el Gerente Técnico, tanto él como su asistente emplean 3 horas a la semana, cada uno, en pedidos de materia prima a sus diferentes proveedores. Esto implica que ambos utilizan alrededor de 7.5% de su tiempo de trabajo para estas actividades, al mes.

En lo que tiene que ver con las actividades relacionadas con el manejo de inventarios es el Bodeguero quién se encarga de realizarlas. Según este empleado, le dedica 16 horas por semana a estas actividades, que implicaría que para el control de inventarios el Bodeguero utiliza el 10% de su tiempo al mes para éstas actividades. En la Tabla 10 y la Tabla 11 se muestran los tiempos que cada uno de los empleados le dedica a las actividades de pedidos de materia prima y control de inventarios respectivamente.

Tabla 10. Tiempo por Empleado Dedicado a Pedidos de Materia Prima

Personal	Tiempo dedicado a Pedidos	Unidades	% de tiempo dedicado a Pedidos
Gerente Técnico	12	hrs/mes	7.50%
Asistente Gerencia	12	hrs/mes	7.50%
Total horas trabajadas por empleado	160	hrs/mes	

Fuente: Entrevista con Gerente Técnico y otros empleados

Tabla 11. Tiempo por Empleado Dedicado a Control de Inventarios

Personal	Tiempo dedicado a Control Inventarios	Unidades	% de tiempo dedicado a Control Inventarios
Gerente Técnico	4	hrs/mes	2.50%
Asistente Gerencia	16	hrs/mes	10.00%
Bodeguero	16	hrs/mes	10.00%
Total horas trabajadas por empleado	160	hrs/mes	

Fuente: Entrevista con Gerente Técnico y otros empleados

A más de la información sobre el tiempo dedicado a las actividades relacionadas con el manejo del inventario de materias primas, se necesita saber cuáles son los salarios mensuales de los empleados involucrados en las actividades antes mencionadas. A continuación en la Tabla 12 se muestran los salarios dichos mensuales.

Tabla 12. Salarios de personal involucrado en el Pedido de Materia Prima

Empleado	Salario mensual
Gerente Técnico	\$3,000.00
Asistente	\$631.00
Bodeguero	\$631.00

Fuente: Rol de Pagos Empresa XYZ

En base a esta información el *Costo Fido de Pedido* de materia prima, independientemente de su origen y naturaleza se calcula de la siguiente forma (León & Zapata 85):

### **Costo Fijo de Pedido**

$$\begin{aligned}
 & \left( \frac{\text{horas laboradas Gerente Técnico}}{\text{mes}} \right) (\% \text{ tiempo pedidos} + \% \text{ tiempo control inv}) \left( \frac{\text{Salario}}{\text{hora}} \right) \\
 & + \left( \frac{\text{horas laboradas Asistente}}{\text{mes}} \right) (\% \text{ tiempo pedidos} + \% \text{ tiempo control inv}) \left( \frac{\text{Salario}}{\text{hora}} \right) \\
 & + \left( \frac{\text{horas laboradas por Bodeguero}}{\text{mes}} \right) (\% \text{ de tiempo Control Inventarios}) \left( \frac{\text{Salario}}{\text{hora}} \right) \\
 = & \frac{\hspace{15em}}{\left( \frac{\# \text{pedidos}}{\text{es}} \right)}
 \end{aligned}$$

*Costo Fijo de Pedido*

$$= \frac{\left(\frac{160\text{horas}}{\text{mes}}\right)(0.1)\left(\frac{\$18.75}{\text{hora}}\right) + \left(\frac{160\text{horas}}{\text{mes}}\right)(0.175)\left(\frac{\$3.94}{\text{hora}}\right) + \left(\frac{160\text{horas}}{\text{mes}}\right)(0.1)\left(\frac{\$3.94}{\text{hora}}\right)}{\left(\frac{15\text{pedidos}}{\text{mes}}\right)}$$

$$\text{Costo Fijo de Pedido} = A = 31.56 \frac{\$}{\text{Pedido}}$$

En el Anexo 4 se muestra el detalle de éste cálculo.

### 3.3.1.2 Costo de Mantener Inventario (h)

Tal como se mencionó anteriormente, la Empresa XYZ no tiene un estimador de cuánto le cuesta mantener el inventario, en sus bodegas, la materia prima que emplea para la elaboración de sus productos. Por esta razón, se decidió, junto con el Gerente Técnico de la empresa, estimar este costo en base al salario del personal que trabaja en la bodega, el pago de servicios básicos como luz, agua, teléfono, internet, distribuido proporcionalmente al espacio que se emplea en las bodegas de producto terminado y materia prima. A más de esto, se tomó en cuenta el costo involucrado en el mantenimiento de las bodegas y el costo de oportunidad (León & Zapata 86). En el Anexo 5 se detallan los cálculos que se describen a continuación.

**Costo del Personal de Bodega:** se tiene un solo bodeguero que trabaja 8 horas al día y recibe un salario de \$631.00 al mes. Este bodeguero, se encarga del manejo de los tipos de bodegas que tiene la empresa XYZ que son la Bodega de Materia Prima (BMP) y la Bodega de Producto Terminado (BPT) que se encuentran distribuidas en diferentes lugares de la Planta. Así para calcular el impacto del Bodeguero en el Costo de Mantenimiento de la BMP se asumió que el salario que percibe se lo gana por el manejo de las dos bodegas antes mencionadas. Por lo tanto, éste costo es igual al salario mensual

percibido por el Bodeguero dividido para dos, esto es 315 dólares por mes lo que equivale a 946.50 dólares por trimestre. A continuación se presentan los detalles de éstos cálculos:

$$\text{Costo mensual Personal Bodega} = \frac{\$631.00}{2 \text{ Bodegas}} = \frac{\$315.50}{\text{Bodega}}$$

$$\text{Costo trimestral Personal Bodega} = \frac{\$315.50}{\text{Bodega}} \times 3 \text{ meses} = \frac{\$946.50}{\text{Bodega}}$$

**Costo de mantenimiento de la BMP:** según su Gerente Técnico, la Empresa XYZ cuenta con una persona de mantenimiento mecánico que gana \$631.00 al mes y consagra alrededor de 3 horas al mes a actividades de mantenimiento de las bodegas. Esto implica que alrededor de 1.87% de su tiempo lo emplea a este tipo de actividades. A continuación se muestra el detalle del cálculo este costo (León & Zapata 86):

*Costo mensual Mantenimiento*

$$= \frac{\left(\frac{\text{horas Mecánico Mantenimiento}}{\text{mes}}\right) (\% \text{ tiempo mantenimiento bodegas}) \left(\frac{\text{Salario}}{\text{hora}}\right)}{2 \text{ Bodegas}}$$

$$\text{Costo mensual Mantenimiento} = \frac{\left(\frac{160 \text{ horas}}{\text{mes}}\right) (0.01875) \left(\frac{\$3.94}{\text{hora}}\right)}{2 \text{ Bodegas}} = \frac{\$5.91}{\text{Bodega}}$$

$$\text{Costo trimestral Mantenimiento} = \frac{\$5.91}{\text{Bodega}} \times 3 \text{ meses} = \frac{\$17.73}{\text{Bodega}}$$

**Gasto en Servicios Básicos:** en base a los datos de las facturas de servicio básico del año 2013, se calculó el promedio mensual del gasto en los servicios de Luz eléctrica, Agua Potable, Teléfono, e Internet. A continuación, en la Tabla 13, se detalla los gastos mensuales promedio en servicios básicos de la Empresa XYZ a lo largo del año 2013:

Tabla 13. Gasto Mensual Promedio en Servicios Básicos

Servicio	Gasto Mensual Promedio
Luz	\$ 1,600.00
Agua	\$ 40.00
Teléfono	\$ 100.00
Internet	\$ 30.00
Total Servicios	\$ 1,770.00

Fuente: Facturas de Servicios Básicos de la Empresa XYZ

**Costo Servicios Básicos de la BMP:** con la finalidad de estimar este costo, se asume que el gasto en servicios básicos se puede distribuir proporcionalmente al área que representa la Bodega de Materia Prima (BMP) con respecto al Área Total de la Planta. Para esto, a continuación en la Tabla 14, se establece el área total de la planta, el área de la BMP, el área de la Bodega de Producto Terminado (BPT), y el porcentaje que éstas representan con respecto al Área Total de la planta.

Tabla 14. Porcentaje de Representación de las Bodegas

Superficie	m <sup>2</sup>	Porcentaje de representación
Área Bodegas Materia Prima	636.64	26.75%
Área Bodegas Producto Terminado	238.94	10.04%
Subtotal Área 2 tipos de Bodegas	875.58	36.79%
Área Total Planta	2,380.00	100.0%

Fuente: Plano de la Empresa XYZ

Con esta información, se puede inferir que del total de gastos en servicios básicos, el 36.79% representan los gastos en los que se incurre por las bodegas con las que cuenta la empresa, de los cuales el 26.75% corresponde a las Bodegas de Materia Prima. De esta

forma, se puede calcular los costos mensuales y trimestrales de la BMP de la siguiente forma:

$$\text{Costo mensual Servicios Básicos BMP} = \$1770(0.2675) = \$473.48$$

$$\text{Costo trimestrañ Servicios Básicos BMP} = \$473.48 \times 3\text{meses} = \$1,420.43$$

Con toda esta información, el costo trimestral de mantener inventario en la bodega de materia es de \$2,384.66. El detalle de éste cálculo se lo muestra en el Anexo 5.

### 3.3.1.3 Costo de Mantener Inventario por Materia Prima ( $h_{mp}$ )

Una vez establecidos todos los costos relacionados con mantener inventario, se debe estimar el *Costo de Mantener Inventario por cada Materia Prima* necesario para la manufactura de los tres productos bajo estudio. Para esto, primero, se debe calcular el Costo de Mantener Inventario de cada uno de los tres productos estudiados. Si se establece que el porcentaje de representación del volumen de venta de los productos estudiados, en un año, es equivalente al espacio que sus componentes ocupan en la bodega de materia prima, en el periodo de tiempo antes mencionado, el *Costo de Mantener Inventario por Producto* será igual a la fracción que éste represente del total de ventas anuales de la Empresa XYZ. En este punto cabe recalcar que los tres productos bajo estudio forman parte de uno de los dos segmentos de productos que se elaboran en la Empresa XYZ. Por lo tanto, para tener una descripción adecuada del porcentaje de representación de cada producto, se tiene que tomar en cuenta el número total de metros cuadrados vendidos de los dos segmentos de productos que se elaboran en la planta a lo largo de un año. En este sentido, según el Gerente Técnico, en el año 2013, se vendieron un total de 571,200 m<sup>2</sup> de los dos segmentos de producto que se elaboran en la planta. De ésta cantidad, 115,804 m<sup>2</sup> corresponden al Segmento APH (20.28%) y 455,396 m<sup>2</sup> corresponden al Segmento IIA

(79.72%). A continuación, en la Tabla 15, se detalla el porcentaje de representación de cada producto en la bodega de materia prima (BMP) a lo largo del año 2013:

Tabla 15. Porcentaje de Representación de los productos en la BMP

Producto	Volumen Ventas 2013 en m <sup>2</sup>	Porcentaje
MDC-GFO	6,377	1.12%
TAM-GFO	18,510	3.24%
MVE-NGR	9,361	1.64%
Volumen Total de Ventas	571,200	100.00%

Fuente: Reporte de Ventas año 2013

Con esta información, si se multiplica el costo de mantener inventario en cada bodega por el porcentaje de representación de cada producto, se puede deducir el *Costo de Mantener Inventario por Producto*. Si se establece que la unidad de evaluación es el gramo por metro cuadrado (*gramo/m<sup>2</sup>*) de producto, y se define qué porcentaje de cada componente contribuye al peso total de cada metro cuadrado de producto se puede calcular el *Costo de Mantener Inventario por Materia Prima*. Para calcular este último costo se multiplica el porcentaje de representación de cada uno de sus componentes por el costo de mantener inventario por producto. El detalle de los cálculos aquí descritos para la materia prima de los productos MDC-GFO, TAM-GFO y MVE-NGR se lo puede ver en el Anexo 6, el Anexo 7, y el Anexo 8 respectivamente.

#### 3.3.1.4 Costo de Oportunidad ( $C_{op}$ )

En lo concerniente al *Costo de Oportunidad* se lo define como al valor monetario del precio por gramo de la materia prima que se paga para hacer una cantidad determinada de producto textil más el porcentaje de interés que se podría ganar si se invirtiera ese dinero en una póliza en la banca privada que pague una determinada tasa de interés pasiva. Puesto que se va a calcular pronósticos trimestrales para los principales productos del

Segmento APH, según el Banco Central del Ecuador, la Tasa de Interés Pasiva Efectiva Referencial para un plazo comprendido entre 61 y 90 días para abril de 2014 es de 4.53% (Banco Central del Ecuador, 2015). Este concepto se lo sintetiza en la siguiente ecuación:

$$C_{op} = (P_{pg} \times G_m^2) \times (1 + \text{tasa de interés pasiva}) \quad (\text{ec. 64})$$

Donde,

$P_{pg}$ : es el precio por gramo de materia prima

$G_m^2$ : son los gramos por metro cuadrado de materia prima

### 3.3.1.5 Tasa de Demanda (D)

La tasa de demanda que se emplea para los modelos de control de inventarios, para cada producto, corresponde al pronóstico que se realiza para el segundo trimestre del año 2014 en la sección 4.1.2. La unidad de tiempo que se emplea para este análisis es el trimestre.

### 3.3.1.6 Demanda Promedio por Materia Prima en el Periodo de Reabastecimiento ( $\mu_l$ )

Para el cálculo de  $\mu_l$ , en primer lugar, se utiliza la demanda trimestral de cada producto, incluido el pronóstico para el segundo trimestre de 2014, y se la desagrega en base a la formulación de cada producto (en gramos por metro cuadrado) que se presenta en la sección 3.2.1. Luego, por cada materia prima, se calcula la media muestral. El detalle de estos cálculos, para cada producto, se muestra en el Anexo 9, el Anexo 10 y el Anexo 11.

### 3.3.1.7 Desviación de la Demanda por materia prima ( $\sigma_l$ )

Para el cálculo de  $\sigma_l$  (ec. 56), se siguió el mismo procedimiento que se detalla anteriormente para calcular  $\sigma_l$ . El detalle de estos cálculos, para cada producto, se muestran en: el Anexo 9, el Anexo 10 y el Anexo 11.

### 3.3.1.8 Tiempo de Reabastecimiento ( $I$ )

Como se mencionó anteriormente, la Empresa XYZ cuenta con proveedores de origen nacional e internacional. En este sentido, el tiempo de reabastecimiento de materia prima, dependerá del origen de la misma y de cada proveedor. Cuando la materia prima es de origen nacional, el tiempo de reabastecimiento es de 4 días. Mientras tanto, cuando el origen de la materia prima es internacional, el tiempo de reabastecimiento para las fibras puede ser de 6 ó 10 semanas dependiendo del tipo de fibra. El tiempo para el reabastecimiento de aceite es de 12 semanas. A continuación, en la Tabla 16, se detalla el tiempo de reabastecimiento por materia prima:

Tabla 16. Tiempo de Reabastecimiento por Materia Prima

Materia Prima	Compuesto	Tiempo de reabstecimiento	Unidades
Fibras	A	6	Semanas
	B	6	
	C	10	
	D	10	
	F	10	
Resinas	1	4	Días
	2	4	
	3	4	
	4	4	
	5	4	
	6	4	
	7	4	
Aceite		12	Semanas

Fuente: Generación Propia

## **CAPÍTULO V: FASE 3: ANALIZAR**

### **4.1 Análisis de los Modelos de Pronóstico de la Demanda**

#### **4.1.1 Análisis del Comportamiento Histórico de la Demanda por Producto**

Con la información que se levantó, en la sección 3.1.2, sobre la demanda mensual (en metros cuadrados) de los tres productos que constituyen el alcance de éste estudio, a continuación, se realiza el análisis del comportamiento histórico de la demanda de cada uno de ellos. Este análisis permitirá identificar la presencia de tendencia, estacionalidad y ciclos en la evolución de la demanda de cada producto. Con ésta información, se determinará el método de pronóstico que mejor se ajuste a la distribución de la demanda de cada producto.

Para éste análisis, en primer lugar, se utilizó los datos de demanda mensual por producto, desde enero de 2012 hasta marzo de 2014, detallados en el Anexo 2 para realizar las siguientes acciones:

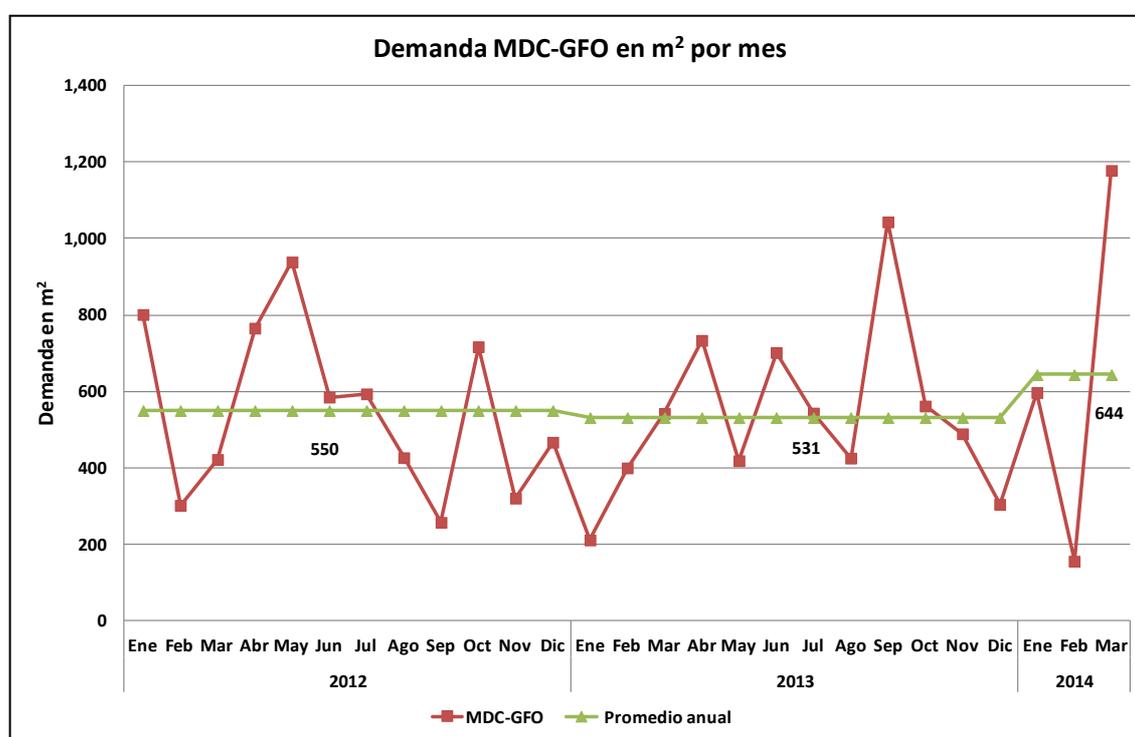
- Se calculó el promedio anual de demanda de cada producto
- Se graficó la demanda de unidades por mes junto con su respectivo promedio anual
- Se hizo una regresión lineal de los datos de demanda mensual de cada producto y se hizo la graficó

Puesto que la Empresa XYZ trabaja con pronósticos trimestrales de demanda, se calculó la demanda trimestral por producto que se detalla en el Anexo 3

Se hizo una regresión lineal de los datos de demanda trimestral de cada producto y se la graficó

En primer lugar, con el cálculo del promedio anual de demanda y la regresión lineal, se establece si los datos siguen una tendencia específica. En segundo lugar, con la gráfica de la demanda trimestral por producto, se establece si los datos tienen estacionalidad ó ciclos establecidos. A continuación, se detalla el análisis del comportamiento histórico de la demanda por cada producto.

#### 4.1.1.1 Análisis de la Demanda: MDC-GFO



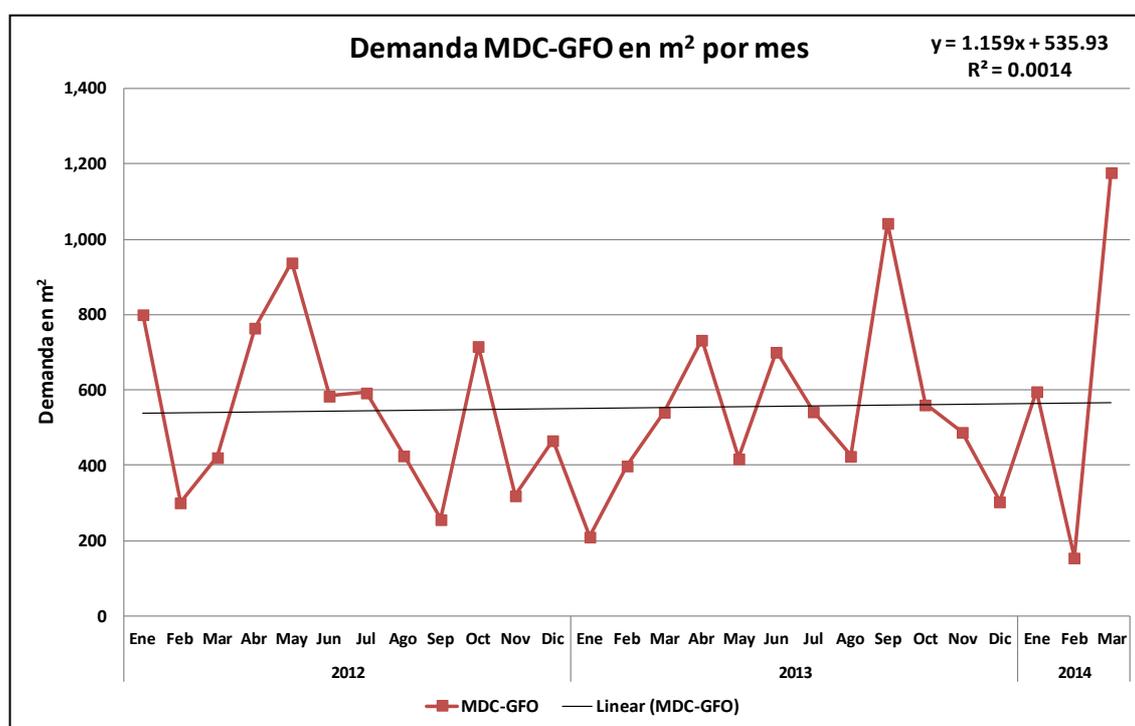
Fuente: Generación Propia

Figura 9. Demanda Mensual y Promedio por Año de MDC-GFO

En la Figura 9, se puede observar que la demanda de MDC-GFO oscila aproximadamente entre 200 y 1,200 metros cuadrados por mes, a lo largo del periodo estudiado. La demanda promedio anual del correspondiente al año 2012 (550 m<sup>2</sup>) disminuye levemente con respecto a la del año 2013 (531m<sup>2</sup>) y en el primer trimestre del año 2014 aumenta a 644 m<sup>2</sup>.

Según el Gerente Técnico de la Empresa XYZ, las fluctuaciones que existen entre agosto y septiembre de 2012 y sobre todo entre febrero y marzo de 2014 se deben a la compra en volumen de distribuidores que se reabastecieron de producto aprovechando los descuentos por volumen que la Empresa XYZ suele entregar a sus clientes.

Una vez que se realiza una regresión lineal de la demanda mensual de la MDC-GFO, en la Figura 10, se puede observar que la pendiente de la línea de regresión (1.159) es positiva. Por lo tanto, se puede concluir que la demanda mensual, en el periodo de estudio, es levemente creciente.

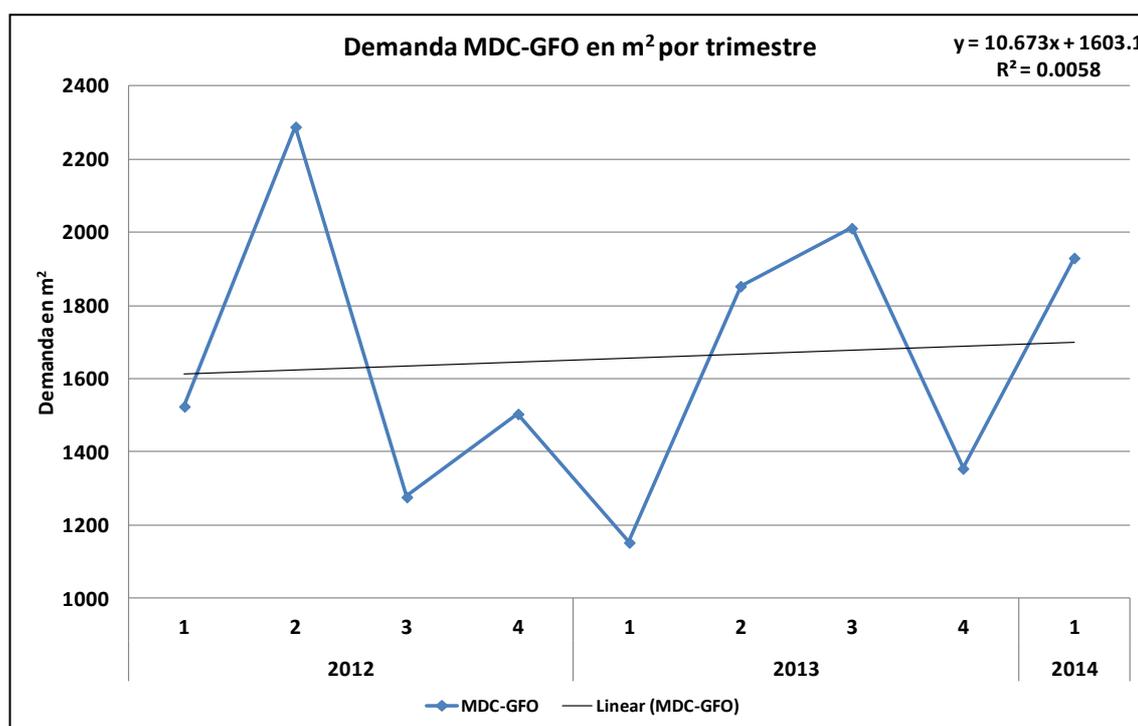


Fuente: Generación Propia

Figura 10. Regresión Lineal de la Demanda Mensual de MDC-GFO

En la Figura 11, se grafica la demanda trimestral de la MDC-GFO junto con una regresión lineal de estos datos. En este sentido, se puede observar que la pendiente de la línea de regresión es positiva (10.67), lo cual indica que la demanda trimestral de éste producto es creciente.

A más de esto, se puede observar que cada cierto número de observaciones existe un pico pronunciado en la demanda, tras el cual se ve una disminución considerable en la misma. Por ejemplo, entre el primero y el segundo trimestre del año 2012, la demanda de MDC-GFO pasa de 1,526 m<sup>2</sup> a 2,290 m<sup>2</sup> para luego bajar a 1,278 m<sup>2</sup> en el tercer trimestre y volver a subir a 1,505 m<sup>2</sup> en el cuarto trimestre. Así mismo, en el año 2013, la demanda del producto antes mencionado sube de 1,154 m<sup>2</sup> a 1,855 m<sup>2</sup> entre el primero y el segundo trimestre. Luego, a diferencia de lo que sucedió en 2012, vuelve a subir a 2,013 m<sup>2</sup> para bajar a 1,356 m<sup>2</sup> en el cuarto trimestre. Por todo lo antes mencionado, se puede decir que existen estaciones en la demanda de MDC-GFO.

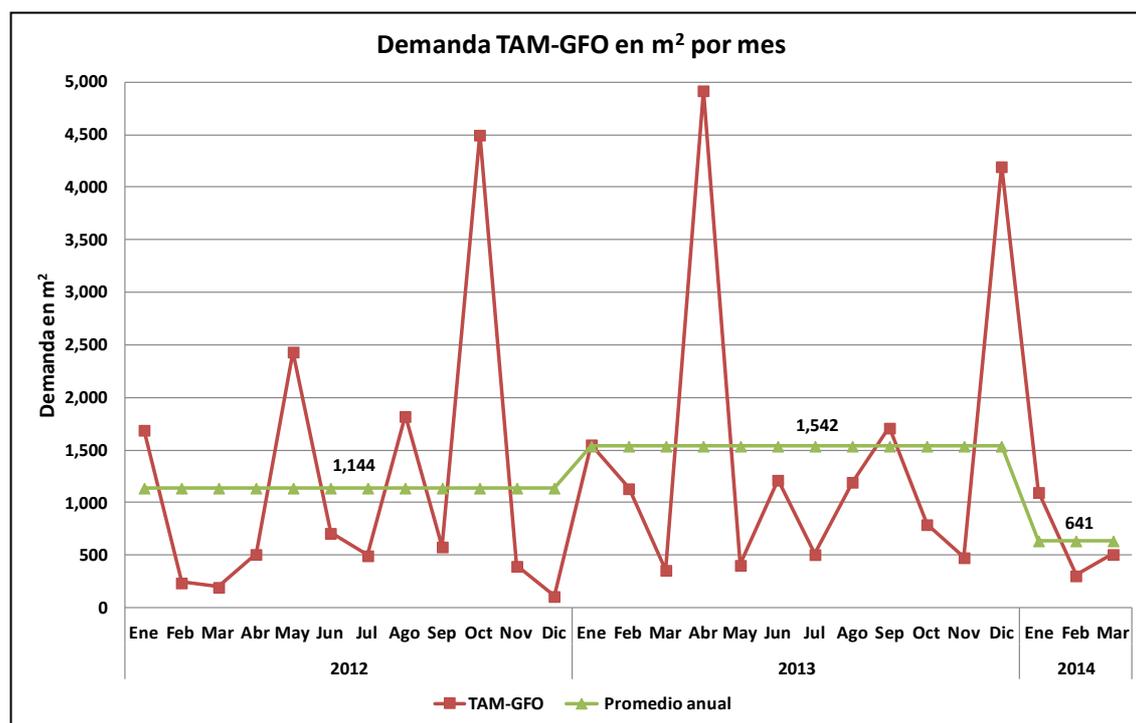


Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Regresión Lineal de la Demanda Trimestral de MDC-GFO

Finalmente, en la Figura 11, se puede evidenciar que no hay un claro comportamiento cíclico para éste producto ya que la forma de la curva de la demanda de 2012 y la de 2013 no siguen exactamente el mismo patrón

#### 4.1.1.2 Análisis de la Demanda: TAM-GFO



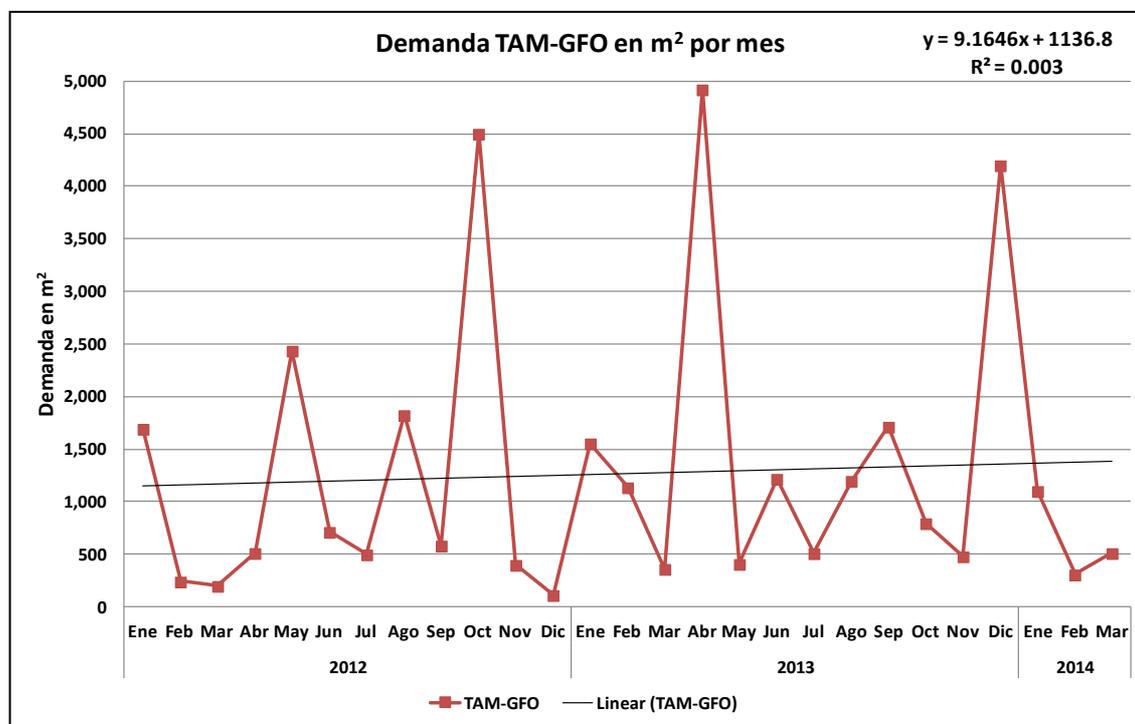
Fuente: Generación Propia

Figura 12. Demanda Mensual y Promedio por Año de TAM-GFO

En la Figura 12, se puede observar que la demanda de TAM-GFO la mayor parte del tiempo se encuentra entre los 500 y los 2000 m<sup>2</sup>. A más de esto se puede evidenciar que la demanda promedio anual del correspondiente al año 2012 (1,144 m<sup>2</sup>) aumenta con respecto a la del año 2013 (1,542 m<sup>2</sup>) y en el primer trimestre del año 2014 disminuye a 641 m<sup>2</sup>.

Una vez que se realiza una regresión lineal de la demanda mensual de la TAM-GFO, en la Figura 13, se puede observar que la pendiente de la línea de regresión (9.164) es positiva. Por lo tanto, se puede concluir que la demanda mensual, en el periodo de estudio, es creciente. Más aún, en la misma Figura 13, se puede ver que existen cuatro grandes picos en la demanda de este producto que se dan en mayo (2,438 m<sup>2</sup>) y octubre (4,501 m<sup>2</sup>) del año 2012; y en abril (4,923 m<sup>2</sup>) y diciembre (4,201 m<sup>2</sup>) del 2013. Estos picos

corresponden específicamente a los segundos y cuartos trimestres de los años 2012 y 2013 respectivamente.



Fuente: Generación Propia

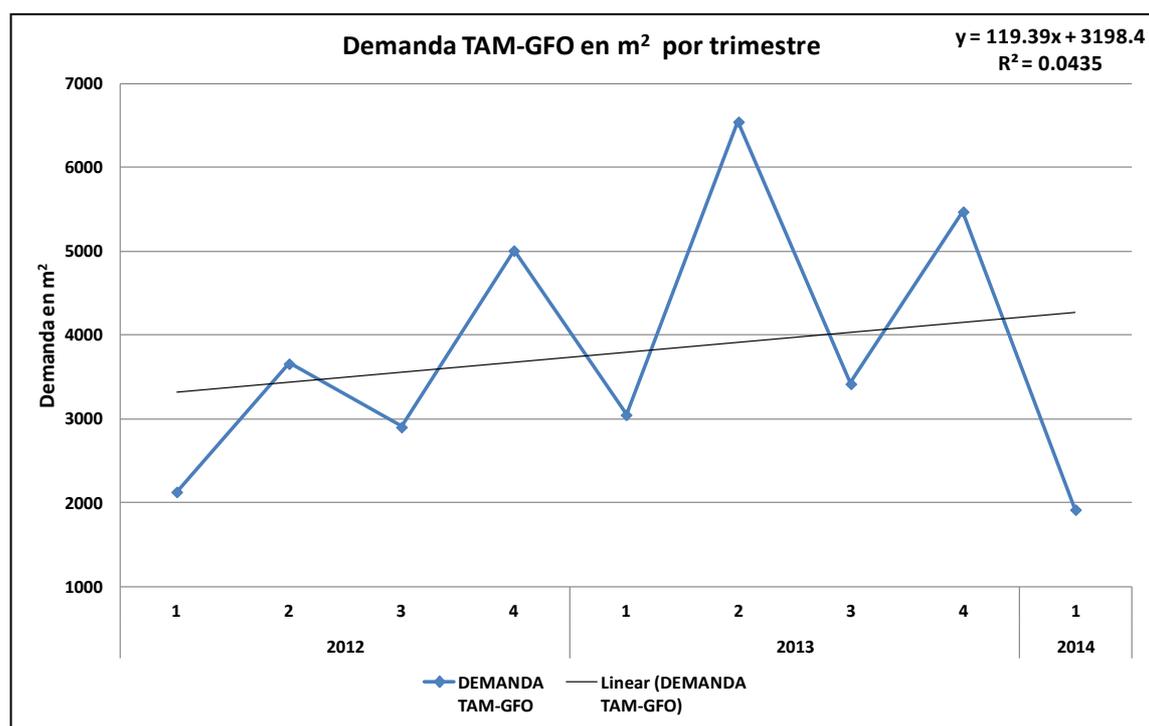
Figura 13. Regresión Lineal de la Demanda Mensual de TAM-GFO

En la Figura 14, se grafica la demanda trimestral de la TAM-GFO junto con una regresión lineal de estos datos. En este sentido, se puede ver que la pendiente de la línea de regresión es positiva (119.39), lo cual indica que la demanda trimestral de éste producto es creciente.

A más de esto, se puede observar que cada cierto número de observaciones existe un pico pronunciado en la demanda, tras el cual se ve una disminución considerable en la misma. Por ejemplo, entre el primero y el segundo trimestre del año 2012, la demanda de TAM-GFO sube de 2,136 m<sup>2</sup> a 3,655 m<sup>2</sup> para luego bajar a 2,2909 m<sup>2</sup> en el tercer trimestre y volver a subir a 5,014 m<sup>2</sup> en el cuarto trimestre. Así mismo, en el año 2013, la demanda

del producto antes mencionado sube de 3,055 m<sup>2</sup> a 6,551 m<sup>2</sup> entre el primero y el segundo trimestre. Luego, de la misma forma que sucedió en 2012, en el 2013 la demanda de TAM-GFO vuelve a bajar a 3,425 m<sup>2</sup> en el tercer trimestre para subir a 5,479 m<sup>2</sup> en el cuarto trimestre. Por todo lo antes mencionado, se puede decir que existen estaciones claramente definidas en la demanda de este producto.

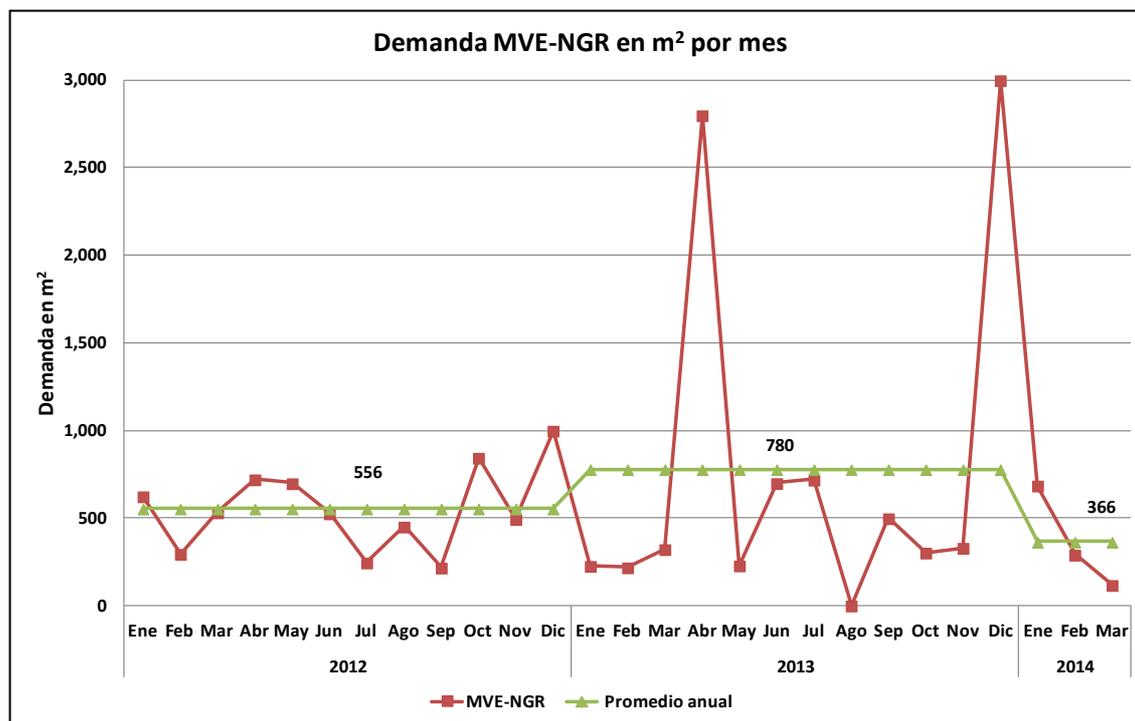
Finalmente, en la Figura 14, se puede evidenciar que hay un claro comportamiento cíclico para éste producto ya que la forma de la curva de la demanda de 2012 y la de 2013 siguen exactamente el mismo patrón. De esta forma, la demanda de TAM-GFO sube del trimestre 1 al 2, baja del trimestre 2 al 3 y vuelve a subir del trimestre 3 al 4, lo que marca un ciclo de un año calendario.



Fuente: Generación Propia

Figura 14. Regresión Lineal de la Demanda Trimestral de TAM-GFO

### 4.1.1.3 Análisis de la Demanda: MVE-NGR



Fuente: Generación Propia

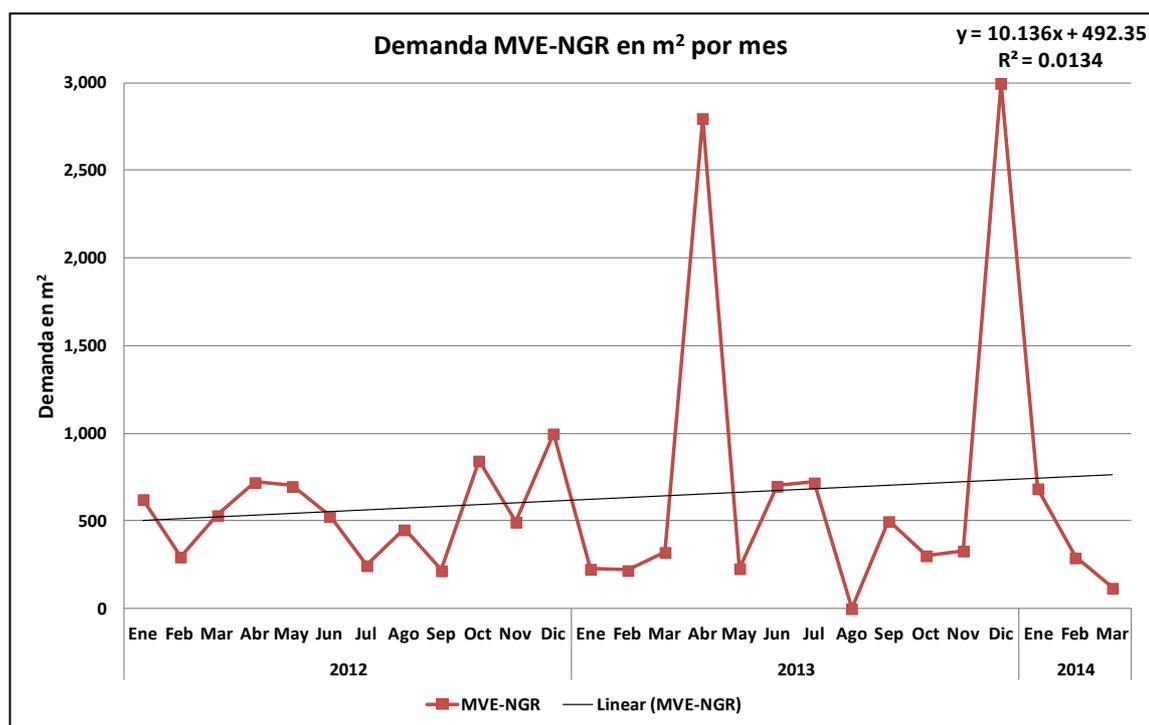
Figura 15. Demanda Mensual y Promedio por Año de MVE-NGR

En la Figura 15, se puede observar que la demanda de MVE-NGR la mayor parte del tiempo se encuentra entre los 250 y los 1000 m<sup>2</sup>. A más de esto se puede evidenciar que la demanda promedio anual del correspondiente al año 2012 (556 m<sup>2</sup>) aumenta con respecto a la del año 2013 (780 m<sup>2</sup>) y en el primer trimestre del año 2014 disminuye a 366 m<sup>2</sup>.

A más de esto, en la misma Figura 15, se puede ver que existen dos grandes picos en la demanda de este producto que se dan en abril (2,800 m<sup>2</sup>) y diciembre (3,000m<sup>2</sup>) del año 2013. Estos picos corresponden específicamente al segundo y cuarto trimestre del año 2013. En agosto de 2013, la demanda de MVE-NGR llega a ser de 2 m<sup>2</sup> seguida de una demanda de 500 m<sup>2</sup> en septiembre del mismo año. Según el Gerente Técnico de la Empresa XYZ, este movimiento particular en la demanda se dio por un des

aprovisionamiento de materia prima, que les impidió cumplir con una orden de venta que tuvo que ser entregada al siguiente mes.

Una vez que se realiza una regresión lineal de la demanda mensual de la MVE-NGR, en la Figura 16, se puede observar que la pendiente de la línea de regresión (10.136) es positiva. Por lo tanto, se puede concluir que la demanda mensual, en el periodo de estudio, es creciente.



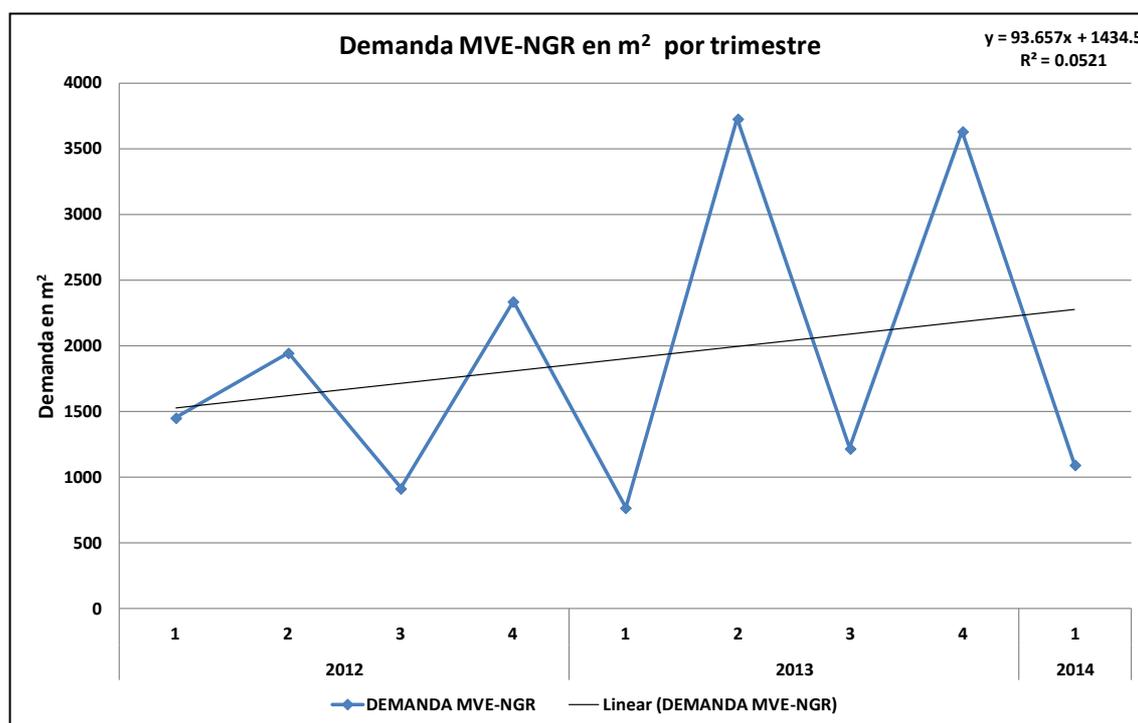
Fuente: Generación Propia

Figura 16. Regresión Lineal de la Demanda Mensual de MVE-NGR

En la Figura 17, se grafica la demanda trimestral de la MVE-NGR junto con una regresión lineal de estos datos. En este sentido, se puede ver que la pendiente de la línea de regresión es positiva (93.65), lo cual indica que la demanda trimestral de éste producto es creciente. A más de esto, se puede observar que cada cierto número de observaciones existe un pico pronunciado en la demanda, tras el cual se ve una disminución considerable en la misma. Por ejemplo, entre el primero y el segundo trimestre del año 2012, la demanda de MVE-NGR sube de 1,456 m<sup>2</sup> a 1,950 m<sup>2</sup> para luego bajar a 919 m<sup>2</sup> en el tercer

trimestre y volver a subir a 2,341 m<sup>2</sup> en el cuatro trimestre. Así mismo, en el año 2013, la demanda del producto antes mencionado sube de 772 m<sup>2</sup> a 3,732 m<sup>2</sup> entre el primero y el segundo trimestre. Luego, de la misma forma que sucedió en 2012, en el 2013 la demanda de MVE-NGR vuelve a bajar a 1,222 m<sup>2</sup> en el tercer trimestre para subir a 3,635 m<sup>2</sup> en el cuarto trimestre. Por todo lo antes mencionado, se puede decir que existen estaciones claramente definidas en la demanda de este producto.

Finalmente, en la Figura 17, se puede evidenciar que hay un claro comportamiento cíclico para éste producto ya que la forma de la curva de la demanda de 2012 y la de 2013 siguen exactamente el mismo patrón. De esta forma, la demanda de MVE-NGR sube del trimestre 1 al 2, baja del trimestre 2 al 3 y vuelve a subir del trimestre 3 al 4, lo que marca un ciclo de un año calendario.



Fuente: Generación Propia

Figura 17. Regresión Lineal de la Demanda Trimestral de MVE-NGR

## **4.1.2 Métodos de Pronóstico Propuestos para cada Producto**

En base a las conclusiones que se sacaron del análisis del comportamiento histórico de la demanda de cada producto, en la sección 4.1, a continuación, se establecen los parámetros que permiten proponer los mejores modelos de pronóstico de demanda para cada uno de ellos. Una vez desarrollados los métodos propuestos para cada producto, se los evaluará en base al criterio del menor EPAM que se muestra en la sección 1.9.1.4. Finalmente, se comparará el mejor método de pronóstico de demanda propuesto versus el método actual que emplea la Empresa XYZ.

### **4.1.2.1 Métodos de Pronóstico Propuestos para MDC-GFO**

Como se establece en la sección 4.1.1.1, la demanda trimestral de MDC-GFO, entre el 2012 y el primer trimestre de 2014, tiene las siguientes características:

- Tiene una tendencia lineal creciente
- Tiene estaciones con puntos altos en el segundo y cuarto trimestre del año 2012 y segundo y tercer trimestre de 2013. Los puntos bajos se dan en el primer y tercer trimestre del año 2012 y en el primer y cuarto trimestre de 2013.
- Tiene un comportamiento cíclico de periodo igual a un año, cuya forma no se repite en los años 2012 y 2013

En base a estas características se considera que los métodos que mejor se ajustan a esta distribución de datos son aquellos que contemplan las variables de tendencia, estacionalidad y ciclos.

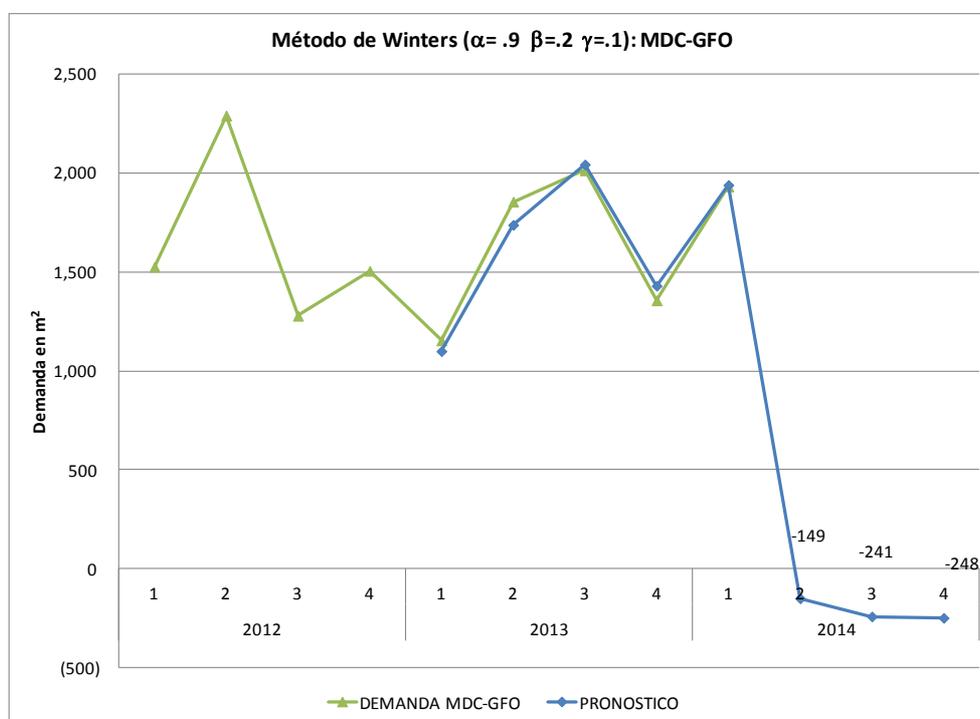
De esta manera para la MDC-GFO se aplicaron los Métodos de Winters y de Descomposición de Series de Tiempo que se detallan en la sección 1.9.1.3.2.3.

#### 4.1.2.1.1 Método de Winters: MDC-GFO

Para éste método, en primer lugar, se plantearon las ecuaciones que se detallan en la sección 2.4.1.3.2.3 en una plantilla de Microsoft Excel. Una vez establecido el modelo, con el uso de Solver de Excel, se procedió a buscar la solución que minimice el EPAM del pronóstico sujeto a la restricción que los valores  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  fluctúen entre 0.1 y 0.9.

En base al resultado de Solver, se generó la Figura 18 en la que se resume el primer escenario para este modelo con  $\alpha = 0.9$ ,  $\beta = 0.2$  y  $\gamma = 0.1$ . Si bien este primer escenario tiene el menor EPAM (3.43%), los pronósticos que arroja para los siguientes tres trimestres del año 2014 son negativos.

Por ésta razón, se decide que éste escenario no es factible y se busca otros posibles escenarios que arrojen mejores pronósticos. El detalle de los cálculos que se realizaron para la obtención de este primer escenario se detallan en el Anexo 12.

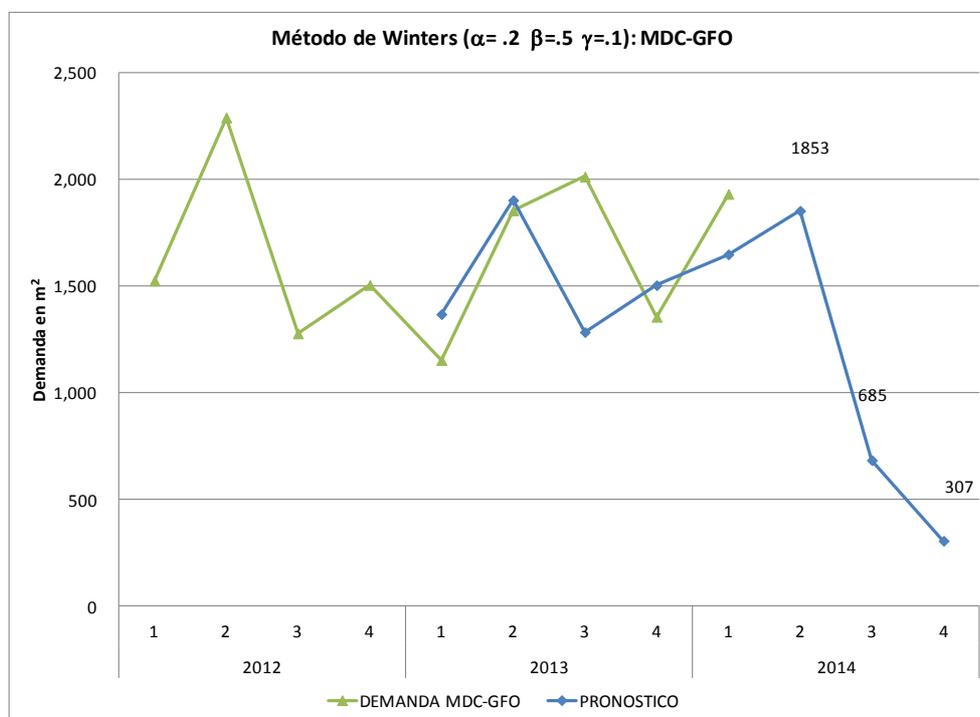


Fuente: Generación Propia

Figura 18. Pronóstico de MDC-GFO con Método de Winters Escenario 1

Luego de varios intentos de escenarios, que por cuestiones de practicidad no se detallan en éste documento, se logra ejecutar un segundo escenario (con  $\alpha = 0.2$ ,  $\beta = 0.5$  y  $\gamma = 0.1$ ) que se muestra en la Figura 19. Si bien este escenario logra entregar pronósticos positivos para la demanda futura de MVE-GFO, el EPAM de éste es de 21.55% lo cual, según Ghiani (2004), lo convierte en un pronóstico moderado. El detalle de los cálculos para la obtención de los resultados de este escenario se presenta en el Anexo 16.

Una vez realizados todos los cálculos con el Método de Winters, se concluye que se necesita buscar otro método de pronósticos que con un EPAM entre el 10 y el 20% de resultados factibles para los pronósticos de la demanda de MVE-GFO. Para esto, a continuación, se aplica el Método de Descomposición de Series de Tiempo a la demanda de este producto.



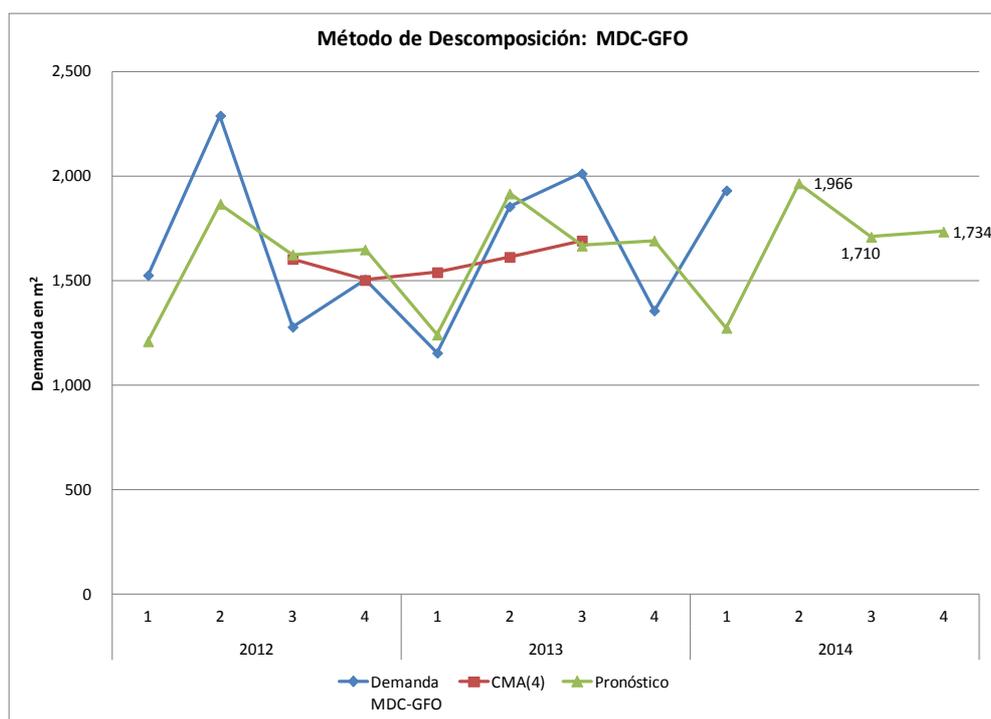
Fuente: Generación Propia

Figura 19. Pronóstico Metodo de Winters MDC-GFO Escenario 2

#### 4.1.2.1.2 Método de Descomposición: MDC-GFO

Para éste método, se siguieron los pasos que se detallan en la sección 1.9.1.3.2.3 los mismos que se sintetizan en una plantilla de Microsoft Excel que se muestra en el Anexo 14.

En la Figura 20, se muestran los resultados que se obtienen por medio de éste método. Como se puede ver en la figura antes mencionada, el pronóstico sigue de cerca la distribución de los datos de la demanda de MDC-GFO. A más de esto, el EPAM para este método es de 18.09%, lo que según Ghiani (2004), lo convierte en un pronóstico bueno.



Fuente: Generación Propia

Figura 20. Pronóstico de MDC-GFO con Método de Descomposición

#### 4.1.2.2 Métodos de Pronóstico Propuestos para TAM-GFO

Como se establece en la sección 4.1.1.2, la demanda trimestral de TAM-GFO, entre el 2012 y el primer trimestre de 2014, tiene las siguientes características:

- Tiene una tendencia lineal creciente
- Tiene estaciones claramente definidas con puntos altos en el segundo y cuarto trimestres y puntos bajos en el primer y tercer semestres
- Tiene un comportamiento cíclico de periodo igual a un año, cuya forma se repite en 2012 y 2013

En base a estas características se consideró que los métodos que mejor se ajustan a esta distribución de datos son aquellos que contemplan las variables de tendencia, estacionalidad y ciclos. De esta manera para el TAM-GFO se aplicaron los Métodos de Winters y de Descomposición de Series de Tiempo que se detallan en la sección 1.9.1.3.2.3.

##### 4.1.2.2.1 Método de Winters: TAM-GFO

Para éste método, en primer lugar, se plantearon las ecuaciones que se detallan en la sección 1.9.1.3.2.3 en una plantilla de Microsoft Excel. Una vez establecido el modelo, con el uso de Solver de Excel, se procedió a buscar la solución que minimice el EPAM del pronóstico sujeto a la restricción que los valores  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  fluctúen entre 0.1 y 0.9.

En base al resultado de Solver, se generó la Figura 21 en la que se resume el primer escenario para este modelo con  $\alpha = 0.9$ ,  $\beta = 0.2$  y  $\gamma = 0.9$ . Si bien este primer escenario tiene el menor EPAM (7.14%), los pronósticos que arroja para los siguientes tres trimestres del año 2014 son negativos. Por ésta razón, se decide que éste escenario no es factible y se

busca otros posibles escenarios que arrojen mejores pronósticos. El detalle de los cálculos que se realizaron para la obtención de este primer escenario se muestra en el Anexo 13.

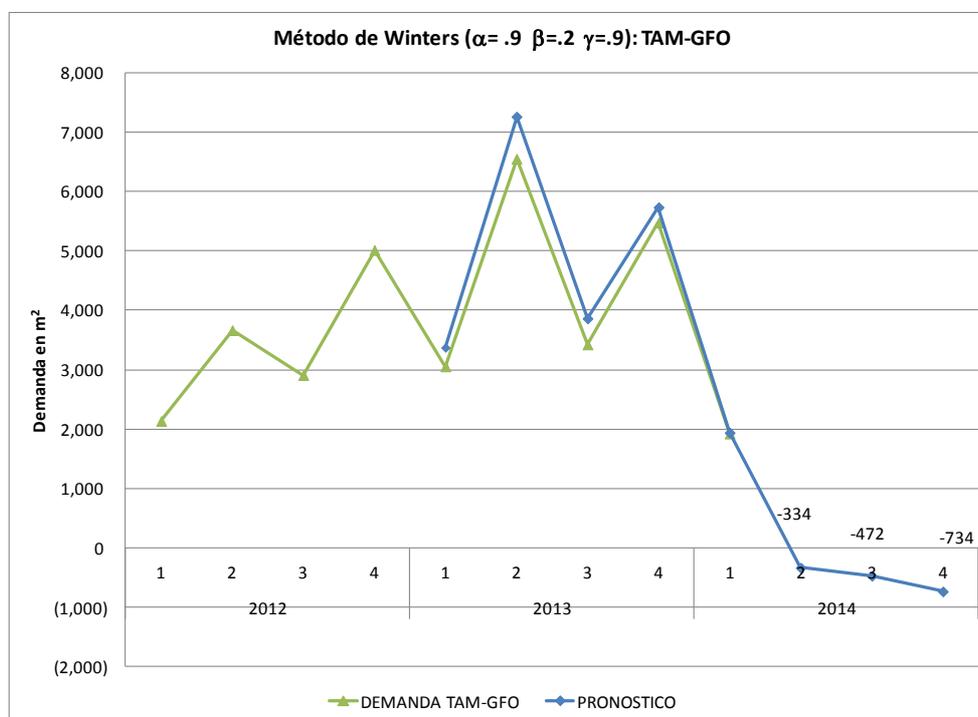
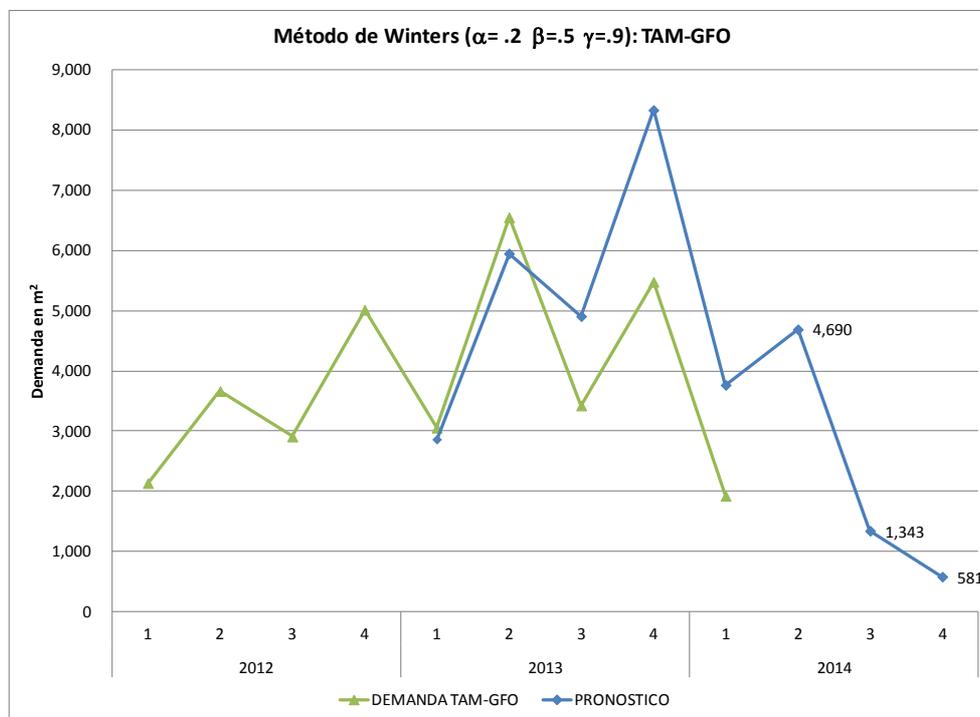


Figura 21. Pronóstico de TAM-GFO con Método de Winters Escenario 1

Luego de varios intentos de escenarios, que por cuestiones de practicidad no se detallan en éste documento, se logra ejecutar un segundo escenario (con  $\alpha = 0.2$ ,  $\beta = 0.5$  y  $\gamma = 0.9$ ) que se muestra en la Figura 22. Si bien este escenario logra arrojar pronósticos positivos para la demanda futura de TAM-GFO, el EPAM de éste es de 26.11% lo cual, según Ghiani (2004), lo convierte en un pronóstico moderado. El detalle de los cálculos para la obtención de los resultados de este escenario se presenta en el Anexo 16.

Una vez realizados todos los cálculos con el Método de Winters, se concluye que se necesita buscar otro método de pronósticos que con un EPAM entre el 10 y el 20% de resultados factibles para los pronósticos de la demanda de TAM-GFO.

Es por esto que, a continuación, se aplica el Método de Descomposición de Series de Tiempo a la demanda de este producto.



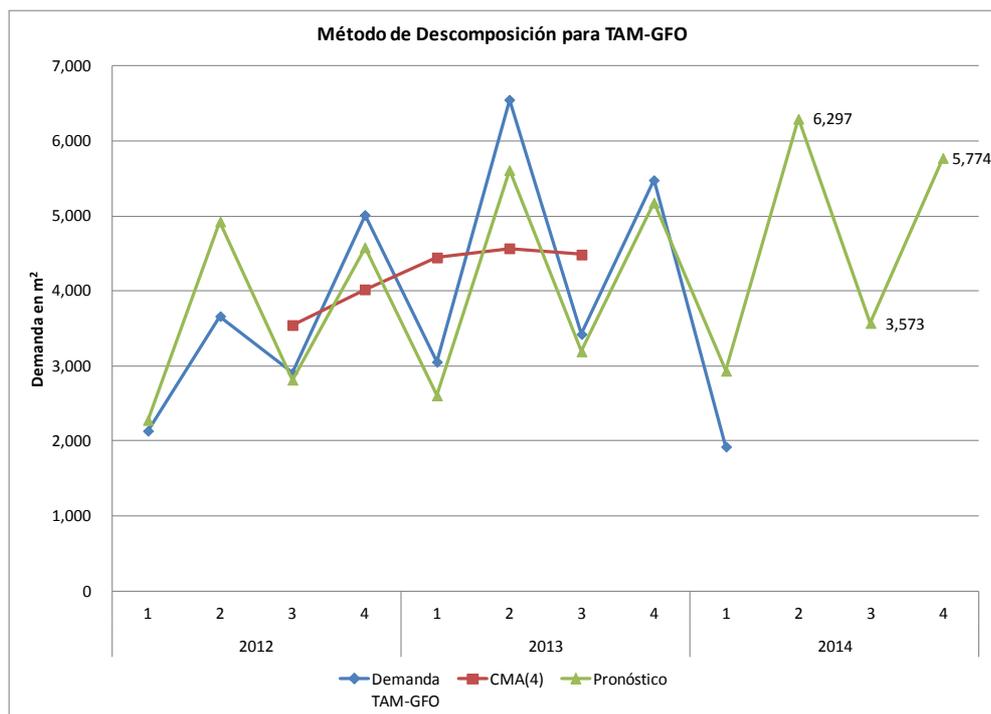
Fuente: Generación Propia

Figura 22. Pronóstico de TAM-GFO con Método de Winters Escenario 2

#### 4.1.2.2.2 Método de Descomposición: TAM-GFO

Para éste método, se siguieron los pasos que se detallan en la sección 1.9.1.3.2.3 los mismos que se sintetizan en una plantilla de Microsoft Excel que se muestra en el Anexo 17.

En la Figura 23, se muestran los resultados que se obtienen por medio de éste método. Como se puede ver en la figura antes mencionada, el pronóstico sigue de cerca la distribución de los datos de la demanda de TAM-GFO. A más de esto, el EPAM para este método es de 16.30%, lo que según Ghiani (2004), lo convierte en un pronóstico bueno.



Fuente: Generación Propia

Figura 23. Pronóstico de TAM-GFO con Método de Descomposición

#### 4.1.2.3 Métodos de Pronóstico Propuestos para MVE-NGR

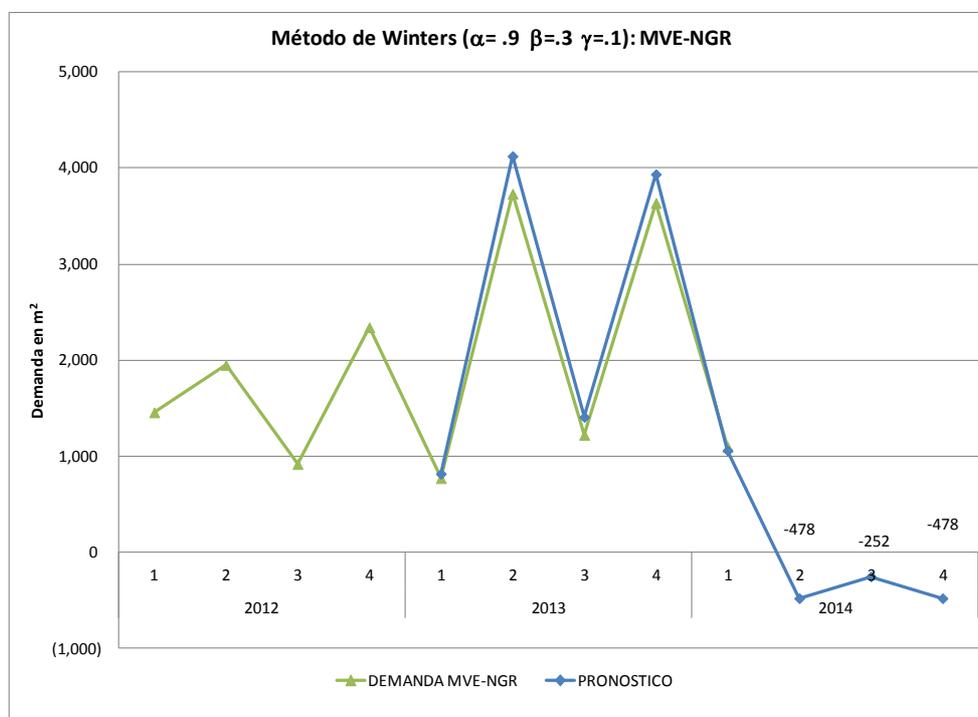
Como se establece en la sección 4.1.1.3, la demanda trimestral de MVE-NGR, entre el 2012 y el primer trimestre de 2014, tiene las siguientes características:

- Tiene una tendencia lineal creciente
- Tiene estaciones claramente definidas con puntos altos en el segundo y cuarto trimestres y puntos bajos en el primer y tercer semestres
- Tiene un comportamiento cíclico de periodo igual a un año, cuya forma se repite en 2012 y 2013

En base a estas características se consideró que los métodos que mejor se ajustan a esta distribución de datos son aquellos que contemplan las variables de tendencia, estacionalidad y ciclos. De esta manera para el MVE-NGR se aplicaron los Métodos de inters y de Descomposición de Series de Tiempo que se detallan en la sección 1.9.1.3.2.3.

#### 4.1.2.3.1 Método de Winters: MVE-NGR

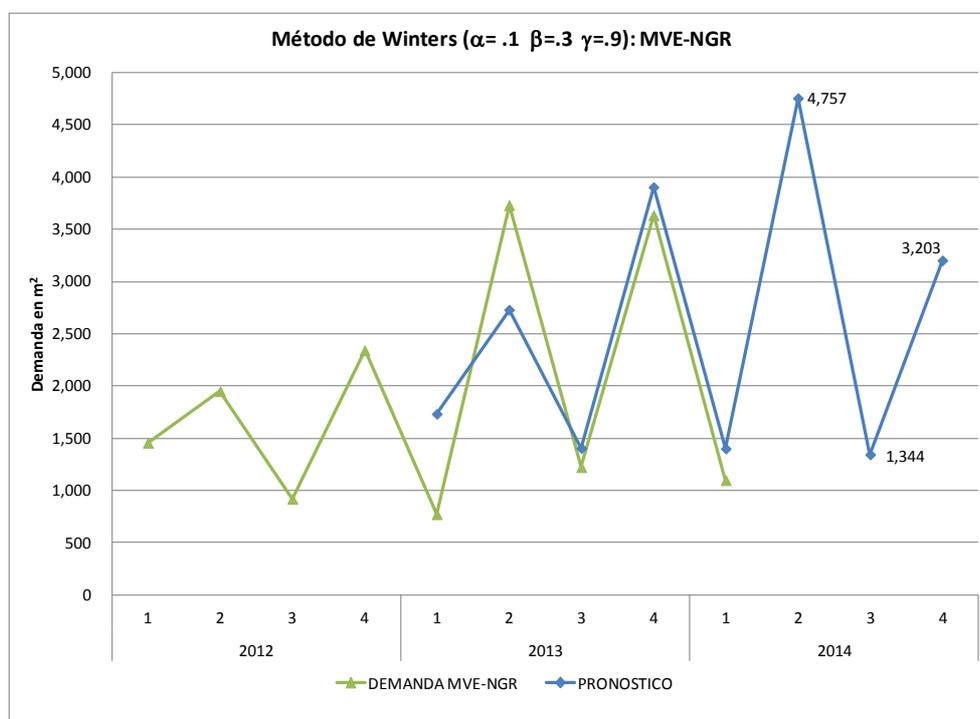
Para éste método, en primer lugar, se plantearon las ecuaciones que se detallan en la sección 1.9.1.3.2.3 en una plantilla de Microsoft Excel. Una vez establecido el modelo, con el uso de Solver de Excel, se procedió a buscar la solución que minimice el EPAM del pronóstico sujeto a la restricción que los valores  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  fluctúen entre 0.1 y 0.9. En base al resultado de Solver, se generó la Figura 24. Pronóstico de MVE-NGR con Método de Winters Escenario 1, en la que se resume el primer escenario para este modelo con  $\alpha = 0.9$ ,  $\beta = 0.3$  y  $\gamma = 0.1$ . Si bien este primer escenario tiene el menor EPAM (8.69%), los pronósticos que arroja para los siguientes tres trimestres del año 2014 son negativos. Por ésta razón, se decide que éste escenario no es factible y se busca otros posibles escenarios que arrojen mejores pronósticos. El detalle de los cálculos que se realizaron para la obtención de este primer escenario se detallan en el Anexo 18.



Fuente: Generación Propia

Figura 24. Pronóstico de MVE-NGR con Método de Winters Escenario 1

Luego de varios intentos de escenarios, que por cuestiones de practicidad no se detallan en éste documento, se logra ejecutar un segundo escenario (con  $\alpha = 0.1$ ,  $\beta = 0.3$  y  $\gamma = 0.9$ ) que se muestra en la Figura 25. Este escenario logra entregar pronósticos positivos para la demanda futura de MVE-NGR y tiene un EPAM de 26.73% lo cual, según Ghiani (2004), lo convierte en un pronóstico moderado. El detalle de los cálculos para la obtención de los resultados de este escenario se presenta en el Anexo 19.



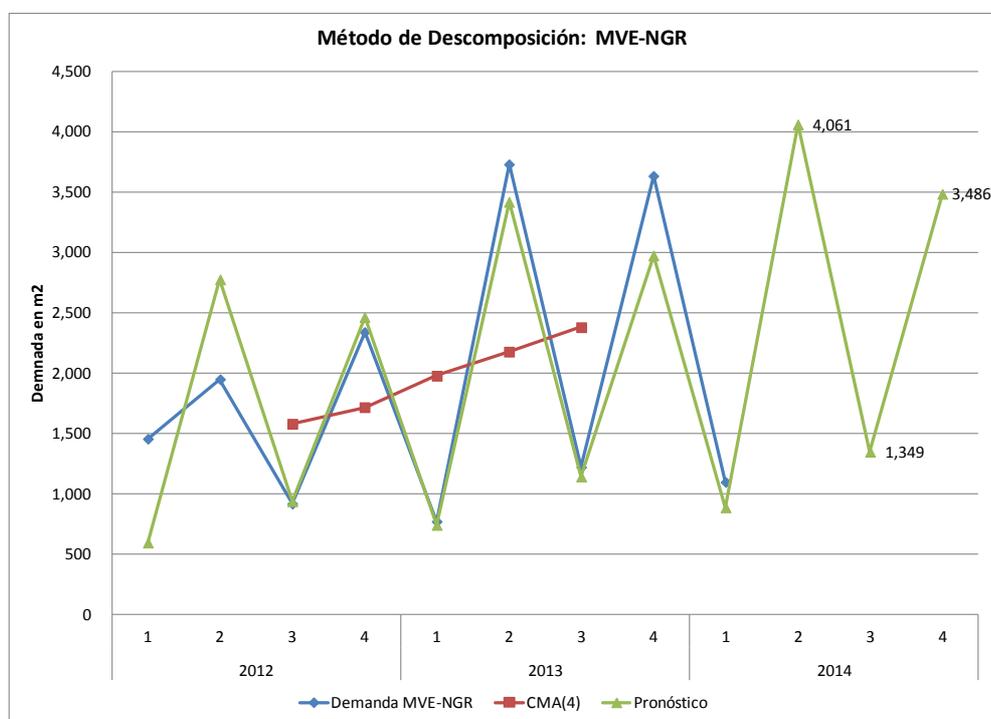
Fuente: Generación Propia

Figura 25. Pronóstico de MVE-NGR con Método de Winters Escenario 2

#### 4.1.2.3.2 Método de Descomposición: MVE-NGR

Para éste método, se siguieron los pasos que se detallan en la sección 1.9.1.3.2.3 los mismos que se sintetizan en una plantilla de Microsoft Excel que se muestra en el Anexo 20.

En la Figura 26, se muestran los resultados que se obtienen por medio de éste método. Como se puede ver en la figura antes mencionada, el pronóstico sigue de cerca la distribución de los datos de la demanda de MVE-NGR. A más de esto, el EPAM para este método es de 18.32%, lo que según Ghiani (2004), lo convierte en un pronóstico bueno.



Fuente: Generación Propia

Figura 26. Pronóstico de MVE-NGR con Método de Descomposición

#### 4.1.3 Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para cada Producto

En la sección 4.1.2 se propusieron dos métodos de pronóstico para la demanda trimestral de los tres productos bajo estudio que son: el Método de Winters y el Método de

Descomposición de Series de Tiempo. La razón para elegir estos dos métodos fue el hecho de que los mismos permiten representar las características de tendencia, estacionalidad y ciclos presentes en los datos de demanda en los tres productos estudiados.

En este punto cabe mencionar una diferencia entre el Método de Winters y el Método de Descomposición que puede definir la decisión del método a emplear para pronosticar la demanda de los tres productos bajo estudio. En el Método de Winters, según Nahmias (2007), es el investigador quien decide los valores que le asigna a los factores que determinan el nivel actual de la serie ( $\alpha$ ), la tendencia de la serie ( $\beta$ ), y los factores estacionales ( $\gamma$ ). Mientras que en el Método de Descomposición estos factores se establecen directamente de los datos de la demanda trimestral de cada producto. Así el Método de Descomposición resulta ser más fácil de aplicar que el Método de Winters y menos propenso a generar errores por el criterio del investigador al elegir el valor de las variables  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$ .

A continuación, se presenta la evaluación de los dos métodos de pronóstico propuestos para cada producto y la sugerencia que se le hace a la Empresa XYZ sobre qué método emplear para pronosticar la demanda de los tres productos estudiados.

#### **4.1.3.1 Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para MDC-GFO**

Una vez que se han desarrollado los dos métodos de pronósticos que se propusieron para la demanda de MDC-GFO, en la sección 4.1.2.1, se concluye que para éste producto el mejor método para pronosticar su demanda es el Método de Descomposición ya que entrega pronósticos factibles y con un EPAM de 18.09%, al que de acuerdo al criterio de Ghiani (2004), se lo califica como bueno. Así, con el Método de Descomposición, el analista no deberá hacer esfuerzos suplementarios para determinar los factores que

determinan el nivel actual de la serie ( $\alpha$ ), la tendencia de la serie ( $\beta$ ), y los factores estacionales ( $\gamma$ ), necesarios para el desarrollo del Método de Winters. Y a más de esto, el analista podrá obtener pronósticos que siguen de cerca el comportamiento de la demanda de este producto.

A continuación, en la Tabla 17, se hace un resumen de los métodos aplicados, sus diferentes escenarios y su respectiva calificación de acuerdo a Ghiani (2004).

Tabla 17. Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para MDC-GFO

Método de Pronóstico	Escenario	EPAM	Evaluación del Pronóstico	Valores del Pronóstico por Trimestre 2014 en m <sup>2</sup>
Método de Winters	alpha = 0.9 beta = 0.2 gamma = 0.1	3.43%	Muy Bueno	T2 = -149 T3 = -241 T4 = -248
	alpha = 0.2 beta = 0.5 gamma = 0.1	21.55%	Moderado	T2 = 1,853 T3 = 685 T4 = 307
Método de Descomposición		18.09%	Bueno	T2 = 1,966 T3 = 1,710 T4 = 1,734

Fuente: Generación Propia

En base a estos resultados, se sugiere que para pronosticar la demanda trimestral de producto MDC-GFO la Empresa XYZ utilice el Método de Descomposición de Series de Tiempo.

#### 4.1.3.2 Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para TAM-GFO

Una vez que se han desarrollado los dos métodos de pronósticos que se propusieron para la demanda de TAM-GFO, en la sección 4.1.2.2, se concluye que para éste producto

el mejor método para pronosticar su demanda es el Método de Descomposición ya que entrega pronósticos factibles y con un EPAM de 16.30%, al que de acuerdo al criterio de Ghiani (2004), se lo califica como bueno. Como se mencionó anteriormente, con el Método de Descomposición, el analista no deberá hacer esfuerzos suplementarios para determinar los factores que determinan el nivel actual de la serie ( $\alpha$ ), la tendencia de la serie ( $\beta$ ), y los factores estacionales ( $\gamma$ ), necesarios para el desarrollo del Método de Winters. Y a más de esto, el analista podrá obtener pronósticos que siguen de cerca el comportamiento de la demanda de este producto.

A continuación, en la Tabla 18, se hace un resumen de los métodos aplicados, sus diferentes escenarios y su respectiva calificación de acuerdo a Ghiani (2004).

Tabla 18. Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para TAM-GFO

Método de Pronóstico	Escenario	EPAM	Evaluación del Pronóstico	Valores del Pronóstico por Trimestre 2014 en m <sup>2</sup>
Método de Winters	alpha = 0.9 beta = 0.2 gamma = 0.9	7.14%	Muy Bueno	T2 = -334 T3 = -472 T4 = -734
	alpha = 0.2 beta = 0.5 gamma = 0.9	26.12%	Moderado	T2 = 4,690 T3 = 1,343 T4 = 581
Método de Descomposición		16.30%	Bueno	T2 = 6,297 T3 = 3,573 T4 = 5,774

Fuente: Generación Propia

En base a estos resultados, se sugiere que para pronosticar la demanda trimestral de producto TAM-GFO la Empresa XYZ utilice el Método de Descomposición de Series de Tiempo.

### 4.1.3.3 Evaluación de los Métodos de Pronósticos Propuestos para MVE-NGR

Una vez que se han desarrollado los dos métodos de pronósticos que se propusieron para la demanda de MVE-NGR, en la sección 1124.1.2.3, se concluye que para éste producto el mejor método para pronosticar su demanda es el Método de Descomposición ya que entrega pronósticos factibles y con un EPAM de 18.32%, al que de acuerdo al criterio de Ghiani (2004), se lo califica como bueno. Como se mencionó anteriormente, con el Método de Descomposición, el analista no deberá hacer esfuerzos suplementarios para determinar los factores que determinan el nivel actual de la serie ( $\alpha$ ), la tendencia de la serie ( $\beta$ ), y los factores estacionales ( $\gamma$ ), necesarios para el desarrollo del Método de Winters. Y a más de esto, el analista podrá obtener pronósticos que siguen de cerca el comportamiento de la demanda de este producto. A continuación, en la Tabla 19, se hace un resumen de los métodos aplicados para éste producto, sus diferentes escenarios y su respectiva calificación de acuerdo a Ghiani (2004).

Tabla 19. Evaluación de los Métodos de Pronóstico Propuestos para MVE-NGR

Método de Pronóstico	Escenario	EPAM	Evaluación del Pronóstico	Valores del Pronóstico por Trimestre del año 2014 en m <sup>2</sup>
Método de Winters	alpha = 0.9 beta = 0.3 gamma = 0.1	8.69%	Muy Bueno	T2 = -478 T3 = -252 T4 = -478
	alpha = 0.1 beta = 0.3 gamma = 0.9	26.73%	Moderado	T2 = 4,757 T3 = 1,344 T4 = 3,203
Método de Descomposición		18.32%	Bueno	T2 = 4,601 T3 = 1,349 T4 = 3,483

Fuente: Generación Propia

En base a estos resultados, se sugiere que para pronosticar la demanda trimestral de producto TAM-GFO la Empresa XYZ utilice el Método de Descomposición de Series de Tiempo.

#### **4.1.4 Comparación entre los métodos de pronóstico actual y propuesto**

Como se mencionó en la sección 2.2.1, para pronosticar la demanda trimestral de todos sus productos, la Empresa XYZ, hace un promedio del volumen de ventas durante los tres últimos trimestres y a este valor lo emplea como el pronóstico para el siguiente trimestre. Este método responde a las características de un Promedio Móvil Simple con parámetro  $m=3$ .

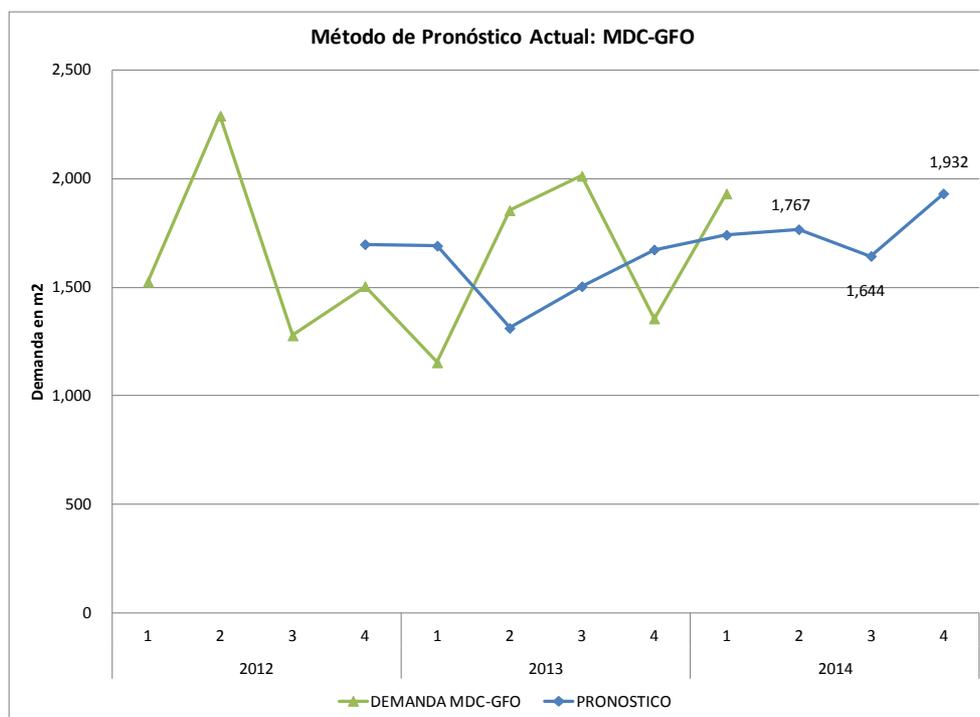
A continuación, para cada uno de los tres productos estudiados, se muestra los resultados de los pronósticos obtenidos en base a la metodología actual que emplea la Empresa XYZ y se los compara con resultados de los métodos de pronóstico propuestos en la sección 4.1.3.

##### **4.1.4.1 Comparación de Métodos de Pronóstico Actual vs Propuesto: MDC-GFO**

En la Figura 27, se muestran los resultados que se obtienen con la metodología actual que la Empresa XYZ emplea para hacer su pronóstico trimestral para el producto MDC-GFO.

En la figura antes mencionada, se puede ver que, el promedio móvil con  $m=3$ , no sigue adecuadamente el comportamiento de la demanda para este producto. Por esta razón, como se ve en el Anexo 21, el EPAM para éste método de pronóstico es de 24.69%, lo que según Ghiani (2004) califica como un pronóstico moderado.

Puesto que el método de descomposición tiene un EMAP de 18.09%, se concluye que el método de descomposición (propuesto) es mejor que el utilizado actualmente la Empresa XYZ para pronosticar la demanda trimestral del producto MDC-GFO.



Fuente: Generación Propia

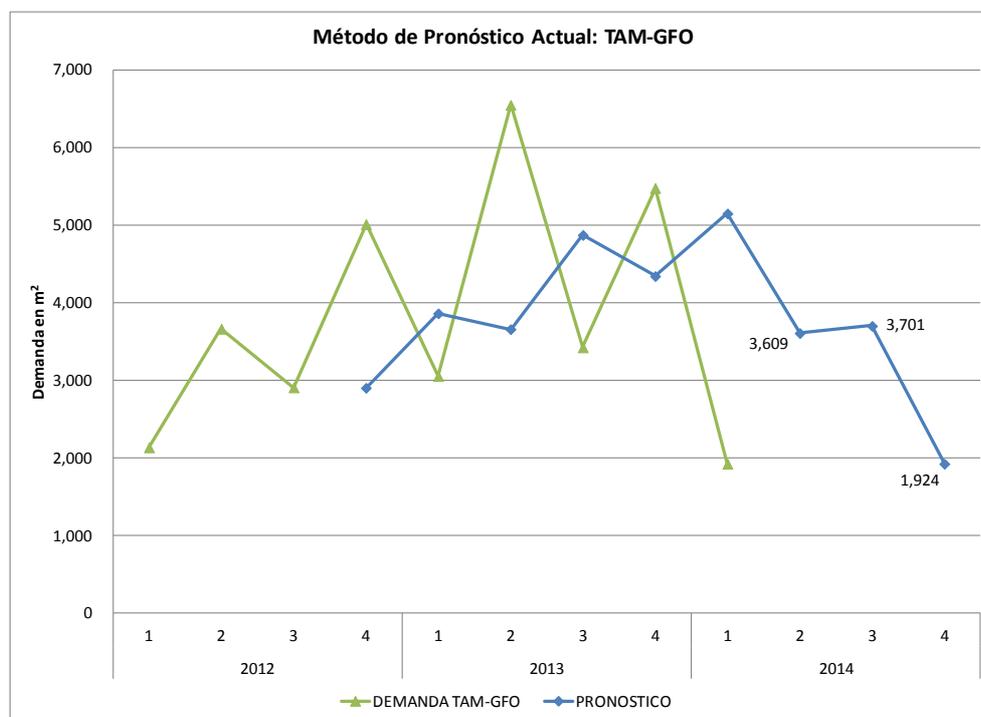
Figura 27. Pronóstico de MDC-GFO con Método de Promedio Móvil  $m = 3$

#### 4.1.4.2 Comparación de Métodos de Pronóstico Actual vs Propuesto: TAM-GFO

En la Figura 28, se muestran los resultados que se obtienen con la metodología actual que la Empresa XYZ emplea para hacer su pronóstico trimestral para el producto TAM-GFO.

En la figura antes mencionada, se puede ver que, el promedio móvil con  $m=3$ , no sigue adecuadamente el comportamiento de la demanda para este producto. Por esta razón, como se ve en el Anexo 22, el EPAM para éste método de pronóstico es de 48.52%, lo que según Ghiani (2004) califica como un pronóstico pobre.

Puesto que el método de descomposición tiene un EMAP de 16.30%, se concluye que el método de descomposición (propuesto) es mejor que el utilizado actualmente la Empresa XYZ para pronosticar la demanda trimestral del producto TAM-GFO.



Fuente: Generación Propia

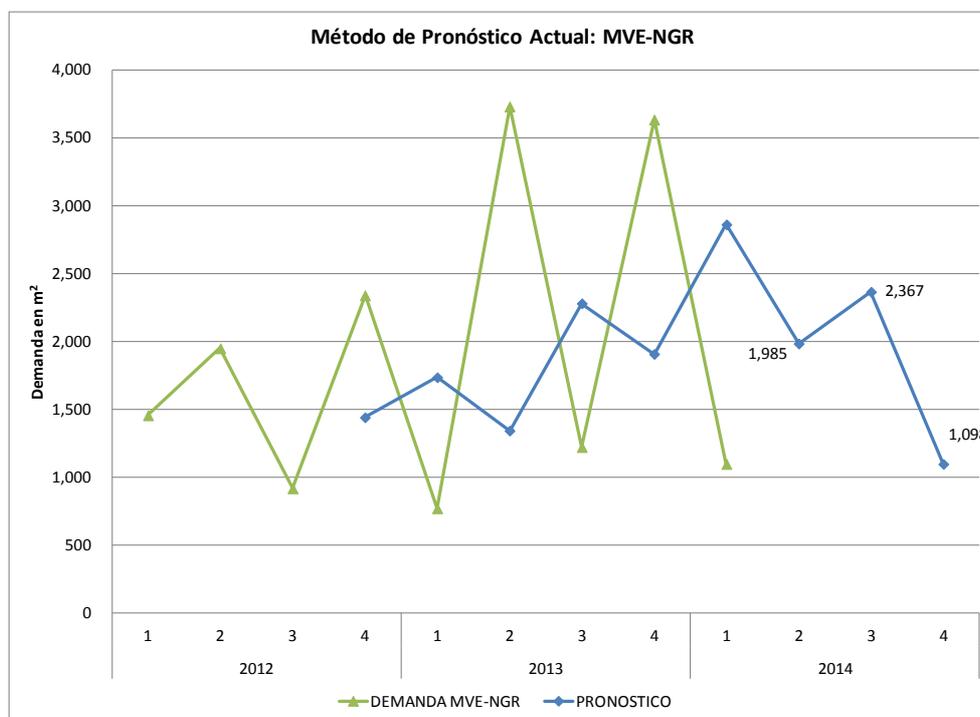
Figura 28. Pronóstico de TAM-GFO con Método de Promedio Móvil  $m = 3$

#### 4.1.4.3 Comparación de Métodos de Pronóstico Actual vs Propuesto: MVE-NGR

En la Figura 29, se muestran los resultados que se obtienen con la metodología actual que la Empresa XYZ emplea para hacer su pronóstico trimestral para el producto MVE-NGR.

En la figura antes mencionada, se puede ver que, el promedio móvil con  $m=3$ , no sigue adecuadamente el comportamiento de la demanda para este producto. Por esta razón, como se ve en el Anexo 23, el EPAM para éste método de pronóstico es de 82.37%, lo que según Ghiani (2004) califica como un pronóstico pobre.

Puesto que el método de descomposición tiene un EMAP de 18.32%, se concluye que el método de descomposición (propuesto) es mejor que el utilizado actualmente la Empresa XYZ para pronosticar la demanda trimestral del producto MVE-NGR.



Fuente: Generación Propia

Figura 29. Pronóstico de MVE-NGR con Método de Promedio Móvil  $m = 3$

## 4.2 Análisis de los Modelos de Control de Inventario de Materia Prima

En primer lugar, en esta sección, en base al pronóstico recomendado para la demanda para el segundo trimestre de 2014 de los tres productos bajo estudio, se muestra como, el Gerente Técnico, calcula las siguientes variables de control de inventario:

- Cantidad de Pedido
- Punto de reorden
- Stock de Seguridad

En segundo lugar, se presenta una nueva propuesta de modelo de control de inventario de materia prima para los tres productos bajo estudio. Luego en base al

pronóstico recomendado para la demanda para el segundo trimestre de 2014 de los tres productos bajo estudio se calcula: la cantidad de pedido, el punto de reorden y el stock de seguridad de las materias primas que conforma los productos antes mencionados.

Finalmente, se hace una comparación de los modelos de control de inventario de materia prima actual y propuesto a la luz de los costos de oportunidad y de mantener inventario que cada uno de ellos implica para la Empresa XYZ.

#### **4.2.1 Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual**

En base al modelo actual de control de inventario de materia prima que se especifica en la sección 2.2.2, a continuación, se muestran los resultados del mismo en cuanto a: la cantidad de pedido, el punto de reorden y el stock de seguridad de los componentes de materia prima de los productos: MDC-GFO, TAM-GFO y MVE-NGR.

##### **4.2.1.1 Resultados del Modelo de Control de Inventario Actual: Materia Prima de MDC-GFO**

En la sección 4.1.3.1, se determinó que el mejor método de pronóstico para la demanda trimestral de MDC-GFO es el Método de Descomposición de Series de Tiempo. En base a este método, en la sección antes citada, se estableció que el pronóstico para la demanda del segundo trimestre del año 2014 es de 1,966 m<sup>2</sup>. A continuación, en la Tabla 20, se muestran los resultados que se obtienen con el modelo actual.

Tabla 20. Resultados del Modelo de Inventario Actual para MDC-GFO

Materia Prima	Compuesto	Cantidad de Pedido (Q) en (kg)	Punto de Reorden en (kg)	Stock de Seguridad en (kg)	Monto Mínimo de Compra (en kg)	Materia Prima se utiliza en Segmento IIA	Origen Materia Prima
Fibra	C	963.26	1,123.81	321.09	4,000.00	no	Importado
	D	412.83	481.63	137.61	4,000.00	no	
Resina	1	550.44	207.94	183.48	1,000.00	si	Nacional
	2	62.71	23.69	20.90	1,000.00	si	
	3	807.96	305.23	269.32	3,000.00	si	
	4	104.19	39.36	34.73	1,000.00	si	
	5	0.14	0.05	0.05	180.00	si	
	6	5.50	2.08	1.83	240.00	si	
Aceite		1.97	2.62	0.66	1,000.00	si	Importado

Fuente: Generación Propia

#### 4.2.1.2 Resultados del Modelo de Control de Inventario Actual: Materia Prima de TAM-GFO

En la sección 4.1.3.2, se determinó que el mejor método de pronóstico para la demanda trimestral de TAM-GFO es el Método de Descomposición de Series de Tiempo. En base a este método, en la sección antes citada, se estableció que el pronóstico para la demanda del segundo trimestre del año 2014 es de 6,297 m<sup>2</sup>. A continuación, en la Tabla 21, se muestran los resultados que se obtienen con el modelo actual.

Tabla 21. Resultados del Modelo de Inventario Actual para TAM-GFO

Materia Prima	Compuesto	Cantidad de Pedido (Q) en (kg)	Punto de Reorden en (kg)	Stock de Seguridad en (kg)	Monto Mínimo de Compra (en kg)	Materia Prima se utiliza en Segmento IIA	Origen Materia Prima
Fibra	B	1,391.61	1,159.68	463.87	10,000.00	si	Importado
	F	2.46	2.87	0.82	2,000.00	si	
Resina	1	147.98	55.90	49.33	1,000.00	si	Nacional
	2	40.93	15.46	13.64	1,000.00	si	
Aceite		3.15	4.20	1.05	1,000.00	si	Importado

Fuente: Generación Propia

#### 4.2.1.3 Resultados del Modelo de Control de Inventario Actual: Materia Prima de MVE-NGR

En la sección 4.1.3.3, se determinó que el mejor método de pronóstico para la demanda trimestral de MVE-NGR es el Método de Descomposición de Series de Tiempo.

En base a este método, en la sección antes citada, se estableció que el pronóstico para la demanda del segundo trimestre del año 2014 es de 4,061 m<sup>2</sup>. A continuación, en la Tabla 22, se muestran los resultados que se obtienen con el modelo actual.

Tabla 22. Resultados del Modelo de Inventario Actual para MVE-NGR

Materia Prima	Compuesto	Cantidad de Pedido (Q) en (kg)	Punto de Reorden r en (kg)	Stock de Seguridad en (kg)	Monto Mínimo de Compra (en kg)	Materia Prima se utiliza en Segmento IIA	Origen Materia Prima
Fibra	A	1,279.34	1,066.12	426.45	10,000.00	si	Importado
	B	548.29	456.91	182.76	10,000.00	si	
Resina	1	160.83	60.76	53.61	1,000.00	si	Nacional
	2	115.34	43.57	38.45	1,000.00	si	
	3	127.53	48.18	42.51	3,000.00	si	
	4	151.90	57.38	50.63	1,000.00	si	
	5	0.81	0.31	0.27	180.00	si	
	6	1.22	0.46	0.41	240.00	si	
	7	51.58	19.49	17.19	45.36	si	
Aceite		3.05	4.06	1.02	1,000.00	si	Importado

Fuente: Generación Propia

#### 4.2.2 Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Propuesto

Uno de los objetivos específicos de este proyecto es proponer modelos de control de inventarios para las materias primas de los principales productos del Segmento APH. Para cumplir con este objetivo, en primer lugar, en la sección 3.3.1, se calculó los valores de los costos relacionados con el control de inventarios.

En segundo lugar, se necesita analizar la distribución de probabilidad de la demanda de los productos estudiados, ya que la teoría de inventarios, en algunos casos, asume que los datos estudiados están normalmente distribuidos alrededor de una media y que tienen una desviación estándar.

En tercer lugar, una vez establecida la distribución de probabilidad de la demanda, se puede elegir el modelo de control de inventarios que mejor se ajuste a las características particulares de la Empresa XYZ. Esto con la finalidad de determinar la política de

inventario óptima que especifique: la cantidad de pedido, el punto de reorden y el stock de seguridad de materia prima por cada uno de los tres productos estudiados.

#### **4.2.2.1 Análisis de la Distribución de Probabilidad de la Demanda**

Como se mencionó anteriormente, la Empresa XYZ vende sus alfombras por metro cuadrado. Esto permite que para el análisis de inventario se pueda utilizar el pronóstico de la demanda de materia prima en función del pronóstico de la demanda de producto terminado. Por ésta razón, se asume que el pronóstico de producto terminado por metro cuadrado guarda relación uno a uno con los requerimientos de materia prima.

Con la finalidad facilitar el desarrollo de los modelos de control de inventario, la teoría de inventarios, en algunos casos, asume que los datos estudiados están normalmente distribuidos alrededor de una media y una desviación estándar. En éste sentido, resulta importante aplicar una prueba de normalidad sobre los datos de los tres productos bajo estudio para de esta manera determinar si éstos últimos están distribuidos normalmente. En éste contexto, se aplicó la prueba de normalidad Anderson-Darling del programa Minitab.

Para la realización de la Prueba Anderson-Darling, en Minitab, se estableció un intervalo de confianza del 95% y se definió la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) de la siguiente manera:

*$H_0$ : Los datos siguen una distribución normal*

*$H_1$ : los datos no siguen una distribución normal*

En ésta prueba de hipótesis, se establece que si el Valor-P es menor a 0.05, la hipótesis nula es rechazada y, por lo tanto, la probabilidad de que los datos estén normalmente distribuidos es menor al 95%. Mientras tanto, se dice que si el Valor-P es mayor a 0.05 significa que la hipótesis nula es aceptada y, por lo tanto, la probabilidad de

que los datos estén normalmente distribuidos es mayor al 95%. A continuación, en la Tabla 23, se muestran los resultados, de la prueba antes mencionada, para los tres productos bajo estudio:

Tabla 23. Resultados de la Prueba Anderson-Darling

Producto	Valor-P	Conclusión
MDC-GFO	0.645	Se acepta $H_0$
TAM-GFO	0.506	Se acepta $H_0$
MVE-NGR	0.111	Se acepta $H_0$

Fuente: Generación Propia

En base a los Valores-P que arroja el software Minitab, se puede concluir que la probabilidad de que los datos de las demandas trimestrales de la MDC-GFO, del TAM-GFO, y de la MVE-NGR están normalmente distribuidos es mayor al 95%.

En el Anexo 24, en el Anexo 25, y en el Anexo 26 se presentan los gráficos de las pruebas Anderson-Darling realizadas en Minitab para los tres productos antes citados.

#### **4.2.2.2 Selección del Modelo de Control de Inventario de Materia Prima**

De todos los modelos de control de inventario que se describen en la sección 2.4.2, junto con el Gerente Técnico, se decidió aplicar el Modelo (Q, r) ya que, los tres productos principales del Segmento APH, cumplen con las siguientes características necesarias para la implementación de éste modelo:

- La demanda es estocástica y sigue una distribución normal (ver sección 5.5.1)
- Es posible acarrear inventario de periodo a periodo
- Es posible tener órdenes pendientes

- Es posible suponer tiempos de entrega fijos
- Es posible estimar un costo fijo asociado a la realización de un pedido de reabastecimiento

Como se mencionó en la sección 3.2.3, la Empresa XYZ busca garantizar una tasa de cumplimiento del 95% de las órdenes de compra generadas por sus clientes dentro del Segmento APH. Es decir, que el nivel de servicio de la empresa es del 95%.

Con la finalidad de poder comparar los resultados de los modelos de control de inventario de materia prima actual y propuesto, se utilizó el pronóstico de la demanda de cada producto para el segundo trimestre del 2014 (ver sección 4.1.4).

En base a esta información, a continuación, para todos los componentes de materia prima de los productos que conforman el alcance de este proyecto, se aplicó el proceso iterativo para el modelo de inventario (Q, r) para un Servicio Tipo 2, que se detalla en la sección 2.4.2.2.3.

#### **4.2.2.2.1 Resultados del Modelo (Q, r) para la Materia Prima de MDC-GFO**

El pronóstico para la demanda de MDC-GFO para el segundo trimestre del año 2014 es de 1,966 m<sup>2</sup>. En base a este dato y las variables asociadas al Modelo (Q, r) definidas en la sección 1.9.2.2.3, se aplicó el proceso iterativo que se describe en la sección antes mencionada. A continuación, en la Tabla 24, se muestran los resultados en cuanto a la cantidad de pedido y el punto de reorden que se obtienen del proceso iterativo, para cada materia prima. A más de esto, se detalla el stock de seguridad, el monto mínimo de compra establecido por el proveedor, y el origen de la materia prima. Finalmente, se establece si la materia prima empleada para la elaboración de este producto es utilizada o no para la

elaboración de productos del Segmento IIA. El detalle de las variables empleadas y del proceso iterativo se muestra en el Anexo 27.

Tabla 24. Resultados Modelo (Q, r) Materia Prima MDC-GFO

Materia Prima	Compuesto	Cantidad de Pedido (Q) en (kg)	Punto de Reorden r en (kg)	Stock de Seguridad en (kg)	Monto Mínimo de Compra (en kg)	Materia Prima se utiliza en Segmento IIA	Origen Materia Prima
Fibra	C	157.33	902.87	213.84	4,000.00	no	Importado
	D	68.12	386.94	91.65	4,000.00	no	
Resina	1	21.25	49.00	28.00	1,000.00	si	Nacional
	2	4.26	4.88	2.49	1,000.00	si	
	3	30.98	72.25	41.42	3,000.00	si	
	4	5.45	8.69	4.72	1,000.00	si	
	5	2.94	0.01	0.00	180.00	si	
	6	2.94	0.21	0.00	240.00	si	
Aceite		2.94	1.72	0.04	1,000.00	si	Importado

Fuente: Generación Propia

De la sección 1.9.2.2.3, se destaca que para dar por finalizado el proceso iterativo, se tiene que cumplir con la siguiente condición:  $|Q_i - Q_{i-1}| \leq 1$  y  $|R_i - R_{i-1}| \leq 1$ . A esta condición se la llama la convergencia del modelo. En el caso de las Fibras C, D y la Resina 3 esta condición no se cumple, para su valor de Q, en el orden de los cientos de gramos. En el caso de las Resinas 1 y 4, la condición antes mencionada no se cumple en el orden de décimas de gramos. Este fenómeno se debe a que para encontrar los valores de z,  $L(z)$  y  $1-F(z)$  se utilizó la Tabla A-4 del libro de Nahmias (2007) la misma que carece de un número de decimales lo suficientemente amplio como para procurar la convergencia de los datos. En este sentido, una vez que se llegó a un valor de R igual a cero, se buscó el menor valor posible de Q antes de que el valor de R vuelva a ser diferente de cero. Sin embargo, las diferencias en gramos son mínimas en comparación a las cantidades a ordenar, por lo que acepta los resultados obtenidos a pesar de no cumplir con todas las condiciones de convergencia.

En el caso de la MDC-GFO, todos sus componentes a excepción de la Fibras C y D, se utilizan para la elaboración de los productos del Segmento IIA. Esto implica que, por

un lado, para las resinas y el aceite que componen la MDC-GFO la cantidad de pedido ( $Q$ ), el punto de reorden ( $r$ ), y el stock de seguridad le sirven, al Gerente Técnico, para hacer un análisis marginal de estas variables a fin de determinar el mix de materia prima que necesita comprar. De este modo, se deberá poner especial atención en la cantidad a ordenar de Aceite, puesto que esta materia prima es de origen importado y su tiempo de reabastecimiento es el más largo de todos (12 semanas).

Por otro lado, para las Fibras C y D, el monto mínimo de compra abastecerá a un solo producto. Como se puede ver en la Tabla 24, el monto mínimo de compra para estas fibras supera ampliamente al tamaño de compra sugerido por el modelo ( $Q, r$ ). Por este motivo, se concluye que aunque el modelo es útil para determinar la cantidad de pedido, el punto de reorden y el stock de seguridad, no es aplicable a la realidad de la empresa. Cabe acotar que al momento, el Gerente Técnico está evaluando la posibilidad de comprar las fibras C y D a un nuevo proveedor local. Según el éste funcionario, el precio que ofrece el proveedor local por estas dos fibras es 50% más caro que el precio que ofrece el proveedor actual en el extranjero. A más de esto, el monto mínimo de compra que ofrece el potencial proveedor local es de 1000 kg; esto es la cuarta parte del monto mínimo de compra que exige el proveedor actual. Si bien este nuevo escenario escapa al alcance de este proyecto, se recomienda, a la Empresa XYZ, hacer una evaluación económica de estas alternativas empleando los estimados del costo de mantener inventario y el costo de oportunidad que se calcularon en la sección 3.3.1. Esto con la finalidad de tomar la mejor decisión posible en cuanto a esto producto que es el más rentable del Segmento APH.

#### 4.2.2.2.2 Resultados del Modelo (Q, r) para la Materia Prima de TAM-GFO

El pronóstico para la demanda de TAM-GFO para el segundo trimestre del año 2014 es de 6,297 m<sup>2</sup>. En base a este dato y las variables asociadas al Modelo (Q, r) definidas en la sección 1.9.2.2.3, se aplicó el proceso iterativo que se describe en la sección antes mencionada. A continuación, en la Tabla 25, se muestran los resultados en cuanto a la cantidad de pedido y el punto de reorden que se obtienen del proceso iterativo, para cada materia prima. A más de esto, se detalla el stock de seguridad, el monto mínimo de compra establecido por el proveedor, y el origen de la materia prima. Finalmente, se establece si la materia prima empleada para la elaboración de este producto es utilizada o no para la elaboración de productos del Segmento IIA. El detalle de las variables empleadas y del proceso iterativo se muestra en el Anexo 28.

Tabla 25. Resultados Modelo (Q, r) Materia Prima TAM-GFO

Materia Prima	Compuesto	Cantidad de Pedido (Q) en (kg)	Punto de Reorden r en (kg)	Stock de Seguridad en (kg)	Monto Mínimo de Compra (en kg)	Materia Prima se utiliza en Segmento IIA	Origen Materia Prima
Fibra	B	245.94	782.31	335.28	10,000.00	si	Importado
	F	1.53	1.77	0.45	2,000.00	si	
Resina	1	8.11	14.77	10.55	1,000.00	si	Nacional
	2	2.73	3.86	2.69	1,000.00	si	
Aceite		1.68	2.78	0.75	1,000.00	si	Importado

Fuente: Generación Propia

En el caso del TAM-GFO, la única materia prima para la que no se cumple la condición de convergencia ( $|Q_i - Q_{i-1}| \leq 1$  y  $|R_i - R_{i-1}| \leq 1$ ), para su valor de Q en el orden de los cientos de gramos, es la Fibra B. Como se mencionó para el análisis producto MDC-GFO, este fenómeno se debe a que para encontrar los valores de z, L(z) y 1-F(z) se utilizó la Tabla A-4 del libro de Nahmias (2007) la misma que carece de un número de decimales lo suficientemente amplio como para procurar la convergencia de los datos. En

este sentido, una vez que se llegó a un valor de  $R$  igual a cero, se buscó el menor valor posible de  $Q$  antes de que el valor de  $R$  vuelva a ser diferente de cero. Sin embargo, las diferencias en gramos son mínimas en comparación a las cantidades a ordenar, por lo que acepta los resultados obtenidos a pesar de no cumplir con todas las condiciones de convergencia.

En la séptima columna de la Tabla 25, se puede observar que para el TAM-GFO, todos sus componentes se utilizan para la elaboración de los productos del Segmento IIA. Esto implica que la cantidad de pedido ( $Q$ ), el punto de reorden ( $r$ ), y el stock de seguridad le sirven, al Gerente Técnico, para hacer un análisis marginal de estas variables a fin de determinar el mix de materia prima que necesita comprar a cada uno de sus proveedores. De este modo, se deberá poner especial atención en la cantidad a ordenar de Fibras y Aceite, puesto que estas materias primas son de origen importado y sus tiempos de reabastecimiento son de 6 semanas para la Fibra B, 10 semanas para la Fibra F, y 12 semanas para el Aceite.

#### **4.2.2.2.3 Resultados del Modelo ( $Q, r$ ) para la Materia Prima de MVE-NGR**

El pronóstico para la demanda de MVE-NGR para el segundo trimestre del año 2014 es de 4,061 m<sup>2</sup>. En base a este dato y las variables asociadas al Modelo ( $Q, r$ ) definidas en la sección 1.9.2.2.3, se aplicó el proceso iterativo que se describe en la sección antes mencionada. A continuación, en la Tabla 26, se muestran los resultados en cuanto a la cantidad de pedido y el punto de reorden que se obtienen del proceso iterativo, para cada materia prima. A más de esto, se detalla el stock de seguridad, el monto mínimo de compra establecido por el proveedor, y el origen de la materia prima. Finalmente, se establece si la materia prima empleada para la elaboración de este producto es utilizada o no para la

elaboración de productos del Segmento IIA. El detalle de las variables empleadas y del proceso iterativo se muestra en el Anexo 29.

Tabla 26. Resultados Modelo (Q, r) Materia Prima MVE-NGR

Materia Prima	Compuesto	Cantidad de Pedido (Q) en (kg)	Punto de Reorden r en (kg)	Stock de Seguridad en (kg)	Monto Mínimo de Compra (en kg)	Materia Prima se utiliza en Segmento IIA	Origen Materia Prima
Fibra	A	263.31	692.97	359.28	10,000.00	si	Importado
	B	112.88	296.99	153.98	10,000.00	si	
Resina	1	10.39	16.98	13.26	1,000.00	si	Nacional
	2	7.71	12.03	9.36	1,000.00	si	
	3	8.53	13.38	10.43	3,000.00	si	
	4	9.92	16.04	12.52	1,000.00	si	
	5	2.22	0.02	0.00	180.00	si	
	6	2.22	0.03	0.00	240.00	si	
	7	4.30	5.04	3.85	45.36	si	
Aceite		2.71	2.43	0.74	1,000.00	si	Importado

Fuente: Generación Propia

En el caso del MVE-NGR, las Fibras A y B no cumplen con la condición de convergencia para su valor de Q en el orden de los cientos de gramos. En este mismo sentido las Resinas 2 y 4 tampoco cumplen con la condición de convergencia para su valor de Q en el orden de décimas de gramos. Como se mencionó anteriormente, este fenómeno se debe a que para encontrar los valores de  $z$ ,  $L(z)$  y  $1-F(z)$  se utilizó la Tabla A-4 del libro de Nahmias (2007) la misma que carece de un número de decimales lo suficientemente amplio como para procurar la convergencia de los datos. En este sentido, una vez que se llegó a un valor de R igual a cero, se buscó el menor valor posible de Q antes de que el valor de R vuelva a ser diferente de cero. Sin embargo, las diferencias en gramos son mínimas en comparación a las cantidades a ordenar. Por esta razón, se acepta los resultados obtenidos a pesar de no cumplir con todas las condiciones de convergencia.

En la séptima columna de la Tabla 26, se puede observar que para la MVE-NGR, todos sus componentes se utilizan para la elaboración de los productos del Segmento IIA.

Esto implica que la cantidad de pedido ( $Q$ ), el punto de reorden ( $r$ ), y el stock de seguridad le sirven, al Gerente Técnico, para hacer un análisis marginal de estas variables a fin de determinar el mix de materia prima que necesita comprar a cada uno de sus proveedores. De este modo, se deberá poner especial atención en la cantidad a ordenar de Fibras y Aceite, puesto que estas materias primas son de origen importado y sus tiempos de reabastecimiento son de 6 semanas para la Fibra B, 10 semanas para la Fibra F, y 12 semanas para el Aceite.

### **4.2.3 Comparación de los Modelos de Control de Inventario Actual vs. Propuesto**

Una vez que se ha establecido la cantidad de pedido, el punto de reorden, y el stock de seguridad para la materia prima que conforma cada uno de los tres productos bajo estudio, tanto para el Modelo de Control de Inventarios de Materia Prima Actual (ver sección 4.2.1) como para el Modelo Propuesto (ver sección 4.2.2), se procede a comparar los resultados obtenidos. Para esto, en primer lugar, se evalúa la tasa de variación que existe entre la cantidad de pedido de materia prima que se obtuvo en base al modelo actual y al propuesto, por cada producto. Del mismo modo, se establece la tasa de variación que existe entre el punto de reorden de materia prima que se obtuvo en base al modelo actual y al propuesto.

En segundo lugar, se estima el costo de oportunidad que representa, por un lado, mantener, en la bodega de materia prima, tanto el stock de seguridad del modelo actual como el stock de seguridad del modelo propuesto. Por otro lado, se evalúa el costo de oportunidad comprar las cantidades de pedido establecidas por los dos modelos antes mencionados.

Finalmente, se define el costo de mantener en inventario el stock de seguridad que se establece en base a los dos modelos antes mencionados.

#### 4.2.3.1 Cantidad de Pedido

##### MDC-GFO

Como se puede observar, en la Tabla 27, para casi todos los componentes de la MDC-GFO, el Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual (Modelo Actual) sobre estima las cantidades a pedir de estos materiales, con respecto al Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Propuesto (Modelo Propuesto). Esto implica que la Empresa XYZ está pidiendo más materia prima de lo que realmente necesita.

Tabla 27. Comparación de Cantidades de Pedido para MDC-GFO

Materia Prima	Compuesto	Cantidad de Pedido (Q) Actual en (kg)	Cantidad de Pedido (Q) Propuesta en (kg)	Porcentaje de Variación	Monto Mínimo de Compra (en kg)	Materia Prima se utiliza en Segmento IIA	Origen Materia Prima
Fibra	C	963.265	157.331	83.67%	4,000.00	no	Importado
	D	412.828	68.115	83.50%	4,000.00	no	
Resina	1	550.437	21.246	96.14%	1,000.00	si	Nacional
	2	62.711	4.264	93.20%	1,000.00	si	
	3	807.963	30.983	96.17%	3,000.00	si	
	4	104.190	5.445	94.77%	1,000.00	si	
	5	0.138	2.936	-2033.55%	180.00	si	
	6	5.504	2.936	46.66%	240.00	si	
Aceite		1.96585	2.93893	-49.50%	1,000.00	si	Importado

Fuente: Generación Propia

Como se menciona en la sección 4.2.2.2.1, las fibras C y D son los únicos componentes que no se comparten con ningún otro producto de los Segmentos IIA y APH. Esto refuerza la recomendación, que se hizo en la sección antes mencionada, que consiste en evaluar la posibilidad de comprar estas fibras al potencial proveedor local ya que el monto mínimo de compra que éste último ofrece es cuatro veces menor al monto mínimo

de compra del proveedor actual en el extranjero y las cantidades que se están comprando actualmente son más del 80% de lo que realmente se necesita.

En la misma Tabla 27, se puede constatar que los dos únicos componentes que el Modelo Actual no sobre estima con respecto al Modelo Propuesto (Modelo  $(Q, r)$ ) son: la Resina 5 y el Aceite. Esto se da porque, en la formulación de la MDC-GFO, para un metro cuadrado de producto se necesita a penas 0.07 gramos de Resina 5 y 1 gramo de Aceite. En este sentido, mientras que para calcular la cantidad de pedido el Modelo Actual hace una relación directamente proporcional con el pronóstico de la demanda trimestral, el Modelo  $(Q, r)$  calcula la cantidad económica de pedido que toma en cuenta el costo fijo de pedido y la demanda multiplicada por dos, lo que aumenta considerablemente este valor.

#### **TAM-GFO**

Como se puede observar en la Tabla 28, para todos los componentes del TAM-GFO, el Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual (Modelo Actual) sobre estima las cantidades a pedir de estos materiales, con respecto al Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Propuesto (Modelo Propuesto). Esto implica que la Empresa XYZ está pidiendo más materia prima de lo que realmente necesita.

Puesto que toda la materia prima se utiliza también para la elaboración de productos del Segmento IIA, es importante para la empresa que las cantidades de pedido sean lo más cercanas posible al escenario real, especialmente en el caso de las fibras y el aceite que son importadas, ya que los tiempos de reabastecimiento son más largos.

En el mismo sentido, si se ordena más materia prima de la que se necesita para la elaboración de éste producto, se tendrá más material en inventario que representará un costo de mantenimiento mayor.

Tabla 28. Comparación de Cantidades de Pedido para TAM-GFO

Materia Prima	Compuesto	Cantidad de Pedido (Q) Actual en (kg)	Cantidad de Pedido (Q) Propuesta en (kg)	Porcentaje de Variación	Monto Mínimo de Compra (en kg)	Materia Prima se utiliza en Segmento IIA	Origen Materia Prima
Fibra	B	1,391.615	245.943	82.3%	10,000.00	si	Importado
	F	2.456	1.531	37.7%	2,000.00	si	
Resina	1	147.977	8.106	94.5%	1,000.00	si	Nacional
	2	40.930	2.732	93.3%	1,000.00	si	
Aceite		3.148	1.684	46.5%	1,000.00	si	Importado

Fuente: Generación Propia

### MVE-NGR

Como se puede observar en la Tabla 29, para casi todos los componentes de la MVE-NGR, el Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual (Modelo Actual) sobre estima las cantidades a pedir de estos materiales, con respecto al Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Propuesto (Modelo Propuesto). Esto implica que, al igual que para los productos MDC-GFO y TAM-GFO, la Empresa XYZ está pidiendo más materia prima de lo que realmente necesita.

Los dos únicos componentes que el Modelo Actual no sobre estima con respecto al Modelo Propuesto (Modelo (Q, r)) son: las Resinas 5 y 6. Esto se da porque, en la formulación de la MVE-NGR, para un metro cuadrado de producto se necesita a penas 0.2 gramos de Resina 5 y 0.3 gramos de Resina 6. En este sentido, mientras que para calcular la cantidad de pedido el Modelo Actual hace una relación directamente proporcional con el pronóstico de la demanda trimestral, el Modelo (Q, r) calcula la cantidad económica de pedido que toma en cuenta el costo fijo de pedido y la demanda multiplicada por dos, lo que aumenta considerablemente este valor.

Tabla 29. Comparación de Cantidades de Pedido para MVE-NGR

Materia Prima	Compuesto	Cantidad de Pedido (Q) Actual en (kg)	Cantidad de Pedido (Q) Propuesta en (kg)	Porcentaje de Variación	Monto Mínimo de Compra (en kg)	Materia Prima se utiliza en Segmento IIA	Origen Materia Prima
Fibra	A	1,279.345	263.312	79.4%	10,000.00	si	Importado
	B	548.291	112.883	79.4%	10,000.00	si	
Resina	1	160.832	10.388	93.5%	1,000.00	si	Nacional
	2	115.344	7.706	93.3%	1,000.00	si	
	3	127.528	8.529	93.3%	3,000.00	si	
	4	151.897	9.924	93.5%	1,000.00	si	
	5	0.812	2.219	-173.2%	180.00	si	
	6	1.218	2.219	-82.2%	240.00	si	
	7	51.580	4.298	91.7%	45.36	si	
Aceite		3.046	2.715	10.9%	1,000.00	si	Importado

Fuente: Generación Propia

En el caso de la MVE-NGR, la materia prima necesaria para la confección de este producto, se utiliza también para la elaboración de productos del Segmento IIA. Por lo tanto, es importante para la empresa que las cantidades de pedido sean lo más cercanas posible al escenario real, especialmente en el caso de las fibras y el aceite que son importadas, ya que los tiempos de reabastecimiento son más largos.

Así, como sucede para el TAM-GFO, si se ordena más materia prima de la que se necesita para la elaboración de MVE-NGR, se tendrá más material en inventario que representará un costo de mantenimiento mayor.

#### 4.2.3.2 Punto de Reorden

Como se puede ver en la Tabla 30, en la Tabla 31, y en la Tabla 32 el punto de reorden que se obtiene en base al Modelo de Control de Inventario Actual es siempre más grande que el que se obtiene en base al Modelo Propuesto (Modelo (Q, r)).

Esto se debe a que en el Modelo Actual el punto de reorden a más de la demanda durante el tiempo de reabastecimiento, también incluye el stock de seguridad (ver sección 2.2.2). Mientras tanto, el Modelo (Q, r), asumiendo la normalidad de la distribución de los

datos, toma en cuenta la demanda y la desviación estándar de la misma durante el periodo de reabastecimiento. Esto tiene como consecuencia que el punto de reorden según Modelo Actual siempre va a ser mayor que el punto de reorden calculado en base al Modelo Propuesto.

Tabla 30. Comparación del Punto de Reorden para MDC-GFO

Materia Prima	Compuesto	Punto de Reorden Actual (en kg)	Punto de Reorden Propuesto (en kg)	Porcentaje de Variación
Fibra	C	1,123.809	902.868	19.66%
	D	481.632	386.943	19.66%
Resina	1	207.943	48.999	76.44%
	2	23.691	4.879	79.41%
	3	305.230	72.246	76.33%
	4	39.361	8.690	77.92%
	5	0.052	0.005	89.90%
	6	2.079	0.210	89.90%
Aceite		2.621	1.725	34.20%

Fuente: Generación Propia

Tabla 31. Comparación del Punto de Reorden para TAM-GFO

Materia Prima	Compuesto	Punto de Reorden Actual (en kg)	Punto de Reorden Propuesto (en kg)	Porcentaje de Variación
Fibra	B	1,159.679	782.307	32.5%
	F	2.865	1.768	38.3%
Resina	1	55.902	14.772	73.6%
	2	15.462	3.856	75.1%
Aceite		4.198	2.777	33.8%

Fuente: Generación Propia

Tabla 32. Comparación del Punto de Reorden para MVE-NGR

Materia Prima	Compuesto	Punto de Reorden Actual (en kg)	Punto de Reorden Propuesto (en kg)	Porcentaje de Variación
Fibra	A	1,066.121	692.967	35.0%
	B	456.909	296.986	35.0%
Resina	1	60.759	16.985	72.0%
	2	43.574	12.030	72.4%
	3	48.177	13.384	72.2%
	4	57.383	16.041	72.0%
	5	0.307	0.019	93.9%
	6	0.460	0.028	93.9%
	7	19.486	5.042	74.1%
Aceite		4.061	2.431	40.1%

Fuente: Generación Propia

#### 4.2.3.3 Costo de Oportunidad

En la sección 3.3.1.4, se define al Costo de Oportunidad ( $C_{op}$ ) de la siguiente forma:

$$C_{op} = (P_{pg} \times G_{m^2}) \times (1 + \text{tasa de interés})$$

Donde,

- $P_{pg}$ : es el precio por gramo de materia prima
- $G_{m^2}$ : son los gramos por metro cuadrado de materia prima

En esta misma sección se estableció que la tasa de interés anual para el cálculo de este costo sería 4.53% anual que equivale a una tasa de interés trimestral de 1.1325%.

En base a esta información, se calcula el costo de oportunidad de la cantidad a ordenar y del stock de seguridad que se obtienen en base al Modelo Actual y al Modelo Propuesto.

#### 4.2.3.3.1 Costo de Oportunidad de la Cantidad de Pedido

A continuación, en la Tabla 33, en la Tabla 34, y en la Tabla 35, se presentan los costos de oportunidad de la cantidad de Pedido de cada materia prima que conforman los productos: MDC-GFO, TAM-GFO y MVE-NGR.

En la Tabla 33, se puede ver que el costo de oportunidad de la cantidad a ordenar sugerida por el Modelo Actual para la MDC-GFO, es 86.30% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, el ahorro que en este caso el Modelo Propuesto implica, para la Empresa XYZ, es de \$4,803.25.

Tabla 33. Comparación Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido para MDC-GFO

Materia Prima	Compuesto	Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido (Q) Actual en (kg)	Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido (Q) Propuesta en (kg)	Porcentaje de Variación
Fibra	C	\$ 2,605.82	\$ 425.61	83.67%
	D	\$ 1,116.78	\$ 184.27	83.50%
Resina	1	\$ 1,360.36	\$ 52.51	96.14%
	2	\$ 293.21	\$ 19.94	93.20%
	3	\$ 143.91	\$ 5.52	96.17%
	4	\$ 1.16	\$ 0.06	94.77%
	5	\$ 1.88	\$ 40.20	-2033.55%
	6	\$ 30.64	\$ 16.34	46.66%
Aceite		\$ 12.28	\$ 18.35	-49.50%
Costo de Oportunidad Cantidad de Pedido		\$ 5,566.05	\$ 762.80	86.30%

Fuente: Generación Propia

Del mismo modo, en la Tabla 34, se puede ver que el costo de oportunidad de la cantidad a ordenar sugerida por el Modelo Actual para la TAM-GFO, es 83.95% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, el ahorro que en este caso el Modelo Propuesto implica, para la Empresa XYZ, es de \$2,630.09

Tabla 34. Comparación Costo de Oportunidad de Cantidad a Ordenar para TAM-GFO

Materia Prima	Compuesto	Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido (Q) Actual en (kg)	Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido (Q) Propuesta en (kg)	Porcentaje de Variación
Fibra	B	\$ 2,603.64	\$ 460.15	82.33%
	F	\$ 5.34	\$ 3.33	37.66%
Resina	1	\$ 332.23	\$ 18.20	94.52%
	2	\$ 173.85	\$ 11.60	93.32%
Aceite		\$ 17.86	\$ 9.55	46.51%
Costo de Oportunidad Cantidad de Pedido		\$ 3,132.93	\$ 502.83	83.95%

Fuente: Generación Propia

Tabla 35. Comparación Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido para MVE-NGR

Materia Prima	Compuesto	Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido (Q) Actual	Costo de Oportunidad de Cantidad de Pedido (Q) Propuesta	Porcentaje de Variación
Fibra	A	\$ 2,393.59	\$ 492.64	79.42%
	B	\$ 1,025.82	\$ 211.20	79.41%
Resina	1	\$ 361.09	\$ 23.32	93.54%
	2	\$ 489.93	\$ 32.73	93.32%
	3	\$ 20.64	\$ 1.38	93.30%
	4	\$ 1.54	\$ 0.10	93.47%
	5	\$ 10.10	\$ 27.61	-173.22%
	6	\$ 6.16	\$ 11.22	-82.15%
	7	\$ 488.78	\$ 40.73	91.67%
Aceite		\$ 17.28	\$ 15.40	10.87%
Costo de Oportunidad Cantidad de Pedido		\$ 4,814.93	\$ 856.33	82.22%

Fuente: Generación Propia

Finalmente, en la Tabla 34, se puede ver que el costo de oportunidad de la cantidad a ordenar sugerida por el Modelo Actual para la MVE-NGR, es 82.22% más alto que el

costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, el ahorro que en este caso el Modelo Propuesto implica, para la Empresa XYZ, es de \$3,958.60

#### 4.2.3.3.2 Costo de Oportunidad del Stock de Seguridad

A continuación, en la Tabla 36, en la Tabla 37, y en la Tabla 38 se presenta el costo de oportunidad del stock de seguridad de cada materia prima que conforma los productos: MDC-GFO, TAM-GFO y MVE-NGR.

Tabla 36. Comparación del Costo de Oportunidad del Stock de Seguridad de MDC-GFO

Materia Prima	Compuesto	Precio por gramo	Costo de Oportunidad Stock de Seguridad Actual	Costo de Oportunidad Stock de Seguridad Propuesto	Porcentaje de Variación
Fibra	C	\$ 0.00243	\$ 868.61	\$ 578.49	33.4%
	D	\$ 0.00243	\$ 372.26	\$ 247.93	33.4%
Resina	1	\$ 0.00222	\$ 453.45	\$ 69.20	84.7%
	2	\$ 0.00420	\$ 97.74	\$ 11.63	88.1%
	3	\$ 0.00016	\$ 47.97	\$ 7.38	84.6%
	4	\$ 0.00001	\$ 0.39	\$ 0.05	86.4%
	5	\$ 0.01230	\$ 0.63	\$ -	100.0%
	6	\$ 0.00500	\$ 10.21	\$ -	100.0%
Aceite		\$ 0.00561	\$ 4.09	\$ 0.23	94.3%
Costo de Oportunidad del Producto			\$ 1,855.35	\$ 914.91	50.7%

Fuente: Generación Propia

Como se puede ver en la Tabla 36, el costo de oportunidad del stock de seguridad sugerido por el Modelo Actual para la MDC-GFO, es 50.7% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, el ahorro que en este caso el Modelo Propuesto implica, para la Empresa XYZ, es de \$940.44

Esta diferencia se debe a que, en el Modelo Actual, el stock de seguridad debe garantizar un mes de producción de MDC-GFO, mientras que en el Modelo Propuesto este valor es igual a la diferencia entre el punto de reorden y la demanda durante el periodo de

reabastecimiento. En este sentido, el stock de seguridad del Modelo Actual siempre será mayor al del Modelo Propuesto.

Por la misma razón, en la Tabla 37, se puede constatar que el costo de oportunidad del stock de seguridad sugerido por el Modelo Actual para la TAM-GFO, es 36.1% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, el ahorro que en este caso el Modelo Propuesto implica, para la Empresa XYZ, es de \$376.65

Tabla 37. Comparación del Costo de Oportunidad del Stock de Seguridad de TAM-GFO

Materia Prima	Compuesto	Precio por gramo	Costo de Oportunidad Stock de Seguridad Actual	Costo de Oportunidad Stock de Seguridad Propuesto	Porcentaje de Variación
Fibra	B	\$ 0.00185	\$ 867.88	\$ 627.30	27.7%
	F	\$ 0.00215	\$ 1.78	\$ 0.99	44.6%
Resina	1	\$ 0.00222	\$ 110.74	\$ 23.68	78.6%
	2	\$ 0.00420	\$ 57.95	\$ 11.41	80.3%
Aceite		\$ 0.00561	\$ 5.95	\$ 4.28	28.1%
Costo de Oportunidad del Producto			\$ 1,044.31	\$ 667.66	36.1%

Fuente: Generación Propia

Finalmente, en la Tabla 38, se puede observar que el costo de oportunidad del stock de seguridad sugerido por el Modelo Actual para la MVE-NGR, es 33.2% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, el ahorro que en este caso el Modelo Propuesto implica, para la Empresa XYZ, es de \$532.75

Tabla 38. Comparación del Costo de Oportunidad del Stock de Seguridad de MVE-NGR

Materia Prima	Compuesto	Precio por gramo	Costo de Oportunidad Stock de Seguridad Actual	Costo de Oportunidad Stock de Seguridad Propuesto	Porcentaje de Variación
Fibra	A	\$ 0.00185	\$ 797.86	\$ 672.20	15.7%
	B	\$ 0.00185	\$ 341.94	\$ 288.09	15.7%
Resina	1	\$ 0.00222	\$ 120.36	\$ 29.76	75.3%
	2	\$ 0.00420	\$ 163.31	\$ 39.74	75.7%
	3	\$ 0.00016	\$ 6.88	\$ 1.69	75.5%
	4	\$ 0.00001	\$ 0.51	\$ 0.13	75.3%
	5	\$ 0.01230	\$ 3.37	\$ -	100.0%
	6	\$ 0.00500	\$ 2.05	\$ -	100.0%
	7	\$ 0.00937	\$ 162.93	\$ 36.45	77.6%
Aceite		\$ 0.00561	\$ 5.76	\$ 4.18	27.5%
Costo de Oportunidad del Producto			\$ 1,604.98	\$ 1,072.23	33.2%

Fuente: Generación Propia

#### 4.2.3.4 Costo de Mantener en Inventario el Stock de Seguridad

En la sección 3.3.1.3, el costo de mantener inventario por producto se estima en base al volumen de espacio que ocupa el producto a lo largo de un año y se lo multiplica por el costo trimestral de mantener inventario en la bodega de materia prima.

En este sentido, para determinar el costo de mantener inventario de la materia prima de cada producto, se multiplica a la cantidad total, en gramos, necesaria para elaborar un metro cuadrado de producto por el costo estimado de mantener en inventario de dicho producto. Una vez establecido este costo, se lo multiplica por la cantidad en gramos del stock de seguridad establecido tanto por el Modelo Actual como por el Modelo Propuesto. Finalmente, se calcula la tasa de variación entre estas dos propuestas.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para la materia prima de cada producto.

## MDC-GFO

En el Anexo 6, se detalla que el costo de mantener inventario de la MDC-GFO es de \$26.62. Para la elaboración de un metro cuadrado de MDC-GFO se necesitan, en total, 1479.77 gramos de materia prima. Por lo tanto, el costo de mantener inventario de la materia prima de este producto es igual a 0.01799 dólares por gramo. Con esta información, en la Tabla 39, se presentan los costos de mantener en inventario el stock de seguridad de cada producto que se obtienen en base al Modelo Actual y al Modelo Propuesto.

Tabla 39. Comparación Costo de Mantener en Inventario Stock de Seguridad de MDC-GFO

Materia Prima	Compuesto	Costo de Mantener Stock de Seguridad Actual	Costo de Mantener Stock de Seguridad Propuesto	Porcentaje de Variación
Fibra	C	\$ 5,777.12	\$ 3,847.56	33.4%
	D	\$ 2,475.91	\$ 1,648.95	33.4%
Resina	1	\$ 3,301.21	\$ 503.78	84.7%
	2	\$ 376.10	\$ 44.74	88.1%
	3	\$ 4,845.71	\$ 745.30	84.6%
	4	\$ 624.87	\$ 84.85	86.4%
	5	\$ 0.83	\$ -	100.0%
	6	\$ 33.01	\$ -	100.0%
Aceite		\$ 11.79	\$ 0.67	94.3%
Costo de Mantener Inventario del Producto		\$ 17,446.54	\$ 6,875.85	60.6%

Fuente: Generación Propia

Como se puede observar, en la tabla antes mencionada, el costo de mantener en inventario el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual es 60.6% más alto que el costo proyectado por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, el ahorro que el Modelo Propuesto implica, para la Empresa XYZ, es de \$10,570.69.

## TAM-GFO

En el Anexo 7, se detalla que el costo de mantener inventario de la TAM-GFO es de \$77.27. Para la elaboración de un metro cuadrado de TAM-GFO se necesitan, en total, 251.89 gramos de materia prima. Por lo tanto, el costo de mantener inventario de la materia prima de este producto es igual a 0.3067 dólares por gramo.

Con esta información, en la Tabla 40, se presentan los costos de mantener en inventario el stock de seguridad de cada producto que se obtienen en base al Modelo Actual y al Modelo Propuesto. Como se puede observar, en la tabla antes mencionada, el costo de mantener en inventario, el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual para el TAM-GFO, es 33.9% más alto que el costo proyectado por el Modelo Propuesto.

Tabla 40. Comparación Costo de Mantener en Inventario Stock de Seguridad de TAM-GFO

Materia Prima	Compuesto	Costo de Mantener Stock de Seguridad Actual	Costo de Mantener Stock de Seguridad Propuesto	Porcentaje de Variación
Fibra	B	\$ 142,305.36	\$ 102,857.02	27.7%
	F	\$ 251.13	\$ 139.13	44.6%
Resina	1	\$ 15,132.02	\$ 3,235.39	78.6%
	2	\$ 4,185.45	\$ 824.43	80.3%
Aceite		\$ 321.96	\$ 231.40	28.1%
Costo de Mantener Inventario del Producto		\$ 162,195.92	\$ 107,287.38	33.9%

Fuente: Generación Propia

Puesto que el volumen de demanda de TAM-GFO es de 18,510 metros cuadrados, esto implica que el costo de mantener en inventario este producto sea mucho más alto que

para la MDC-GFO (6,377 m<sup>2</sup>) y la MVE-NGR (9,361 m<sup>2</sup>). Esto hace que el ahorro que el Modelo Propuesto implica para la empresa sea de \$54, 906.54.

### MVE-NGR

En el Anexo 8, se detalla que el costo de mantener inventario de la MVE-NGR es de \$39.08. Para la elaboración de un metro cuadrado de este producto se necesitan, en total, 600.75 gramos de materia prima. Por lo tanto, el costo de mantener inventario de la materia prima de este producto es igual a 0.0650 dólares por gramo.

Con esta información, en la Tabla 41, se presentan los costos de mantener en inventario el stock de seguridad de cada producto que se obtienen en base al Modelo Actual y al Modelo Propuesto.

Tabla 41. Comparación Costo de Mantener en Inventario Stock de Seguridad de MVE-NGR

Materia Prima	Compuesto	Costo de Mantener Stock de Seguridad Actual	Costo de Mantener Stock de Seguridad Propuesto	Porcentaje de Variación
Fibra	A	\$ 27,741.05	\$ 23,371.90	15.7%
	B	\$ 11,889.02	\$ 10,016.53	15.7%
Resina	1	\$ 3,487.45	\$ 862.31	75.3%
	2	\$ 2,501.10	\$ 608.61	75.7%
	3	\$ 2,765.30	\$ 678.32	75.5%
	4	\$ 3,293.70	\$ 814.40	75.3%
	5	\$ 17.61	\$ -	100.0%
	6	\$ 26.42	\$ -	100.0%
	7	\$ 1,118.45	\$ 250.21	77.6%
Aceite		\$ 66.05	\$ 47.87	27.5%
Costo de Mantener Inventario del Producto		\$ 52,906.14	\$ 36,650.16	30.7%

Fuente: Generación Propia

Como se puede observar, en la tabla antes mencionada, el costo de mantener en inventario el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual es 30.7% más alto que el

costo proyectado por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, el ahorro que el Modelo Propuesto implica, para la Empresa XYZ, es de \$16,255.98

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

En base a la Categorización ABC del Segmento APH se concluye que (Ver sección 2.1.3.24.2.3.3.1):

- La categorización de productos por la utilidad permite tomar en cuenta tanto el volumen de ventas como la rentabilidad de cada producto.
- La Categoría de Productos A está conformada por el 20.59% de los productos (los siete primeros productos) que representan el 64.20% de la Utilidad Total entre los años 2012 y 2014.
- La Categoría B está conformada por 32.35% de los productos (los cuatro productos siguientes) que representan el 76.30 % de la Utilidad Total.
- la Categoría C está conformada por los 23 últimos productos de la lista.
- Dentro de la Categoría de Productos A, existen tres tipos de familias que son predominantes que son: MDC, TAM y MVE. Dentro de ésta categoría hay dos colores que reinan en la misma que son: GFO y NGR.
- Dentro de la Categoría A, los tres primeros productos que representan el 8.82% de la participación (MDC-GFO, TAM-GFO, MVE-NGR) le dieron a la empresa, entre el 2012 y el 2014 el 36.32% de su utilidad total. Por lo tanto, se los considera como los principales productos a ser estudiados.

En lo concerniente a los Métodos de Pronóstico de la Demanda se concluye que:

- El Modelo de Pronóstico de la Demanda Actual (Promedio Móvil Trimestral con  $m=3$ ) no caracteriza adecuadamente el comportamiento de la demanda de ninguno de los tres productos estudiados. En consecuencia, el

EPAM de este método de pronóstico para MDC-GFO es de 24.69%, para TAM-GFO es de 48.52%, y para MVE-NGR es de 82.37% (Ver sección 4.2.3.3.1).

- Según el criterio de Ghiani (2004) el método de pronóstico actual para la demanda de MDC-GFO califica como moderado, mientras que para TAM-GFO y MVE-NGR califica como pobre (Ver sección 4.2.3.3.1).
- De los dos métodos de pronósticos propuestos por cada producto, Método de Winters y Método de Descomposición de Series de tiempo, se eligió a éste último como el mejor para caracterizar la demanda de los tres productos estudiados. Esto se debe a que el EPAM de éste método de pronóstico para MDC-GFO es de 18.09%, para TAM-GFO es de 16.30%, y para MVE-NGR es de 18.02%, lo que según el criterio de Ghiani (2004) califican como pronósticos buenos (Ver sección 4.2.3.3.1).
- Existe una diferencia entre los dos métodos propuestos que hace optar por el Método de Descomposición como el mejor para pronosticar la demanda de los tres productos estudiados. En caso del Método de Winters , según Nahmias (2007), es el investigador quien decide los valores que le asigna a los factores que determinan el nivel actual de la serie ( $\alpha$ ), la tendencia de la serie ( $\beta$ ), y los factores estacionales ( $\gamma$ ). Mientras que en el Método de Descomposición estos factores se establecen directamente de los datos de la demanda trimestral de cada producto. Así el Método de Descomposición resulta ser más fácil de aplicar que el Método de Winters y menos propenso a generar errores por el criterio del investigador al elegir el valor de las variables  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$ .

- El Modelo de Pronóstico de la Demanda Propuesto (Método de Descomposición) es mejor que el Método de Pronóstico de la Demanda Actual (Promedio Móvil Trimestral con  $m=3$ ) ya que para todos los productos el EPAM del Método de Descomposición es menor que el EPAM del Método Actual y caracteriza de mejor manera la tendencia, la estacionalidad y los ciclos en la demanda de los tres productos estudiados.

En lo que tiene que ver con los Modelos de Control de Inventario de Materia Prima de los tres productos bajo estudio se concluye que:

- El Modelo de Pronóstico de la Demanda Actual, para los tres productos bajo estudio, en algunas ocasiones subestima y en otras sobrestima la demanda de los tres productos bajo estudio. Puesto que el Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual utiliza como referencia el pronóstico de la demanda trimestral como base para estimar las cantidades de pedido, el punto de reorden y el stock de seguridad de la materia prima esto tiene como consecuencia que en ocasiones haya falta de materia prima para cumplir con la demanda de los productos estudiados (Ver sección 4.2.3.3.1).
- Los montos mínimos de compra impuestos por los proveedores exceden las cantidades de compra trimestrales de materia prima que requieren los tres productos principales del Segmento APH. Sin embargo, el 90% de la materia prima que se utiliza para confeccionar productos del Segmento APH, se utiliza también para la elaboración de productos del Segmento IIA que es el que mayor volumen de ventas le representa a la empresa. Por lo tanto, en este caso, los modelos de control de inventario sirven como una

guía para completar los pedidos necesarios para la producción agregada de los dos segmentos de productos de la empresa (Ver sección 4.2.3.3.1).

- De los tres productos estudiados, el único que no comparte en su totalidad materia prima con los productos del Segmento IIA es la MDC-GFO. Específicamente se trata de las fibras C y D que se compran exclusivamente para la elaboración de este producto. Por esta razón, siempre se tendrá en inventario estas dos fibras y su rotación será mínima (Ver sección 4.2.3.3.1).
- El Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Actual sobre estima las cantidades de pedido, el punto de reorden, y el stock de seguridad, con respecto al Modelo Propuesto. Esto tiene consecuencias negativas en el costo de oportunidad tanto de las cantidades a ordenar como del stock de seguridad. Así mismo, conlleva consecuencias negativas para el costo de mantener en inventario el stock de seguridad (Ver sección 4.2.3.3.1).
- El costo de oportunidad de la Cantidad de Pedido planteado por el Modelo Actual es más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Esto se debe a que mientras el Modelo Actual toma como referencia directa el pronóstico trimestral como la cantidad necesaria de materia prima, el Modelo  $(Q, r)$  calcula la cantidad económica de pedido óptima para la que se toma en consideración el costo fijo de pedido, el costo de mantener inventario, y la demanda, lo que siempre dará un valor menor para la cantidad a ordenar propuesta por el Modelo  $(Q, r)$  (Ver sección 4.2.3.3.1).

En este sentido:

- El costo de oportunidad, de la Cantidad de Pedido sugerida por el Modelo Actual para la MDC-GFO, es 86.30% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$4,803.25
- El costo de oportunidad, de la Cantidad de Pedido sugerida por el Modelo Actual para la TAM-GFO, es 83.95% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, la diferencia entre estos dos costos es de \$2,630.09
- El costo de oportunidad, de la cantidad a ordenar sugerida por el Modelo Actual para la MVE-NGR, es 82.22% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, la diferencia entre estos dos costos es de \$3,958.60
- El costo de oportunidad del stock de seguridad planteado por el Modelo Actual es más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Esto se debe a que el Modelo Actual establece que el stock de seguridad es un mes de producción. Mientras tanto, el Modelo (Q,r) hace la relación entre la diferencia entre la cantidad a ordenar con la demanda promedio durante el tiempo de reabastecimiento. Esto hace que el valor para el stock de seguridad propuesto por el Modelo (Q, r) siempre sea menor al valor planteado por el Modelo Actual (Ver sección 4.2.3.3.2). De esta forma:
  - El costo de oportunidad, del stock de seguridad sugerido por el Modelo Actual para la MDC-GFO, es 50.7% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$855.33.

- El costo de oportunidad, del stock de seguridad sugerido por el Modelo Actual para la TAM-GFO, es 36.1% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$377.09.
- El costo de oportunidad, del stock de seguridad sugerido por el Modelo Actual para la MVE-NGR, es 33.2% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$533.37.
- El costo de mantener inventario se estimó en base al volumen de ventas anuales de cada producto. Puesto que el volumen de demanda anual de TAM-GFO es de 18,510 m<sup>2</sup>, esto implica que el costo de mantener en inventario este producto es mucho más alto que para la MDC-GFO (6,377 m<sup>2</sup>) y la MVE-NGR (9,361 m<sup>2</sup>) (Ver sección 4.2.3.4).
- El costo de mantener en inventario el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual es más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto (Ver sección 4.2.3.4). De esta manera:
  - El costo de mantener en inventario, el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual para la MDC-GFO es 60.6% más alto que el costo proyectado por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$10,570.69.
  - El costo de mantener en inventario, el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual para el TAM-GFO, es 33.9% más alto que el costo proyectado por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, la diferencia entre estos dos costos es de \$54,906.54.

- El costo de mantener en inventario, el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual para al MVE-NGR, es 30.7% más alto que el costo proyectado por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, la diferencia entre estos dos costos es de \$16,255.98.

## 5.2 Tabla Resumen: Objetivos vs. Conclusiones

A continuación, en la Tabla 42, se hace un resumen de los objetivos que se plantearon al inicio de este proyecto cotejados con de los resultados que se obtuvieron a lo largo del mismo sintetizados en las conclusiones del estudio.

Tabla 42. Resumen de los Objetivos Planteados y las Conclusiones de este Proyecto

Objetivos Específicos	Conclusiones
1.5.1 Hacer una Categorización ABC en base a la utilidad que generan los productos del Segmento APH y elegir como alcance del estudio a los productos que representen por lo menos un tercio de la utilidad de este segmento.	Dentro de la Categoría A, los tres primeros productos que representan el 8.82% de la participación (MDC-GFO, TAM-GFO, MVE-NGR) le dieron a la empresa, entre el 2012 y el 2014 el 36.32% de su utilidad total. Por lo tanto, se los considera como los principales productos a ser estudiados (Ver sección 2.1.3.2).
1.5.2 Identificar los métodos de pronóstico empleados actualmente por la empresa para estimar la demanda de los principales productos del Segmento APH.	En la sección 2.2.1, se hace un resumen del método que utiliza la Empresa XYZ para pronosticar la demanda de sus productos. Este último es un Promedio Móvil Trimestral con parámetro $m=3$ .
1.5.3 Identificar los modelos de control de inventario de materia prima que utiliza actualmente la empresa para definir las cantidades de compra, punto de reorden y stock de seguridad de los componentes necesarios para la elaboración de los principales productos del Segmento APH	En la sección 2.2.2, se hace un resumen del método que utiliza la Empresa XYZ para estimar la cantidad a ordenar, el punto de reorden y el stock de seguridad de la materia prima de los tres productos bajo estudio.
1.5.4 Estudiar el comportamiento de la demanda de los principales productos del Segmento APH con la finalidad de proponer modelos de pronóstico de la demanda de cada uno de los productos principales del segmento, con un Error Porcentual Absoluto Medio (EPAM) que	De los dos métodos de pronósticos propuestos por cada producto, Método de Winters y Método de Descomposición de Series de tiempo, se eligió a éste último como el mejor para caracterizar la demanda de los tres productos estudiados. Esto se debe a que el EPAM de éste método de pronóstico para MDC-GFO es de 18.09%, para TAM-GFO es de 16.30%, y para MVE-NGR es de 18.02%, lo

se sitúe entre el 10% y el 20%	que según el criterio de Ghiani (2004) califican como pronósticos buenos (Ver sección 4.2.3.3.1).
1.5.5 Estimar los costos relacionados con el control de inventarios de la Empresa XYZ	<p>En la sección 3.3.1 se hace el cálculo de todas las variables relacionadas con los Modelos de Control de Inventarios para la Empresa XYZ entre los que se destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo fijo de Pedido</li> <li>• Costo de Mantener Inventario</li> <li>• Costo de Mantener Inventario por Materia Prima</li> <li>• Tiempo de Reabastecimiento</li> <li>• Costo de Oportunidad</li> <li>• Demanda promedio por materia prima en tiempo de reabastecimiento</li> <li>• Desviación de la Demanda por materia prima en tiempo de reabastecimiento</li> </ul>
1.5.6 Proponer un modelo de control de inventario de las materias primas de los principales productos del Segmento APH que optimice: la cantidad de pedido, el punto de reorden y el stock de seguridad de las mismas.	<p>De todos los modelos de control de inventario que sugiere la literatura, se decidió aplicar el Modelo (Q,r) ya que, los tres productos principales del Segmento APH, cumplen con las siguientes características necesarias para la implementación de éste modelo (Ver sección 4.1.2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La demanda es estocástica y sigue una distribución normal</li> <li>• Es posible acarrear inventario de periodo a periodo</li> <li>• Es posible tener órdenes pendientes</li> <li>• Es posible suponer tiempos de entrega fijos</li> <li>• Es posible estimar un costo fijo asociado a la realización de un pedido de reabastecimiento</li> </ul>
1.5.7 Reducir el costo de oportunidad de las cantidades de pedido y del stock de seguridad de la materia prima de los principales productos del Segmento APH en un 20%.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo de oportunidad, de la Cantidad de Pedido sugerida por el Modelo Actual para la MDC-GFO, es 86.30% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$4,803.25</li> <li>• El costo de oportunidad, de la Cantidad de Pedido sugerida por el Modelo Actual para la TAM-GFO, es 83.95% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, la diferencia entre estos dos costos es de \$2,630.09</li> <li>• El costo de oportunidad, de la cantidad a ordenar sugerida por el Modelo Actual para la MVE-NGR, es 82.22% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, la diferencia entre estos dos costos es de \$3,958.60</li> <li>• El costo de oportunidad, del stock de seguridad sugerido por el Modelo Actual para la MDC-</li> </ul>

	<p>GFO, es 50.7% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$855.33.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo de oportunidad, del stock de seguridad sugerido por el Modelo Actual para la TAM-GFO, es 36.1% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$377.09.</li> <li>• El costo de oportunidad, del stock de seguridad sugerido por el Modelo Actual para la MVE-NGR, es 33.2% más alto que el costo sugerido por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$533.37.</li> </ul>
<p>1.5.8 Reducir el costo de mantener en inventario el stock de seguridad de la materia prima de los principales productos del Segmento APH en un 20%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo de mantener en inventario, el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual para la MDC-GFO es 60.6% más alto que el costo proyectado por el Modelo Propuesto. Por consiguiente, la diferencia entre estos dos costos es de \$10,570.69.</li> <li>• El costo de mantener en inventario, el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual para el TAM-GFO, es 33.9% más alto que el costo proyectado por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, la diferencia entre estos dos costos es de \$54,906.54.</li> <li>• El costo de mantener en inventario, el stock de seguridad planteado por el Modelo Actual para al MVE-NGR, es 30.7% más alto que el costo proyectado por el Modelo Propuesto. Por lo tanto, la diferencia entre estos dos costos es de \$16,255.98.</li> </ul>

Fuente: Generación Propia

### 5.3 Recomendaciones

En base al presente estudio, se le recomienda a la Empresa XYZ:

- Comprar e implementar un software de ERP que le permita visualizar a la empresa, la evolución de la demanda y los movimientos en inventario de sus productos, y sus costos a fin de tener información en tiempo real que le facilite la toma de decisiones.

- Llevar un registro de la demanda real de sus productos en el que se discrimine las unidades vendidas de las unidades pendientes a entregar. De esta forma, la Empresa XYZ podrá evaluar su nivel de servicio real y las posibles causas de desabastecimiento de sus productos.
- Continuar monitoreando el comportamiento de la demanda de los tres productos estudiados a lo largo de este proyecto y validar la aplicabilidad de los modelos de pronóstico de demanda propuestos.
- Realizar un análisis del comportamiento de la demanda de los principales productos del Segmento IIA. Esto con la finalidad de identificar características como tendencia, estacionalidad y ciclos que resultan determinantes al momento de decidir qué método de pronóstico utilizar para disminuir el error en estas cifras.
- Revisar la aplicabilidad del Método de Descomposición para pronosticar la demanda de los productos del Segmento IIA, ya que para los principales productos del Segmento APH resultó ser mejor que el Método de Pronóstico Actual.
- Utilizar las estimaciones del costo de fijo de pedido y del costo de mantener inventario por producto que se realizó en este trabajo para la toma de decisiones en cuanto al manejo y control del inventario de materia prima de la empresa.
- Evaluar si resulta económicamente viable comprar las Fibras C y D del producto MDC-GFO a un potencial proveedor local que al momento ofrece un monto mínimo de compra cuatro veces menor al proveedor internacional, con un menor tiempo de reabastecimiento pero a un costo 50%. mayor.

- Considerar al Modelo de Control de Inventario de Materia Prima Propuesto, como una herramienta para determinar de mejor manera las cantidades a ordenar, el punto de reorden y el stock de seguridad de su materia prima.

## CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE REFERENCIA

- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro* (5ta edición ed.). México: Prentice Hall.
- Banco Central del Ecuador. (20 de 03 de 2015). Obtenido de <http://www.bce.fin.ec/index.php/indicadores-economicos>
- Castro, C., Vélez, M., & Castro. (28 de Noviembre de 2011). Calificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos. *ITECKNE*, págs. 163-170.
- Chopra, S., & Meindt, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, Planeación y Operación*. México : Pearson Education.
- DMAIC. (s.f). Obtenido de <http://www.tech-faq.com/dmaic.html>
- Elsayed, E. A. (1994). *Analysis and Control of Production Systems*. New Jersey: Prentice Hall.
- George, M. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide To Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, an Complexity*. New York: McGraw-Hill.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. San Francisco: Jhon Wiley & Sons Ltd.
- Hopp, W., & Sperman. (2001). *Factory Physics* (2da edición ed.). New York: McGraw-Hill.
- León, V., & Zapata, G. (Mayo de 2010). *Universidad San Francisco de Quito*. Obtenido de Repositorio Digital de Tesis USFQ: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/638>
- Metodología DMAIC. (s.f). Recuperado el 4 de Abril de 2013, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20189/Capitulo2.pdf>
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México DF: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A DE CV.
- Navarrete, D., & Guilcapi, D. (Julio de 2010). *Universidad San Francisco de Quito*. Obtenido de Repositorio Digital de Tesis USFQ: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/649>
- Rovira, C. (7 de Febrero de 2014). Obtenido de [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/diagramadepareto/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/diagramadepareto/)
- SENPLADES. (16 de Abril de 2014). *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*. Obtenido de [http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz\\_productiva\\_WEBtodo.pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz_productiva_WEBtodo.pdf)
- Superintendencia de Bancos. (03 de 02 de 2015). Obtenido de [http://www.sbs.gob.ec/practg/sbs\\_index?vp\\_art\\_id=70&vp\\_tip=2#t](http://www.sbs.gob.ec/practg/sbs_index?vp_art_id=70&vp_tip=2#t)
- Taylor, D. (2008). *Logistics Engineering Handbook*. Boca Raton: CRC Press.
- The DMAIC Process. (s.f). Recuperado el 10 de 2013, de <http://asq.org/learn-about-quality/six-sigma/overview/dmaic.html>

## ANEXOS

## Anexo 1. Categorización ABC de los Productos del Segmento AFH

Participación	Productos	Utilidad en \$/m <sup>2</sup>	% Utilidad acumulada	% de participación acumulada	Utilidad Acumulada	Participación Acumulada
1	MDC-GFO	\$ 24,956.25	15.48%	2.94%	\$ 24,956.25	1
1	TAM-GFO	\$ 18,159.12	26.74%	5.88%	\$ 43,115.37	2
1	MVE-NGR	\$ 15,435.66	36.32%	8.82%	\$ 58,551.03	3
1	MVE-GRS	\$ 13,238.24	44.53%	11.76%	\$ 71,789.26	4
1	TAM-NGR	\$ 11,608.44	51.73%	14.71%	\$ 83,397.71	5
1	VFR-GFO	\$ 11,580.24	58.91%	17.65%	\$ 94,977.95	6
1	MVE-GFO	\$ 8,531.32	64.20%	20.59%	\$ 103,509.28	7
1	MBL-GFO	\$ 5,789.55	67.80%	23.53%	\$ 109,298.83	8
1	MVE-BGE	\$ 4,958.19	70.87%	26.47%	\$ 114,257.02	9
1	MBN-NGR	\$ 4,529.24	73.68%	29.41%	\$ 118,786.26	10
1	MBL-GRS	\$ 4,230.17	76.30%	32.35%	\$ 123,016.43	11
1	BFL-GFO	\$ 3,938.85	78.75%	35.29%	\$ 126,955.28	12
1	MBL-ARN	\$ 3,688.56	81.04%	38.24%	\$ 130,643.84	13
1	MBL-RJ1	\$ 3,407.43	83.15%	41.18%	\$ 134,051.28	14
1	MBL-TAB	\$ 3,242.61	85.16%	44.12%	\$ 137,293.89	15
1	FLT-NRM	\$ 3,189.31	87.14%	47.06%	\$ 140,483.19	16
1	MBL-LAD	\$ 3,076.11	89.05%	50.00%	\$ 143,559.31	17
1	MBL-AZL	\$ 2,334.72	90.49%	52.94%	\$ 145,894.02	18
1	TAM-GRS	\$ 2,152.80	91.83%	55.88%	\$ 148,046.82	19
1	VFR-GRS	\$ 1,910.11	93.01%	58.82%	\$ 149,956.93	20
1	MBL-VRD	\$ 1,866.03	94.17%	61.76%	\$ 151,822.97	21
1	MBL-AZM	\$ 1,612.39	95.17%	64.71%	\$ 153,435.35	22
1	MBL-ZFR	\$ 1,537.28	96.13%	67.65%	\$ 154,972.63	23
1	VFR-NGR	\$ 1,443.30	97.02%	70.59%	\$ 156,415.93	24
1	BFL-RJ1	\$ 1,246.83	97.79%	73.53%	\$ 157,662.76	25
1	BFL-AZL	\$ 1,189.25	98.53%	76.47%	\$ 158,852.01	26
1	BFL-GRS	\$ 621.85	98.92%	79.41%	\$ 159,473.86	27
1	BFL-VRD	\$ 490.39	99.22%	82.35%	\$ 159,964.25	28
1	BFL-NGR	\$ 361.28	99.45%	85.29%	\$ 160,325.53	29
1	BFL-ARN	\$ 346.15	99.66%	88.24%	\$ 160,671.68	30
1	BFL-BGE	\$ 301.36	99.85%	91.18%	\$ 160,973.04	31
1	VFR-ARN	\$ 173.01	99.95%	94.12%	\$ 161,146.05	32
1	MBL-NGR	\$ 71.65	100.00%	97.06%	\$ 161,217.70	33
1	BFL-CHT	\$ 0.97	100.00%	100.00%	\$ 161,218.67	34

**Anexo 2. Demanda Mensual 2012-2014 de los Principales Productos del Segmento APH**

<b>AÑO</b>	<b>Mes</b>	<b>MDC-GFO</b>	<b>TAM-GFO</b>	<b>MVE-NGR</b>
2012	Ene	801	1,694	625
	Feb	302	242	297
	Mar	422	200	534
	Abr	766	513	722
	May	939	2,438	700
	Jun	585	714	528
	Jul	594	500	248
	Ago	427	1,825	453
	Sep	258	584	218
	Oct	717	4,501	845
	Nov	321	400	496
	Dic	467	113	1,000
2013	Ene	211	1,556	228
	Feb	400	1,138	220
	Mar	542	362	324
	Abr	734	4,923	2,800
	May	419	409	231
	Jun	702	1,219	701
	Jul	544	511	720
	Ago	426	1,199	2
	Sep	1,044	1,714	500
	Oct	562	796	304
	Nov	489	482	331
	Dic	305	4,201	3,000
2014	Ene	597	1,103	687
	Feb	156	309	292
	Mar	1,178	512	119

Fuente: Kardex de Productos Empresa XYZ

**Anexo 3. Demanda Trimestral 2012-2014 de los Productos Principales del Segmento APH**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>MDC-GFO</b>	<b>TAM-GFO</b>	<b>MVE-NGR</b>
2012	1	1,526	2,136	1,456
	2	2,290	3,665	1,950
	3	1,278	2,909	919
	4	1,505	5,014	2,341
2013	1	1,154	3,055	772
	2	1,855	6,551	3,732
	3	2,013	3,425	1,222
	4	1,356	5,479	3,635
2014	1	1,932	1,924	1,098

#### Anexo 4. Costo Fijo de Pedido de Materia Prima

Costos	Descripción del Costo	Mensual		Trimestral	
		Valor	Unidades	Valor	Unidades
Costo fijo de pedido A	# de pedidos mensuales	15	pedidos/mes	45	pedidos/trimestre
	Salario Gerente Técnico (pedido y control inventario)	18.75	\$/hora	18.75	\$/hora
	Salario Asistente (pedido y control inventario)	3.94	\$/hora	3.94	\$/hora
	Salario Bodeguero (control inventario)	3.94	\$/hora	3.94	\$/hora
	# horas laboradas	160	horas/mes	480	horas/trimestre
	% de tiempo dedicado a Pedidos Gerente Técnico	0.075	7.50%	0.075	7.50%
	% de tiempo dedicado a Pedidos Asistente	0.075	7.50%	0.075	7.50%
	% de tiempo dedicado a Control Inventarios Gerente Técnico	0.025	2.50%	0.025	2.50%
	% de tiempo dedicado a Control Inventarios Asistente	0.100	10.00%	0.100	10.00%
	% de tiempo dedicado a Control Inventarios Bodeguero	0.100	10.00%	0.100	10.00%
	A	31.56	\$/pedido	31.56	\$/pedido

### Anexo 5. Costo de Mantenimiento de la Bodega de Materia Prima (BMP)

Costos	Descripción del Costo	Costos Mensuales		Costos Trimestrales	
		Valor	Unidades	Valor	Unidades
Costo asociado a trabajo de Bodeguero en la BMP		\$ 315.50	\$/mes	946.5	\$/trimestre
Bodeguero	Salario mensual	\$ 631.00	\$/mes	1893	\$/trimestre
	# de bodegas	2	Bodegas	2	Bodegas
Costo Mantenimiento		\$ 5.91	\$/bodega	\$ 17.73	\$/bodega
	Salario 1 persona mantenimiento	\$ 3.94	\$/hora	\$ 3.94	\$/hora
	% de tiempo dedicado a mantenimiento BMP	0.01875	1.87%	0.01875	1.87%
	# horas laboradas	160.00	horas/mes	480	horas/trimestre
	# de bodegas	2	Bodegas	2	Bodegas
Costo Servicios Básicos BMP		\$ 473.48	\$/bodega	\$ 1,420.43	\$/bodega
	Luz	\$ 1,600.00	\$/mes	4800	\$/trimestre
	Agua	\$ 40.00	\$/mes	120	\$/trimestre
	Teléfono	\$ 100.00	\$/mes	300	\$/trimestre
	Internet	\$ 30.00	\$/mes	90	\$/trimestre
	Área de Bodegas Materia Prima	0.2675	26.75%	0.2675	26.75%
Costos Mantenimiento BMP		\$ 794.89	\$/mes	\$ 2,384.66	\$/trimestre

### Anexo 6. MDC-GFO: Costo de Mantener Inventario por Materia Prima

Costos Mantenimiento Trimestral BMP	\$2,384.66	\$/trimestre
-------------------------------------	------------	--------------

Porcentaje de Representación de cada Producto en la BMP			
Producto	Volumen Ventas 2013	Fracción	%
MDC-GFO	6,377	0.011164916	1.12%
TAM-GFO	18,510	0.032404762	3.24%
MVE-NGR	9,361	0.016387955	1.64%
Volumen Total Ventas Productos Empresa XYZ	571,200	1	100.00%

Costo de Mantenimiento BMP por Producto	
Producto	Costo en \$ / trimestre
MDC-GFO	\$ 26.62
TAM-GFO	\$ 77.27
MVE-NGR	\$ 39.08

MDC-GFO					
Materia Prima	Compuesto	Formulacion en gramos/ m <sup>2</sup>	Fracción	%	Costo Mantenimiento por Materia Prima en BMP
Fibra	C	490.00	0.33113	33.1%	\$ 8.82
	D	210.00	0.14191	14.2%	\$ 3.78
Resina	1	280.00	0.18922	18.9%	\$ 5.04
	2	31.90	0.02156	2.2%	\$ 0.57
	3	411.00	0.27775	27.8%	\$ 7.39
	4	53.00	0.03582	3.6%	\$ 0.95
	5	0.07	4.7E-05	0.0047%	\$ 0.00126
	6	2.80	0.00189	0.2%	\$ 0.05
Aceite		1.00	0.00068	0.1%	\$ 0.02
<b>PESO TOTAL en gramos / m<sup>2</sup></b>		1479.77	1	100.0%	\$ 26.62

### Anexo 7. TAM-GFO: Costo de Mantener Inventario por Materia Prima

Costos Mantenimiento Trimestral BMP	\$2,384.66	\$/trimestre
-------------------------------------	------------	--------------

Porcentaje de Representación del Producto en la BMP			
Producto	Volumen Ventas 2013	Fracción	%
MDC-GFO	6,377	0.011164916	1.12%
TAM-GFO	18,510	0.032404762	3.24%
MVE-NGR	9,361	0.016387955	1.64%
Volumen Total Ventas Productos Empresa XYZ	571,200	1	100.00%

Costo de Mantenimiento BMP por Producto	
Producto	Costo en \$ / trimestre
MDC-GFO	\$ 26.62
TAM-GFO	\$ 77.27
MVE-NGR	\$ 39.08

TAM-GFO					
Materia Prima	Compuesto	Formulacion en gramos/ m <sup>2</sup>	Fracción	%	Costo Mantenimiento por Materia Prima en BMP
Fibra	B	221	0.87737	87.74%	\$ 67.798
	F	0.39	0.00155	0.15%	\$ 0.120
Resina g/m <sup>2</sup>	1	23.5	0.09329	9.33%	\$ 7.209
	2	6.5	0.0258	2.58%	\$ 1.994
Aceite		0.5	0.00198	0.20%	\$ 0.153
PESO TOTAL POR m <sup>2</sup>		251.89	1	100.00%	\$ 77.27

### Anexo 8. MVE-NGR: Costo de Mantener Inventario por Materia Prima

Costos Mantenimiento Trimestral BMP	\$2,384.66	\$/trimestre
-------------------------------------	------------	--------------

Porcentaje de Representación del Producto en la BMP			
Producto	Volumen Ventas 2013	Fracción	%
MDC-GFO	6,377	0.011164916	1.12%
TAM-GFO	18,510	0.032404762	3.24%
MVE-NGR	9,361	0.016387955	1.64%
Volumen Total Ventas Productos Empresa XYZ	571,200	1	100.00%

Costo de Mantenimiento BMP por Producto	
Producto	Costo en \$
MDC-GFO	\$ 26.62
TAM-GFO	\$ 77.27
MVE-NGR	\$ 39.08

MVE-NGR					
Materia Prima	Compuesto	Formulación en gramos / m <sup>2</sup>	Fracción	%	Costo Mantenimiento por Materia Prima en BMP
Fibra	A	315	0.52434	52.4%	\$ 20.49
	B	135.0	0.22472	22.5%	\$ 8.78
Resina 150 g	1	39.6	0.06592	6.6%	\$ 2.58
	2	28.4	0.04727	4.7%	\$ 1.85
	3	31.4	0.05227	5.2%	\$ 2.04
	4	37.4	0.06226	6.2%	\$ 2.43
	5	0.2	0.00033	0.0%	\$ 0.01
	6	0.3	0.0005	0.0%	\$ 0.02
	7	12.7	0.02114	2.1%	\$ 0.83
Aceite		0.8	0.00125	0.1%	\$ 0.05
<b>PESO TOTAL en gramos / m<sup>2</sup></b>		600.8	1	100.0%	\$ 39.08

**Anexo 9. MDC-GFO: Demanda de Materia Prima Promedio y Desviación Estándar en Periodo de Reabastecimiento**

PRODUCTO	COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO en gramos/m <sup>2</sup>								ACEITE
	FIBRAS		RESINAS						
	C	D	1	2	3	4	5	6	
MDC-GFO	490	210	280	31.9	411	53	0.07	2.8	1

AÑO	TRIMESTRE	DEMANDA DE MDC-GFO en m <sup>2</sup>	MATERIA PRIMA DE MDC-GFO en gramos								ACEITE
			FIBRAS		RESINAS						
			C	D	1	2	3	4	5	6	
2012	1	1,526	747,642.00	320,418.00	427,224.00	48,673.02	627,103.80	80,867.40	106.81	4,272.24	1,525.80
	2	2,290	1,122,100.00	480,900.00	641,200.00	73,051.00	941,190.00	121,370.00	160.30	6,412.00	2,290.00
	3	1,278	626,318.00	268,422.00	357,896.00	40,774.58	525,340.20	67,744.60	89.47	3,578.96	1,278.20
	4	1,505	737,548.00	316,092.00	421,456.00	48,015.88	618,637.20	79,775.60	105.36	4,214.56	1,505.20
2013	1	1,154	565,362.00	242,298.00	323,064.00	36,806.22	474,211.80	61,151.40	80.77	3,230.64	1,153.80
	2	1,855	908,705.00	389,445.00	519,260.00	59,158.55	762,199.50	98,288.50	129.82	5,192.60	1,854.50
	3	2,013	986,370.00	422,730.00	563,640.00	64,214.70	827,343.00	106,689.00	140.91	5,636.40	2,013.00
	4	1,356	664,489.00	284,781.00	379,708.00	43,259.59	557,357.10	71,873.30	94.93	3,797.08	1,356.10
2014	1	1,932	946,484.00	405,636.00	540,848.00	61,618.04	793,887.60	102,374.80	135.21	5,408.48	1,931.60
	Pronóstico T2	1,966	963,264.81	412,827.78	550,437.03	62,710.51	807,962.93	104,189.87	137.61	5,504.37	1,965.85
Promedio ( $\bar{x}$ )			826,828.28	354,354.98	472,473.30	53,828.21	693,523.31	89,432.45	118.12	4,724.73	1,687.40
Desviación Estándar ( $s$ )			183,011.73	78,433.60	104,578.13	11,914.44	153,505.75	19,795.15	26.14	1,045.78	373.49

**Anexo 10. TAM-GFO: Demanda de Materia Prima Promedio y Desviación Estándar en Periodo de Reabastecimiento**

PRODUCTO	COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO en g/m <sup>2</sup>				ACEITE
	FIBRAS		RESINAS		
	B	F	1	2	
TAM-GFO	221	0.39	23.5	6.5	0.5

AÑO	TRIMESTRE	DEMANDA DE TAM-GFO en m <sup>2</sup>	MATERIA PRIMA DE TAM-GFO en gramos				ACEITE
			FIBRAS		RESINAS		
			B	F	1	2	
2012	1	2,136	472,011.80	832.96	50,191.30	13,882.70	1,067.90
	2	3,665	809,920.80	1,429.27	86,122.80	23,821.20	1,832.40
	3	2,909	642,933.20	1,134.59	68,366.20	18,909.80	1,454.60
	4	5,014	1,108,138.20	1,955.54	117,833.70	32,592.30	2,507.10
2013	1	3,055	675,221.30	1,191.57	71,799.55	19,859.45	1,527.65
	2	6,551	1,447,726.80	2,554.81	153,943.80	42,580.20	3,275.40
	3	3,425	756,880.80	1,335.67	80,482.80	22,261.20	1,712.40
	4	5,479	1,210,792.70	2,136.69	128,749.45	35,611.55	2,739.35
2014	1	1,924	425,248.20	750.44	45,218.70	12,507.30	962.10
	Pronóstico T2	6,297	1,391,614.85	2,455.79	147,977.14	40,929.85	3,148.45
Promedio ( $x_{Dp}$ )			894,048.87	1,577.73	95,068.54	26,295.55	2,022.73
Desviación Estándar ( $s_{Dp}$ )			370,437.97	653.71	39,390.46	10,895.23	838.09

### Anexo 11. MVE-NGR: Demanda de Materia Prima Promedio y Desviación Estándar en Periodo de Reabastecimiento

PRODUCTO	COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO en gramos/m <sup>2</sup>										ACEITE
	FIBRAS		RESINAS								
	A	B	1	2	3	4	5	6	7		
MVE-NGR	315	135.0	39.6	28.4	31.4	37.4	0.2	0.3	12.7	0.8	

AÑO	TRIMESTRE	DEMANDA DE MVE-NGR en m <sup>2</sup>	MATERIA PRIMA DE MVE-NGR en gramos									ACEITE
			FIBRAS		RESINAS							
			A	B	1	2	3	4	5	6	7	
2012	1	1,456	458,766.00	196,614.00	57,673.44	41,361.76	45,730.96	54,469.36	291.28	436.92	18,496.28	1,165.12
	2	1,950	614,250.00	263,250.00	77,220.00	55,380.00	61,230.00	72,930.00	390.00	585.00	24,765.00	1,560.00
	3	919	289,359.00	124,011.00	36,376.56	26,088.24	28,844.04	34,355.64	183.72	275.58	11,666.22	734.88
	4	2,341	737,478.00	316,062.00	92,711.52	66,490.08	73,513.68	87,560.88	468.24	702.36	29,733.24	1,872.96
2013	1	772	243,054.00	104,166.00	30,555.36	21,913.44	24,228.24	28,857.84	154.32	231.48	9,799.32	617.28
	2	3,732	1,175,422.50	503,752.50	147,767.40	105,974.60	117,169.10	139,558.10	746.30	1,119.45	47,390.05	2,985.20
	3	1,222	385,056.00	165,024.00	48,407.04	34,716.16	38,383.36	45,717.76	244.48	366.72	15,524.48	977.92
	4	3,635	1,145,119.50	490,765.50	143,957.88	103,242.52	114,148.42	135,960.22	727.06	1,090.59	46,168.31	2,908.24
2014	1	1,098	345,807.00	148,203.00	43,472.88	31,177.52	34,470.92	41,057.72	219.56	329.34	13,942.06	878.24
	Pronóstico T2	4,061	1,279,344.69	548,290.58	160,831.90	115,344.09	127,528.33	151,896.80	812.28	1,218.42	51,579.93	3,249.13
Promedio ( <i>x</i> Dp)			667,365.67	286,013.86	83,897.40	60,168.84	66,524.70	79,236.43	423.72	635.59	26,906.49	1,694.90
Desviación Estándar ( <i>s</i> Dp)			396,956.17	170,124.07	49,903.06	35,789.06	39,569.60	47,130.67	252.04	378.05	16,004.26	1,008.14

**Anexo 12. Método de Winters para Pronóstico de MDC-GFO Escenario 1**

t	AÑO	PERIODO	DEMANDA MDC-GFO	alpha	beta	gama	PRONOSTICO	ERROR	EPAM
				0.9	0.2	0.1			3.43%
				NIVEL F(t)	TENDENCIA T(t)	ESTACION c(t)	VABS ERR/DEM		
1	2012	1	1,526			0.965			
2		2	2,290			1.449			
3		3	1,278			0.809			
4		4	1,505	1580.49	-27.73	0.952			
5	2013	1	1,154	1230.92	-92.09	0.963	1099	54	4.95%
6		2	1,855	1265.81	-66.70	1.451	1737	117	6.74%
7		3	2,013	2360.07	165.49	0.813	2043	-30	1.45%
8		4	1,356	1534.09	-32.80	0.946	1430	-74	5.15%
9	2014	1	1,932	1956.13	58.17	0.965	1939	-7	0.38%
10		2		201.43	-304.41	1.305	-149		
11		3		-10.30	-285.87	0.732	-241		
12		4		-29.62	-232.56	0.851	-248		

Procedimiento Inicialización

V <sub>1</sub>	1649.80
V <sub>2</sub>	1594.35
T <sub>0</sub>	-27.73
F <sub>0</sub>	1580.49

**Anexo 13. Método de Winters para Pronóstico de MDC-GFO Escenario 2**

t	AÑO	PERIODO	DEMANDA MDC-GFO	alpha	beta	gama	PRONOSTICO	ERROR	EPAM
				0.2	0.5	0.1			20.38%
				NIVEL F(t)	TENDENCIA T(t)	ESTACION c(t)			VABS ERR/DEM
1	2012	1	1,526			0.965			
2		2	2,290			1.449			
3		3	1,278			0.809			
4		4	1,505	1580.49	-27.73	0.952			
5	2013	1	1,154	1481.24	-63.49	0.947	1369	-215	15.70%
6		2	1,855	1390.19	-77.27	1.437	1902	-48	2.51%
7		3	2,013	1548.15	40.35	0.858	1285	728	56.69%
8		4	1,356	1555.58	23.89	0.944	1504	-148	9.85%
9	2014	1	1,932	1671.62	69.97	0.968	1649	283	17.15%
10		2		1393.27	-104.19	1.294	1853		
11		3		1031.26	-233.10	0.772	685		
12		4		638.53	-312.92	0.850	307		

Procedimiento Inicialización

V <sub>1</sub>	1649.80
V <sub>2</sub>	1594.35
T <sub>0</sub>	-27.73
F <sub>0</sub>	1580.49

**Anexo 14. Método de Descomposición para Pronóstico de MDC-GFO**

t	Año	Cuarto	Y <sub>t</sub>		Linea Base	Y <sub>t</sub> /CMA		Y <sub>t</sub> /S <sub>t</sub>		Ft	Yt-Ft	EPAM
			Demanda MDC-GFO	MA(4)	CMA(4)	S <sub>t</sub> , I <sub>t</sub>	S <sub>t</sub>	Desestacionalizar	T <sub>t</sub>	Pronóstico	E <sub>t</sub>	18.09%
1	2012	1	1,526				0.75	2036.22	1613.77	1209	316.55	20.75%
2		2	2,290				1.15	1991.77	1624.45	1868	422.33	18.44%
3		3	1,278	1,649.80	1,603.30	0.80	0.99	1286.40	1635.12	1625	(346.49)	27.11%
4		4	1,505	1,556.80	1,502.36	1.00	1.00	1502.36	1645.79	1649	(143.70)	9.55%
5	2013	1	1,154	1,447.93	1,539.78	0.75	0.75	1539.78	1656.47	1241	(87.44)	7.58%
6		2	1,855	1,631.63	1,612.99	1.15	1.15	1612.99	1667.14	1917	(62.26)	3.36%
7		3	2,013	1,594.35	1,691.58	1.19	0.99	2025.92	1677.81	1667	345.89	17.18%
8		4	1,356	1,788.80			1.00	1353.54	1688.49	1692	(335.58)	24.75%
9	2014	1	1,932				0.75	2577.77	1699.16	1273	658.37	34.08%
10		2					1.15		1709.83	1966		
11		3					0.99		1720.51	1710		
12		4					1.00		1731.18	1734		

Componente Estacional

Trimestre	S <sub>t</sub>
1	0.75
2	1.15
3	0.99
4	1.00

Regresión de Y<sub>t</sub>

Coeficientes	
Intercepción	1603.10
Variable X 1	10.67

**Anexo 15. Método de Winters para Pronóstico de TAM-GFO Escenario 1**

t	AÑO	PERIODO	DEMANDA TAM-GFO	alpha	beta	gama	PRONOSTICO	ERROR	MAPE
				0.9	0.2	0.9			7.14%
				NIVEL F(t)	TENDENCIA T(t)	ESTACION c(t)			VABS ERR/DEM
1	2012	1	2,136	4926.50	598.20	0.434			
2		2	3,665			0.744			
3		3	2,909			0.591			
4		4	5,014			1.018			
5	2013	1	3,055	6895.17	872.29	0.442	3367	-312	9.27%
6		2	6,551	8702.22	1059.24	0.752	7262	-711	9.79%
7		3	3,425	6195.81	346.11	0.557	3863	-438	11.35%
8		4	5,479	5498.78	137.49	0.998	5737	-258	4.50%
9	2014	1	1,924	4480.35	-93.70	0.431	1940	-15	0.79%
10		2		438.67	-883.30	0.075	-334		
11		3		-44.46	-803.26	0.056	-472		
12		4		-84.77	-650.67	0.100	-734		

Procedimiento Inicialización

V <sub>1</sub>	3431.00
V <sub>2</sub>	4627.40
T <sub>0</sub>	598.20
F <sub>0</sub>	4926.50

**Anexo 16. Método de Winters para Pronóstico de TAM-GFO Escenario 2**

t	AÑO	PERIODO	DEMANDA TAM-GFO	alpha	beta	gama	PRONOSTICO	ERROR	MAPE
				0.2	0.5	0.9			26.12%
				NIVEL F(t)	TENDENCIA T(t)	ESTACION c(t)			VABS ERR/DEM
1	2012	1	2,136			0.434			
2		2	3,665			0.744			
3		3	2,909			0.591			
4		4	5,014	4926.50	598.20	1.018			
5	2013	1	3,055	5829.25	750.47	0.515	2853	203	7.11%
6		2	6,551	7024.99	973.11	0.914	5950	601	10.10%
7		3	3,425	7558.41	753.26	0.467	4908	-1483	30.22%
8		4	5,479	7725.91	460.38	0.740	8332	-2853	34.25%
9	2014	1	1,924	7296.19	15.33	0.289	3766	-1842	48.91%
10		2		5849.22	-715.82	0.091	4690		
11		3		4106.72	-1229.16	0.047	1343		
12		4		2302.05	-1516.92	0.074	581		

Procedimiento Inicialización

V <sub>1</sub>	3431.00
V <sub>2</sub>	4627.40
T <sub>0</sub>	598.20
F <sub>0</sub>	4926.50

### Anexo 17. Método de Descomposición para Pronóstico de TAM-GFO

t	Año	Trimestre	Y <sub>t</sub>		Linea Base		Y <sub>t</sub> /CMA		Y <sub>t</sub> /S <sub>t</sub>		F <sub>t</sub>	Y <sub>t</sub> -F <sub>t</sub>	EPAM
			Demanda TAM-GFO	MA(4)	CMA(4)	S <sub>t</sub> , I <sub>t</sub>	S <sub>t</sub>	Desestacionalizar	T <sub>t</sub>	Pronóstico	E <sub>t</sub>	16.30%	
1	2012	1	2,136				0.69	3108.54	3317.77	2280	(143.76)	6.73%	
2		2	3,665				1.43	2556.28	3437.16	4928	(1,262.86)	34.46%	
3		3	2,909	3,431.00	3,545.94	0.82	0.79	3673.53	3556.54	2817	92.65	3.18%	
4		4	5,014	3,660.88	4,021.63	1.25	1.25	4021.63	3675.93	4583	431.02	8.60%	
5	2013	1	3,055	4,382.38	4,446.83	0.69	0.69	4446.83	3795.31	2608	447.64	14.65%	
6		2	6,551	4,511.28	4,569.34	1.43	1.43	4569.34	3914.70	5612	938.52	14.33%	
7		3	3,425	4,627.40	4,486.01	0.76	0.79	4324.59	4034.08	3195	230.07	6.72%	
8		4	5,479	4,344.63			1.25	4394.18	4153.47	5179	300.12	5.48%	
9	2014	1	1,924				0.69	2800.57	4272.85	2936	(1,011.57)	52.57%	
10		2					1.43		4392.24	6297			
11		3					0.79		4511.62	3573			
12		4					1.25		4631.01	5774			

#### Componente Estacional

Trimestre	S <sub>t</sub>
1	0.69
2	1.43
3	0.79
4	1.25

#### Regresión de Y<sub>t</sub>

Coeficientes	
Intercepción	3198.39
Variable X 1	119.39

**Anexo 18. Método de Winters para Pronóstico de MVE-NGR Escenario 1**

t	AÑO	PERIODO	DEMANDA MVE-NGR	alpha	beta	gama	PRONOSTICO	ERROR	EPAM
				0.9	0.3	0.1			8.69%
				NIVEL F(t)	TENDENCIA T(t)	ESTACION c(t)			VABS ERR/DEM
1	2012	1	1,456	2508.61	336.83	0.581			
2		2	1,950			0.777			
3		3	919			0.366			
4		4	2,341			0.933			
5	2013	1	772	1480.70	-72.60	0.575	817	-46	9.50%
6		2	3,732	4461.22	843.34	0.783	4123	-392	9.50%
7		3	1,222	3534.89	312.44	0.364	1409	-186	13.23%
8		4	3,635	3890.46	325.38	0.933	3934	-299	7.60%
9	2014	1	1,098	2141.03	-297.06	0.568	1060	38	3.61%
10		2		184.40	-794.94	0.705	-478		
11		3		-61.05	-630.09	0.328	-252		
12		4		-69.11	-443.48	0.840	-478		

Procedimiento Inicialización

V <sub>1</sub>	1666.55
V <sub>2</sub>	2340.20
T <sub>0</sub>	336.83
F <sub>0</sub>	2508.61

**Anexo 19. Método de Winters para Pronóstico de MVE-NGR Escenario 2**

t	AÑO	PERIODO	DEMANDA MVE-NGR	alpha	beta	gama	PRONOSTICO	ERROR	EPAM
				0.1	0.3	0.9			26.73%
				NIVEL F(t)	TENDENCIA T(t)	ESTACION c(t)			VABS ERR/DEM
1	2012	1	1,456			0.581			
2		2	1,950			0.777			
3		3	919			0.366			
4		4	2,341	2508.61	336.83	0.933			
5	2013	1	772	2693.80	291.33	0.316	1733	-961	55.48%
6		2	3,732	3166.67	345.79	1.138	2730	1001	36.67%
7		3	1,222	3495.04	340.57	0.351	1405	-182	12.97%
8		4	3,635	3841.57	342.36	0.945	3905	-269	6.90%
9	2014	1	1,098	4113.11	321.11	0.272	1401	-303	21.62%
10		2		3990.80	188.08	0.114	4757		
11		3		3760.99	62.72	0.035	1344		
12		4		3441.34	-51.99	0.095	3203		

Procedimiento Inicialización

V <sub>1</sub>	1666.55
V <sub>2</sub>	2340.20
T <sub>0</sub>	336.83
F <sub>0</sub>	2508.61

### Anexo 20. Método de Descomposición para Pronóstico de MVE-NGR

t	Año	Cuarto	Y <sub>t</sub> Demanda MVE-NGR	Linea Base		Y <sub>t</sub> /CMA S <sub>t</sub> , I <sub>t</sub>	S <sub>t</sub>	Y <sub>t</sub> /S <sub>t</sub> Desestacionalizar	T <sub>t</sub>	F <sub>t</sub> Pronóstico	Y <sub>t</sub> -F <sub>t</sub> E <sub>t</sub>	EPAM
				MA(4)	CMA(4)							18.32%
												ABS (E <sub>t</sub> /D <sub>t</sub> )
1	2012	1	1,456				0.39	3734.81	1528.13	596	860.50	59.08%
2		2	1,950				1.71	1138.40	1621.79	2778	(828.00)	42.46%
3		3	919	1,666.55	1,580.95	0.58	0.55	1678.66	1715.44	939	(20.13)	2.19%
4		4	2,341	1,495.35	1,718.04	1.36	1.36	1718.04	1809.10	2465	(124.09)	5.30%
5	2013	1	772	1,940.73	1,978.70	0.39	0.39	1978.70	1902.76	742	29.61	3.84%
6		2	3,732	2,016.68	2,178.44	1.71	1.71	2178.44	1996.41	3420	311.80	8.36%
7		3	1,222	2,340.20	2,380.98	0.51	0.55	2233.82	2090.07	1144	78.67	6.44%
8		4	3,635	2,421.75			1.36	2667.68	2183.73	2976	659.50	18.14%
9	2014	1	1,098				0.39	2815.21	2277.38	888	209.73	19.10%
10		2					1.71		2371.04	4061		
11		3					0.55		2464.70	1349		
12		4					1.36		2558.35	3486		

#### Componente Estacional

Trimestre	S <sub>t</sub>
1	0.39
2	1.71
3	0.55
4	1.36

#### Regresión de Y<sub>t</sub>

Coeficientes	
Intercepción	1434.47
Variable X 1	93.66

**Anexo 21. Cálculo del Pronóstico de MDC-GFO con Método Actual**

**(Promedio Móvil m = 3)**

PM(3)								EPAM
t	AÑO	TRIMESTRE	DEMANDA MDC-GFO	PRONOSTICO	ERROR	VABS ERROR	ERROR ^2	VABS ERR/DEM
1	2012	1	1,526					
2		2	2,290					
3		3	1,278					
4		4	1,505	1,698	(193)	193	37172	11.35%
5	2013	1	1,154	1,691	(537)	537	288727	31.77%
6		2	1,855	1,312	542	542	293872	41.31%
7		3	2,013	1,505	509	509	258572	33.80%
8		4	1,356	1,674	(318)	318	100912	18.98%
9	2014	1	1,932	1,741	190	190	36252	10.93%
10		2		1,767				
11		3		1,644				
12		4		1,932				

**Anexo 22. Cálculo del Pronóstico de TAM-GFO con Método Actual**

**(Promedio Móvil m = 3)**

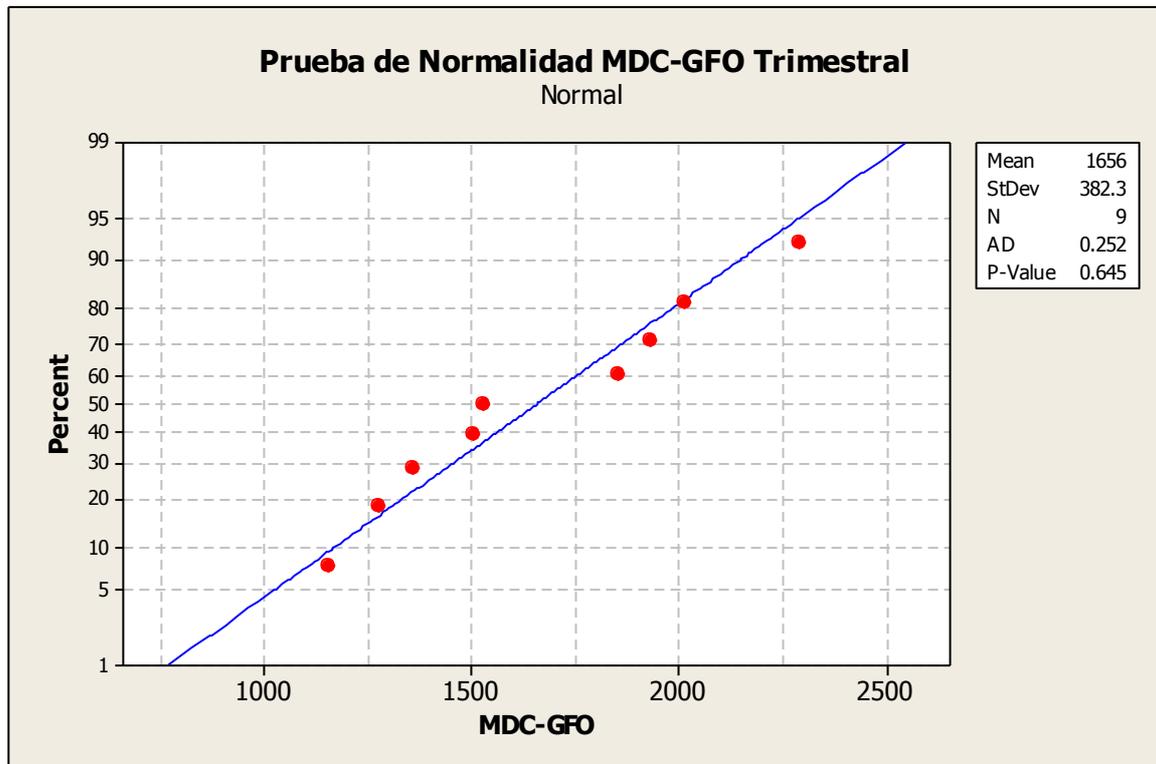
PM(3)								EPAM
								48.52%
t	AÑO	PERIODO	DEMANDA TAM-GFO	PRONOSTICO	ERROR	VABS ERROR	ERROR ^2	VABS ERR/DEM
1	2012	1	2,136					
2		2	3,665					
3		3	2,909					
4		4	5,014	2,903	2,111	2111	4456040	72.71%
5	2013	1	3,055	3,863	(807)	807	651949	20.90%
6		2	6,551	3,660	2,891	2891	8359230	79.00%
7		3	3,425	4,873	(1,449)	1449	2098539	29.73%
8		4	5,479	4,344	1,135	1135	1288376	26.13%
9	2014	1	1,924	5,151	(3,227)	3227	10415035	62.65%
10		2		3,609				
11		3		3,701				
12		4		1,924				

**Anexo 23. Cálculo del Pronóstico de MVE-NGR con Método Actual**

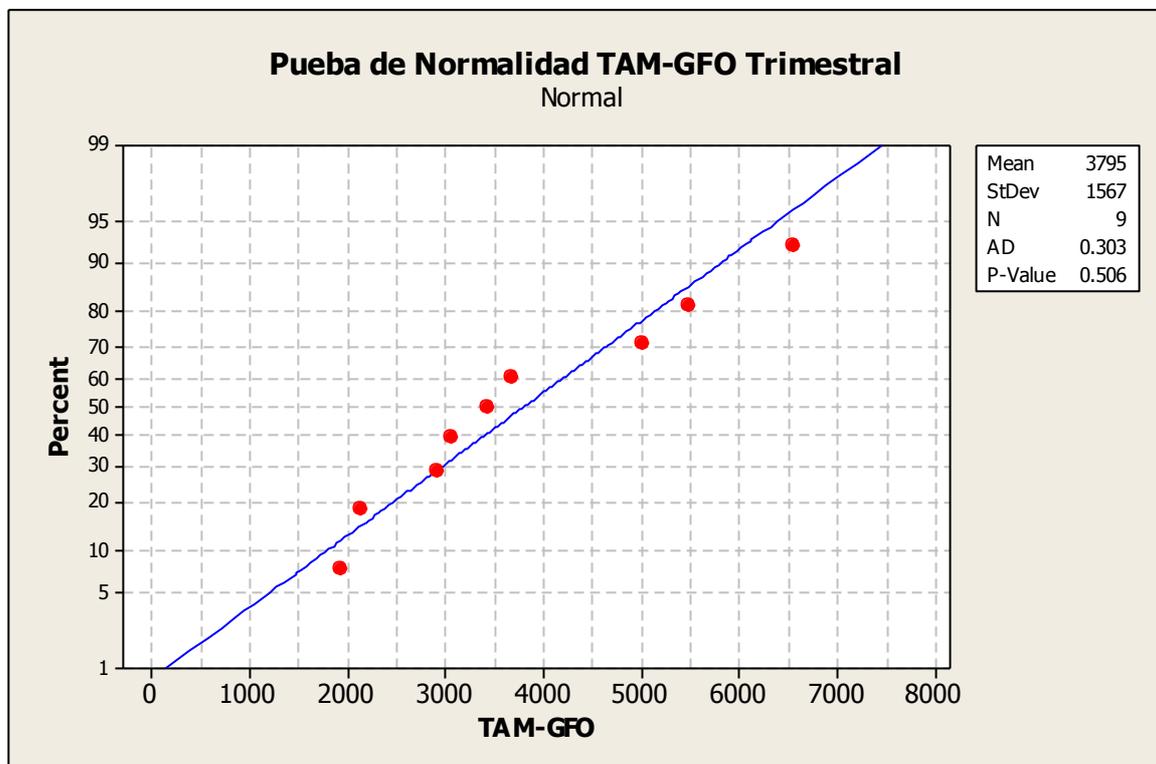
**(Promedio Móvil m = 3)**

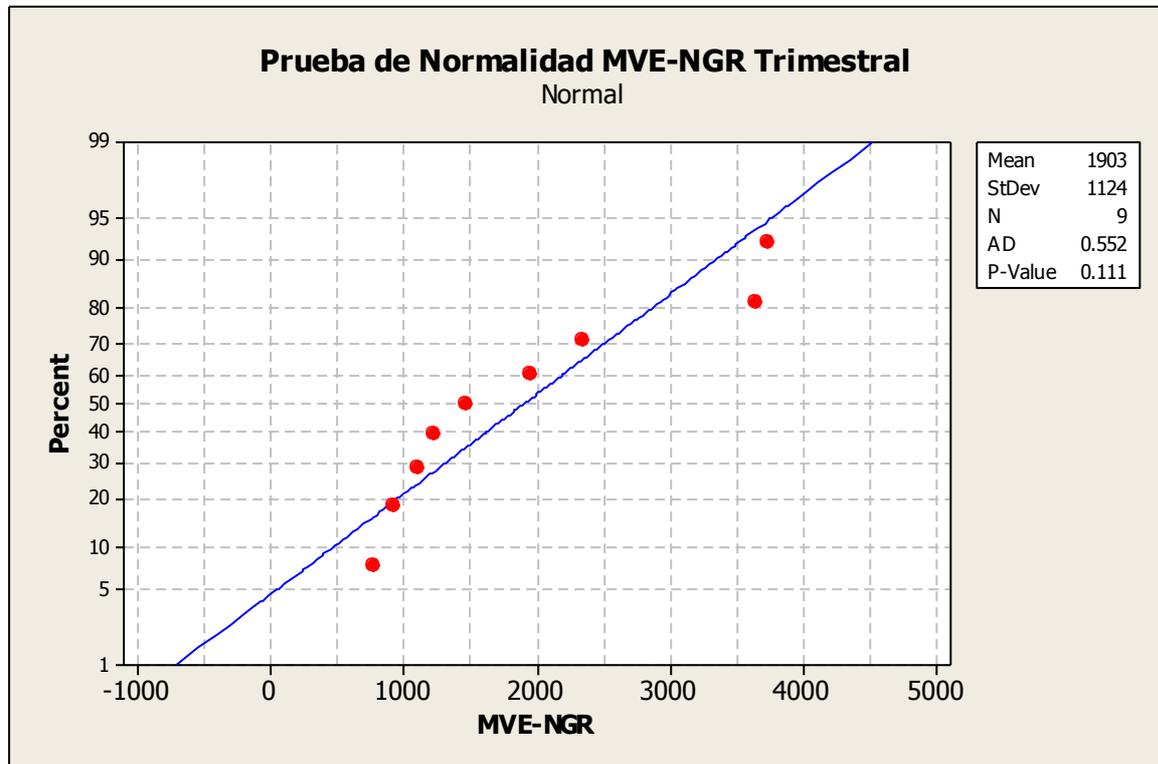
PM(3)								EPAM
								82.37%
t	AÑO	PERIODO	DEMANDA MVE-NGR	PRONOSTICO	ERROR	VABS ERROR	ERROR ^2	VABS ERR/DEM
1	2012	1	1,456					
2		2	1,950					
3		3	919					
4		4	2,341	1,442	900	900	809160	62.40%
5	2013	1	772	1,737	(965)	965	931225	55.57%
6		2	3,732	1,344	2,388	2388	5701111	177.68%
7		3	1,222	2,281	(1,059)	1059	1121552	46.42%
8		4	3,635	1,909	1,727	1727	2981838	90.48%
9	2014	1	1,098	2,863	(1,765)	1765	3116166	61.66%
10		2		1,985				
11		3		2,367				
12		4		1,098				

### Anexo 24. Resultados Prueba de Normalidad Anderson-Darling: MDC-GFO



### Anexo 25. Resultados Prueba de Normalidad Anderson-Darling: TAM-GFO



**Anexo 26. Resultados Prueba de Normalidad Anderson-Darling: MVE-NGR**

**Anexo 27. Modelo (Q, r) Materia Prima de MDC-GFO: proceso iterativo**

**Fibra C**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MDC-GFO	1,966	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Fibra C	963,264.81	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	963,264.81	g/trimestre
h	8.82	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.833	trimestre
$sD$	167,066.09	
$\mu D$	689,023.57	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	2,626.01
nR	131.30
L(z)	0.000786
z	2.81
R <sub>0</sub>	1,158,479.27

Q <sub>1</sub>	105,106.05
nR	5255.30
L(z)	0.0314564
z	1.47
R <sub>1</sub>	934610.71

1-F(z)	0.0025
--------	--------

1-F(z)	0.0708
--------	--------

Q	102,480.04
R	223,868.55

Q <sub>2</sub>	148,501.31
nR	7425.07
L(z)	0.0444439
z	1.31
R <sub>2</sub>	907880.14

Q <sub>3</sub>	156,196.95
nR	7809.85
L(z)	0.0467471
z	1.29
R <sub>3</sub>	904538.82

Q <sub>4</sub>	158,619.06
nR	7930.95
L(z)	0.0474720
z	1.28
R <sub>4</sub>	902868.16

1-F(z)	0.0951
--------	--------

1-F(z)	0.0985
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

Q	43,395.26
R	26,730.57

Q	7,695.64
R	3,341.32

Q	2,422.11
R	1,670.66

Q <sub>5</sub>	158,188.22
nR	7909.41
L(z)	0.0473430
z	1.28
R <sub>5</sub>	902868.16

Q <sub>6</sub>	157,758.78
nR	7887.94
L(z)	0.0472145
z	1.28
R <sub>6</sub>	902868.16

Q <sub>7</sub>	157,330.75
nR	7866.54
L(z)	0.0470864
z	1.28
R <sub>7</sub>	902,868.16

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

Q	430.84
R	0.00

Q	429.43
R	0.00

Q	428.03
R	0.00

Q <sub>8</sub>	156,904.12
nR	7845.21
L(z)	0.0469587
z	1.29
R <sub>8</sub>	904538.82

1-F(z)	0.0985
--------	--------

Q	426.63
R	1,670.66

**Fibra D**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MDC-GFO	1,966	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Fibra D	412,827.78	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	412,827.78	g/trimestre
h	3.78	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.833	trimestre
$\sigma_l$	71,599.75	
$\mu_l$	295,295.81	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	2,626.01
nR	131.30
L(z)	0.001834
z	2.54
R <sub>0</sub>	477,159.18

Q <sub>1</sub>	47,889.6525
nR	2394.48
L(z)	0.0334426
z	1.44
R <sub>1</sub>	398,399.46

1-F(z)	0.0055
--------	--------

1-F(z)	0.07949
--------	---------

Q	45,263.64
R	78,759.73

Q <sub>2</sub>	60,360.38
nR	3018.02
L(z)	0.0421513
z	1.34
R <sub>2</sub>	391,239.48

Q <sub>3</sub>	67,095.43
nR	3354.77
L(z)	0.0468545
z	1.29
R <sub>3</sub>	387,659.49

Q <sub>4</sub>	68,218.28
nR	3410.91
L(z)	0.0476386
z	1.28
R <sub>4</sub>	386,943.50

1-F(z)	0.0901
--------	--------

1-F(z)	0.0985
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

Q	12,470.73
R	7,159.98

Q	6,735.05
R	3,579.99

Q	1,122.84
R	716.00

Q <sub>5</sub>	68,115.47
nR	3405.77
L(z)	0.0475668
z	1.28
R <sub>5</sub>	386,943.50

Q <sub>6</sub>	68,013.13
nR	3400.66
L(z)	0.0474954
z	1.29
R <sub>6</sub>	387,659.49

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.0985
--------	--------

Q	102.80
R	0.00

Q	102.34
R	716.00

**Resina 1**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MDC-GFO	1,966	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 1	550,437.03	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	550,437.03	g/trimestre
h	5.04	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.044	trimestre
$\sigma_{l''''}$	22,047.01	
$\mu_{l''''}$	20,998.81	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	2,626.01
nR	131.30
L(z)	0.005955
z	2.13
R <sub>0</sub>	67,958.94

Q <sub>1</sub>	16,243.87
nR	812.19
L(z)	0.036839
z	1.40
R <sub>1</sub>	51,864.62

1-F(z)	0.0166
--------	--------

1-F(z)	0.0808
--------	--------

Q	13,617.86
R	16,094.31

Q <sub>2</sub>	20,441.15
nR	1,022.06
L(z)	0.046358
z	1.29
R <sub>2</sub>	49,439.45

Q <sub>3</sub>	21,079.58
nR	1,053.98
L(z)	0.047806
z	1.28
R <sub>3</sub>	49,218.98

Q <sub>4</sub>	21,339.68
nR	1,066.98
L(z)	0.048396
z	1.27
R <sub>4</sub>	48,998.51

1-F(z)	0.0985
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.102
--------	-------

Q	4,197.28
R	2,425.17

Q	638.42
R	220.47

Q	260.10
R	220.47

Q <sub>5</sub>	21,245.83
nR	1062.29
L(z)	0.0481830
z	1.27
R <sub>5</sub>	48,998.51

Q <sub>6</sub>	21,155.22
nR	1057.76
L(z)	0.0479775
z	1.28
R <sub>6</sub>	49,218.98

1-F(z)	0.102
--------	-------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

Q	93.85
R	0.00

Q	90.62
R	220.47

**Resina 2**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MDC-GFO	1,965.85	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 2	62,710.51	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	62,710.51	g/trimestre
h	0.57	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''''}$	2,511.78	
$\mu_{l''''}$	2,392.36	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	2,626.01
nR	131.30
L(z)	0.0522738
z	1.23
R <sub>0</sub>	5,481.86

Q <sub>1</sub>	4,089.02
nR	204.45
L(z)	0.0813968
z	1.01
R <sub>1</sub>	4,929.27

1-F(z)	0.10930
--------	---------

1-F(z)	0.15620
--------	---------

Q	1,463.01
R	552.59

Q <sub>2</sub>	4,243.04
nR	212.15
L(z)	0.0844628
z	0.99
R <sub>2</sub>	4,879.03

Q <sub>3</sub>	4,254.61
nR	212.73
L(z)	0.0846930
z	0.99
R <sub>3</sub>	4,879.03

Q <sub>4</sub>	4,259.81
nR	212.99
L(z)	0.0847965
z	0.99
R <sub>4</sub>	4,879.03

1-F(z)	0.16110
--------	---------

1-F(z)	0.16110
--------	---------

1-F(z)	0.16110
--------	---------

Q	154.02
R	50.24

Q	11.57
R	0.00

Q	5.20
R	0.00

Q <sub>5</sub>	4,262.15
nR	213.11
L(z)	0.0848431
z	0.99
R <sub>5</sub>	4879.03

Q <sub>6</sub>	4,263.20
nR	213.16
L(z)	0.0848640
z	0.99
R <sub>6</sub>	4,879.03

Q <sub>7</sub>	4,263.68
nR	213.18
L(z)	0.0848735
z	0.99
R <sub>7</sub>	4,879.03

1-F(z)	0.16110
--------	---------

1-F(z)	0.16110
--------	---------

1-F(z)	0.16110
--------	---------

Q	2.34
R	0.00

Q	1.05
R	0.00

Q	0.47
R	0.00

**Resina 3**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MDC-GFO	1,966	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 3	807,962.93	g / trimestre

VARIABLES DEL MODELO	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	807,962.93	g/trimestre
h	7.39	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''}$	32,361.85	
$\mu_{l''}$	30,823.26	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	2,626.01
nR	131.30
L(z)	0.0040573
z	2.26
R <sub>0</sub>	103,961.05

Q <sub>1</sub>	22,375.51
nR	1,118.78
L(z)	0.0345708
z	1.43
R <sub>1</sub>	77,100.71

1-F(z)	0.0119
--------	--------

1-F(z)	0.0764
--------	--------

Q	19,749.50
R	26,860.34

Q <sub>2</sub>	29,520.91
nR	1,476.05
L(z)	0.0456107
z	1.30
R <sub>2</sub>	72,893.7

Q <sub>3</sub>	30,721.28
nR	1,536.06
L(z)	0.0474653
z	1.28
R <sub>3</sub>	72,246.43

Q <sub>4</sub>	30,852.90
nR	1,542.65
L(z)	0.0476686
z	1.28
R <sub>4</sub>	72,246.43

1-F(z)	0.0968
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

Q	7,145.40
R	4,207.04

Q	1,200.37
R	647.24

Q	131.62
R	0.00

Q <sub>5</sub>	30,983.19
nR	1,549.16
L(z)	0.0478699
z	1.28
R <sub>5</sub>	72,246.43

Q <sub>6</sub>	31,112.17
nR	1555.61
L(z)	0.0480692
z	1.27
R <sub>6</sub>	71,922.81

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.10200
--------	---------

Q	130.29
R	0.00

Q	128.98
R	323.62

**Resina 4**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MDC-GFO	1,966	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 4	104,189.87	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	104,189.87	g/trimestre
h	0.95	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{L''}$	4,173.18	
$\mu_{L''}$	3,974.78	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	2,626.01
nR	131.30
L(z)	0.0314629
z	1.47
R <sub>0</sub>	10,109.35

Q <sub>1</sub>	5,069.37
nR	253.47
L(z)	0.0607374
z	1.16
R <sub>1</sub>	8,815.67

1-F(z)	0.0708
--------	--------

1-F(z)	0.1230
--------	--------

Q	2,443.36
R	1,293.69

Q <sub>2</sub>	5,398.76
nR	269.94
L(z)	0.0646839
z	1.13
R <sub>2</sub>	8,690.5

Q <sub>3</sub>	5,445.06
nR	272.25
L(z)	0.0652387
z	1.13
R <sub>3</sub>	8,690.47

Q <sub>4</sub>	5,474.17
nR	273.71
L(z)	0.0655874
z	1.12
R <sub>4</sub>	8,648.74

1-F(z)	0.1292
--------	--------

1-F(z)	0.1292
--------	--------

1-F(z)	0.1314
--------	--------

Q	329.39
R	125.20

Q	46.30
R	0.00

Q	29.11
R	41.73

**Resina 5**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MDC-GFO	1,966	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 5	137.61	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	137.61	g/trimestre
h	0.00126	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''}$	5.51	
$\mu_{l''}$	5.25	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	2,626.01
nR	131.30
L(z)	23.8219298
z	0.00
R <sub>0</sub>	5.25

Q <sub>1</sub>	2,901.71
nR	145.09
L(z)	26.3229361
z	0.00
R <sub>1</sub>	5.25

1-F(z)	0.5000
--------	--------

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	275.70
R	0.00

Q <sub>2</sub>	2,932.17
nR	146.61
L(z)	26.5992147
z	0.00
R <sub>2</sub>	5.2

Q <sub>3</sub>	2,935.55
nR	146.78
L(z)	26.6298927
z	0.00
R <sub>3</sub>	5.25

Q <sub>4</sub>	2,935.92
nR	146.80
L(z)	26.6333011
z	0.00
R <sub>4</sub>	5.25

1-F(z)	0.5000
--------	--------

1-F(z)	0.5000
--------	--------

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	30.46
R	0.00

Q	3.38
R	0.00

Q	0.38
R	0.00

**Resina 6**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MDC-GFO	1,966	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 6	5,504.37	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	5,504.37	g/trimestre
h	0.05038	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''}$	220.47	
$\mu_{l''}$	209.99	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	2,626.0111
nR	131.3006
L(z)	0.5955482
z	0.00
R <sub>0</sub>	209.9881

Q <sub>1</sub>	2,901.7096
nR	145.0855
L(z)	0.6580734
z	0.00
R <sub>1</sub>	209.9881

1-F(z)	0.5000
--------	--------

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	275.70
R	0.00

Q <sub>2</sub>	2,932.1652
nR	146.6083
L(z)	0.6649804
z	0.00
R <sub>2</sub>	209.9881

Q <sub>3</sub>	2,935.5470
nR	146.7773
L(z)	0.6657473
z	0.00
R <sub>3</sub>	209.9881

Q <sub>4</sub>	2,935.9227
nR	146.7961
L(z)	0.6658325
z	0.00
R <sub>4</sub>	209.9881

1-F(z)	0.5000
--------	--------

1-F(z)	0.5000
--------	--------

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	30.46
R	0.00

Q	3.38
R	0.00

Q	0.38
R	0.00

**Aceite**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MDC-GFO	1,966	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Aceite	1,965.85	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	1,965.85	g/trimestre
h	0.01799	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	1.00	trimestre
$\sigma_{l''}$	373.49	
$\mu_{l''}$	1,687.40	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	2,626.0111
nR	131.3006
L(z)	0.3515473
z	0.10
R <sub>0</sub>	1,724.7540

1-F(z)	0.4601
--------	--------

Q <sub>1</sub>	2,926.8456
nR	146.3423
L(z)	0.3918203
z	0.01
R <sub>1</sub>	1,691.1396

1-F(z)	0.4960
--------	--------

Q	300.83
R	33.61

Q <sub>2</sub>	2,937.5789
nR	146.8789
L(z)	0.3932572
z	0.10
R <sub>2</sub>	1,724.7540

1-F(z)	0.4960
--------	--------

Q	10.73
R	33.61

Q <sub>3</sub>	2,938.7819
nR	146.9391
L(z)	0.3934183
z	0.10
R <sub>3</sub>	1,724.7540

1-F(z)	0.4960
--------	--------

Q	1.20
R	0.00

Q <sub>4</sub>	2,938.9168
nR	146.9458
L(z)	0.3934363
z	0.10
R <sub>4</sub>	1,724.7540

1-F(z)	0.4960
--------	--------

Q	0.13
R	0.00

**Anexo 28. Modelo (Q, r) Materia Prima de TAM-GFO: proceso iterativo**

**Fibra B**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	TAM-GFO	6,297	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Fibra B	1,391,614.85	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	1,391,614.85	g/trimestre
h	67.80	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.500	trimestre
$\sigma_{l''}$	261,939.20	
$\mu_{l''}$	447,024.43	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,138.20
nR	56.91
L(z)	0.000217
z	3.00
R <sub>0</sub>	1,232,842.03

Q <sub>1</sub>	81,315.60
nR	4065.78
L(z)	0.0155218
z	1.77
R <sub>1</sub>	910,656.82

1-F(z)	0.0014
--------	--------

1-F(z)	0.0384
--------	--------

Q	80,177.40
R	322,185.22

Q <sub>2</sub>	211,765.49
nR	10588.27
L(z)	0.0404226
z	1.36
R <sub>2</sub>	803,261.75

Q <sub>3</sub>	243,694.03
nR	12184.70
L(z)	0.0465173
z	1.29
R <sub>3</sub>	784,926.00

Q <sub>4</sub>	247,410.34
nR	12370.52
L(z)	0.0472267
z	1.28
R <sub>4</sub>	782,306.61

1-F(z)	0.0869
--------	--------

1-F(z)	0.0985
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

Q	130,449.89
R	107,395.07

Q	31,928.54
R	18,335.74

Q	3,716.31
R	2,619.39

Q <sub>5</sub>	246,675.58
nR	12333.78
L(z)	0.0470864
z	1.28
R <sub>5</sub>	782,306.61

Q <sub>6</sub>	245,943.04
nR	12297.15
L(z)	0.0469466
z	1.28
R <sub>6</sub>	782,306.61

Q <sub>7</sub>	245,212.70
nR	12260.63
L(z)	0.0468072
z	1.29
R <sub>7</sub>	784,926.00

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.985
--------	-------

Q	734.76
R	0.00

Q	732.55
R	0.00

Q	730.34
R	2,619.39

## Fibra F

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	TAM-GFO	6,297	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Fibra F	2,455.79	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	2,455.79	g/trimestre
h	0.12	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento ( <i>l</i> )	0.833	trimestre
$\sigma_{l''}$	596.76	
$\mu_{l''}$	1,314.78	
$\beta$	0.95	

### Proceso Iterativo

Q <sub>0</sub>	1,138.20
nR	56.91
L(z)	0.095365
z	0.94
R <sub>0</sub>	1,875.73

Q <sub>1</sub>	1,512.2854
nR	75.61
L(z)	0.1267087
z	0.77
R <sub>1</sub>	1774.28

1-F(z)	0.1736
--------	--------

1-F(z)	0.2207
--------	--------

Q	374.09
R	101.45

Q <sub>2</sub>	1,531.25
nR	76.56
L(z)	0.1282980
z	0.76
R <sub>2</sub>	1768.31

Q <sub>3</sub>	1,530.99
nR	76.55
L(z)	0.1282762
z	0.76
R <sub>3</sub>	1768.31

1-F(z)	0.2236
--------	--------

1-F(z)	0.2236
--------	--------

Q	18.97
R	5.97

Q	0.26
R	0.00

**Resina 1**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	TAM-GFO	1,966	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 1	147,977.14	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	147,977.14	g/trimestre
h	7.21	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.044	trimestre
$\sigma_l$	8,304.24	
$\mu_l$	4,225.27	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,138.20
nR	56.91
L(z)	0.006853
z	2.08
R <sub>0</sub>	21,498.09

Q <sub>1</sub>	6,261.14
nR	313.06
L(z)	0.037698
z	1.39
R <sub>1</sub>	15,768.16

1-F(z)	0.0188
--------	--------

1-F(z)	0.0823
--------	--------

Q	5,122.94
R	5,729.92

Q <sub>2</sub>	7,774.34
nR	388.72
L(z)	0.046809
z	1.29
R <sub>2</sub>	14,937.74

Q <sub>3</sub>	8,053.59
nR	402.68
L(z)	0.048491
z	1.27
R <sub>3</sub>	14,771.65

Q <sub>4</sub>	8,056.48
nR	402.82
L(z)	0.048508
z	1.27
R <sub>4</sub>	14,771.65

1-F(z)	0.0985
--------	--------

1-F(z)	0.1020
--------	--------

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1,513.20
R	830.42

Q	279.25
R	166.08

Q	2.89
R	0.00

Q <sub>5</sub>	8,059.25
nR	402.96
L(z)	0.0485249
z	1.27
R <sub>5</sub>	14771.65

Q <sub>6</sub>	8,061.9200
nR	403.0960
L(z)	0.0485410
z	1.27
R <sub>6</sub>	14,771.65

Q <sub>7</sub>	8,064.4843
nR	403.2242
L(z)	0.0485564
z	1.27
R <sub>7</sub>	14,771.6518

1-F(z)	0.1020
--------	--------

1-F(z)	0.1020
--------	--------

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	2.78
R	0.00

Q	2.67
R	0.00

Q	2.56
R	0.00

Q <sub>8</sub>	8,066.95
nR	403.35
L(z)	0.0485713
z	1.27
R <sub>8</sub>	14771.65

Q <sub>9</sub>	8,069.3188
nR	403.4659
L(z)	0.0485855
z	1.27
R <sub>9</sub>	14,771.65

Q <sub>10</sub>	8,071.5966
nR	403.5798
L(z)	0.0485993
z	1.27
R <sub>10</sub>	14,771.6518

1-F(z)	0.1020
--------	--------

1-F(z)	0.1020
--------	--------

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	2.46
R	0.00

Q	2.37
R	0.00

Q	2.28
R	0.00

### Continuación proceso iterativo Resina 1

Q <sub>11</sub>	8,073.79
nR	403.69
L(z)	0.0486124
z	1.27
R <sub>11</sub>	14771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	2.19
R	0.00

Q <sub>12</sub>	8,075.8909
nR	403.7945
L(z)	0.0486251
z	1.27
R <sub>12</sub>	14,771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	2.10
R	0.00

Q <sub>13</sub>	8,077.9143
nR	403.8957
L(z)	0.0486373
z	1.27
R <sub>13</sub>	14,771.6518

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	2.02
R	0.00

Q <sub>14</sub>	8,079.86
nR	403.99
L(z)	0.0486490
z	1.27
R <sub>14</sub>	14771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.95
R	0.00

Q <sub>15</sub>	8,081.7292
nR	404.0865
L(z)	0.0486603
z	1.27
R <sub>15</sub>	14,771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.87
R	0.00

Q <sub>16</sub>	8,083.5267
nR	404.1763
L(z)	0.0486711
z	1.27
R <sub>16</sub>	14,771.6518

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.80
R	0.00

Q <sub>17</sub>	8,085.25
nR	404.26
L(z)	0.0486815
z	1.27
R <sub>17</sub>	14771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.73
R	0.00

Q <sub>18</sub>	8,086.9159
nR	404.3458
L(z)	0.0486915
z	1.27
R <sub>18</sub>	14,771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.66
R	0.00

Q <sub>19</sub>	8,088.5130
nR	404.4256
L(z)	0.0487011
z	1.27
R <sub>19</sub>	14,771.6518

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.60
R	0.00

Q <sub>20</sub>	8,090.05
nR	404.50
L(z)	0.0487104
z	1.27
R <sub>20</sub>	14771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.54
R	0.00

Q <sub>21</sub>	8,091.5243
nR	404.5762
L(z)	0.0487192
z	1.27
R <sub>21</sub>	14,771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.48
R	0.00

Q <sub>22</sub>	8,092.9433
nR	404.6472
L(z)	0.0487278
z	1.27
R <sub>22</sub>	14,771.6518

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.42
R	0.00

### Continuación proceso iterativo Resina 1

Q <sub>23</sub>	8,094.31
nR	404.72
L(z)	0.0487360
z	1.27
R <sub>23</sub>	14771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.36
R	0.00

Q <sub>26</sub>	8,098.09
nR	404.90
L(z)	0.0487588
z	1.27
R <sub>26</sub>	14771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.21
R	0.00

Q <sub>29</sub>	8,101.46
nR	405.07
L(z)	0.0487790
z	1.27
R <sub>29</sub>	14771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.08
R	0.00

Q <sub>24</sub>	8,095.6190
nR	404.7809
L(z)	0.0487439
z	1.27
R <sub>24</sub>	14,771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.31
R	0.00

Q <sub>27</sub>	8,099.2575
nR	404.9629
L(z)	0.0487658
z	1.27
R <sub>27</sub>	14,771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.17
R	0.00

Q <sub>30</sub>	8,102.4908
nR	405.1245
L(z)	0.0487853
z	1.27
R <sub>30</sub>	14,771.65

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.04
R	0.00

Q <sub>25</sub>	8,096.8799
nR	404.8440
L(z)	0.0487515
z	1.27
R <sub>25</sub>	14,771.6518

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.26
R	0.00

Q <sub>28</sub>	8,100.3779
nR	405.0189
L(z)	0.0487725
z	1.27
R <sub>28</sub>	14,771.6518

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.12
R	0.00

Q <sub>31</sub>	8,103.4864
nR	405.1743
L(z)	0.0487913
z	1.27
R <sub>31</sub>	14,771.6518

1-F(z)	0.1020
--------	--------

Q	1.00
R	0.00

**Resina 2**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	TAM-GFO	1,965.85	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 2	40,929.85	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	40,929.85	g/trimestre
h	1.99	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''''}$	2,296.92	
$\mu_{l''''}$	1,168.69	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,138.20
nR	56.91
L(z)	0.0247766
z	1.61
R <sub>0</sub>	4,866.73

1-F(z)	0.05370
--------	---------

Q <sub>1</sub>	2,614.96
nR	130.75
L(z)	0.0569232
z	1.19
R <sub>1</sub>	3,902.02

1-F(z)	0.11700
--------	---------

Q	1,476.76
R	964.71

Q <sub>2</sub>	2,712.59
nR	135.63
L(z)	0.0590485
z	1.17
R <sub>2</sub>	3,856.08

1-F(z)	0.12100
--------	---------

Q	97.63
R	45.94

Q <sub>3</sub>	2,718.38
nR	135.92
L(z)	0.0591745
z	1.17
R <sub>3</sub>	3,856.08

1-F(z)	0.12100
--------	---------

Q	5.79
R	0.00

Q <sub>4</sub>	2,722.45
nR	136.12
L(z)	0.0592631
z	1.17
R <sub>4</sub>	3,856.08

1-F(z)	0.12100
--------	---------

Q	4.07
R	0.00

Q <sub>5</sub>	2,725.3110
nR	136.2656
L(z)	0.0593254
z	1.17
R <sub>5</sub>	3,856.08

1-F(z)	0.12100
--------	---------

Q	2.86
R	0.00

Q <sub>6</sub>	2,727.3263
nR	136.3663
L(z)	0.0593693
z	1.17
R <sub>6</sub>	3,856.08

1-F(z)	0.12100
--------	---------

Q	2.02
R	0.00

Q <sub>7</sub>	2,728.7449
nR	136.4372
L(z)	0.0594002
z	1.17
R <sub>7</sub>	3,856.0843

1-F(z)	0.12100
--------	---------

Q	1.42
R	0.00

Q <sub>8</sub>	2,729.7436
nR	136.4872
L(z)	0.0594219
z	1.17
R <sub>8</sub>	3,856.08

1-F(z)	0.12100
--------	---------

Q	1.00
R	0.00

## Aceite

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	TAM-GFO	6,297	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Aceite	3,148.45	g / trimestre

Variabes del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	3,148.45	g/trimestre
h	0.15339	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	1.00	trimestre
$\sigma_{l''}$	838.09	
$\mu_{l''}$	2,022.73	
$\beta$	0.95	

### Proceso Iterativo

Q <sub>0</sub>	1,138.1953
nR	56.9098
L(z)	0.0679037
z	1.11
R <sub>0</sub>	2,953.0204

1-F(z)	0.1335
--------	--------

Q <sub>1</sub>	1,641.6966
nR	82.0848
L(z)	0.0979422
z	0.91
R <sub>1</sub>	2,785.4014

1-F(z)	0.1814
--------	--------

Q	503.50
R	167.62

Q <sub>2</sub>	1,677.3549
nR	83.8677
L(z)	0.1000695
z	0.90
R <sub>2</sub>	2,777.0204

1-F(z)	0.1841
--------	--------

Q	35.66
R	8.38

Q <sub>3</sub>	1,681.5323
nR	84.0766
L(z)	0.1003187
z	0.90
R <sub>3</sub>	2,777.0204

1-F(z)	0.1841
--------	--------

Q	4.18
R	0.00

Q <sub>4</sub>	1,683.0888
nR	84.1544
L(z)	0.1004116
z	0.90
R <sub>4</sub>	2,777.0204

1-F(z)	0.1841
--------	--------

Q	1.56
R	0.00

Q <sub>5</sub>	1,683.6691
nR	84.1835
L(z)	0.1004462
z	0.90
R <sub>5</sub>	2,777.02

1-F(z)	0.1841
--------	--------

Q	0.58
R	0.00

## Anexo 29. Modelo (Q, r) Materia Prima de MVE-NGR

### Fibra A

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Fibra A	1,279,344.69	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	1,279,344.69	g/trimestre
h	20.49	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.500	trimestre
$\sigma_{l''''}$	280,690.40	
$\mu_{l''''}$	333,682.83	
$\beta$	0.95	

#### Proceso Iterativo

Q <sub>0</sub>	1,985.07
nR	99.25
L(z)	0.000354
z	3.00
R <sub>0</sub>	1,175,754.03

Q <sub>1</sub>	141,818.36
nR	7090.92
L(z)	0.0252624
z	1.56
R <sub>1</sub>	771559.86

1-F(z)	0.0014
--------	--------

1-F(z)	0.0594
--------	--------

Q	139,833.29
R	404,194.17

Q <sub>2</sub>	238,767.94
nR	11938.40
L(z)	0.0425323
z	1.33
R <sub>2</sub>	707,001.06

Q <sub>3</sub>	260,110.95
nR	13005.55
L(z)	0.0463341
z	1.29
R <sub>3</sub>	695,773.45

Q <sub>4</sub>	264,086.95
nR	13204.35
L(z)	0.0470424
z	1.28
R <sub>4</sub>	692,966.54

1-F(z)	0.0918
--------	--------

1-F(z)	0.0985
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

Q	96,949.59
R	64,558.79

Q	21,343.00
R	11,227.62

Q	3,976.00
R	2,806.90

Q <sub>5</sub>	263,312.02
nR	13165.60
L(z)	0.0469044
z	1.28
R <sub>5</sub>	692,966.54

Q <sub>6</sub>	262,539.46
nR	13126.97
L(z)	0.0467667
z	1.29
R <sub>6</sub>	695,773.45

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.0985
--------	--------

Q	774.93
R	0.00

Q	772.56
R	2,806.90

**Fibra B**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Fibra B	548,290.58	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	548,290.58	g/trimestre
h	8.79	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.500	trimestre
$\sigma_{l''''}$	120,295.88	
$\mu_{l''''}$	143,006.93	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,984.16
nR	99.21
L(z)	0.000825
z	2.79
R <sub>0</sub>	478,632.45

Q <sub>1</sub>	76,365.2962
nR	3818.26
L(z)	0.0317406
z	1.47
R <sub>1</sub>	319841.88

1-F(z)	0.0026
--------	--------

1-F(z)	0.0708
--------	--------

Q	74,381.14
R	158,790.57

Q <sub>2</sub>	107,897.08
nR	5394.85
L(z)	0.0448465
z	1.31
R <sub>2</sub>	300594.54

Q <sub>3</sub>	113,491.13
nR	5674.56
L(z)	0.0471717
z	1.28
R <sub>3</sub>	296985.66

Q <sub>4</sub>	113,186.46
nR	5659.32
L(z)	0.0470450
z	1.28
R <sub>4</sub>	296985.66

1-F(z)	0.0951
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.1003
--------	--------

Q	31,531.78
R	19,247.34

Q	5,594.05
R	3,608.88

Q	304.67
R	0.00

Q <sub>5</sub>	112,882.79
nR	5644.14
L(z)	0.0469188
z	1.28
R <sub>5</sub>	296,985.66

Q <sub>6</sub>	112,580.12
nR	5629.01
L(z)	0.0467930
z	1.29
R <sub>6</sub>	298188.62

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.0985
--------	--------

Q	303.67
R	0.00

Q	302.67
R	1,202.96

**Resina 1**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 1	160,831.90	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	160,831.90	g/trimestre
h	2.58	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.044	trimestre
$\sigma_{l''}$	10,520.49	
$\mu_{l''}$	3,728.77	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,985.07
nR	99.25
L(z)	0.009434
z	1.96
R <sub>0</sub>	24,348.93

Q <sub>1</sub>	8,408.88
nR	420.44
L(z)	0.039964
z	1.36
R <sub>1</sub>	18,036.64

1-F(z)	0.0250
--------	--------

1-F(z)	0.0869
--------	--------

Q	6,423.81
R	6,312.29

Q <sub>2</sub>	10,067.90
nR	503.39
L(z)	0.047849
z	1.28
R <sub>2</sub>	17,195.00

Q <sub>3</sub>	10,416.09
nR	520.80
L(z)	0.049504
z	1.26
R <sub>3</sub>	16,984.59

Q <sub>4</sub>	10,413.18
nR	520.66
L(z)	0.049490
z	1.26
R <sub>4</sub>	16,984.59

1-F(z)	0.1003
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1,659.01
R	841.64

Q	348.20
R	210.41

Q	2.91
R	0.00

Q <sub>5</sub>	10,410.48
nR	520.52
L(z)	0.0494772
z	1.26
R <sub>5</sub>	16984.59

Q <sub>6</sub>	10,407.97
nR	520.40
L(z)	0.049465
z	1.26
R <sub>6</sub>	16,984.59

Q <sub>7</sub>	10,405.63
nR	520.28
L(z)	0.049454
z	1.26
R <sub>7</sub>	16,984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	2.70
R	0.00

Q	2.51
R	0.00

Q	2.34
R	0.00

Q <sub>8</sub>	10,403.46
nR	520.17
L(z)	0.0494438
z	1.26
R <sub>8</sub>	16984.59

Q <sub>9</sub>	10,401.45
nR	520.07
L(z)	0.049434
z	1.26
R <sub>9</sub>	16,984.59

Q <sub>10</sub>	10,399.57
nR	519.98
L(z)	0.049425
z	1.26
R <sub>10</sub>	16,984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	2.17
R	0.00

Q	2.02
R	0.00

Q	1.88
R	0.00

### Continuación proceso iterativo Resina 1

Q <sub>11</sub>	10,397.83
nR	519.89
L(z)	0.0494170
z	1.26
R <sub>11</sub>	16984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1.74
R	0.00

Q <sub>12</sub>	10,396.21
nR	519.81
L(z)	0.049409
z	1.26
R <sub>12</sub>	16,984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1.62
R	0.00

Q <sub>13</sub>	10,394.70
nR	519.73
L(z)	0.049402
z	1.26
R <sub>13</sub>	16,984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1.51
R	0.00

Q <sub>14</sub>	10,393.30
nR	519.66
L(z)	0.0493955
z	1.26
R <sub>14</sub>	16984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1.40
R	0.00

Q <sub>15</sub>	10,392.00
nR	519.60
L(z)	0.049389
z	1.26
R <sub>15</sub>	16,984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1.30
R	0.00

Q <sub>16</sub>	10,390.79
nR	519.54
L(z)	0.049384
z	1.26
R <sub>16</sub>	16,984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1.21
R	0.00

Q <sub>17</sub>	10,389.66
nR	519.48
L(z)	0.0493782
z	1.26
R <sub>18</sub>	16984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1.12
R	0.00

Q <sub>19</sub>	10,388.62
nR	519.43
L(z)	0.049373
z	1.26
R <sub>19</sub>	16,984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1.04
R	0.00

Q <sub>20</sub>	10,387.65
nR	519.38
L(z)	0.049369
z	1.26
R <sub>20</sub>	16,984.59

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	0.97
R	0.00

**Resina 2**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061.41	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 2	115,344.09	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	115,344.09	g/trimestre
h	1.85	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''''}$	7,545.00	
$\mu_{l''''}$	2,674.17	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,985.07
nR	99.25
L(z)	0.0131549
z	1.83
R <sub>0</sub>	16,481.52

Q <sub>1</sub>	6,512.96
nR	325.65
L(z)	0.0431608
z	1.32
R <sub>1</sub>	12,633.57

1-F(z)	0.03360
--------	---------

1-F(z)	0.09340
--------	---------

Q	4,527.90
R	3,847.95

Q <sub>2</sub>	7,498.69
nR	374.93
L(z)	0.0496931
z	1.26
R <sub>2</sub>	12,180.87

Q <sub>3</sub>	7,733.69
nR	386.68
L(z)	0.0512505
z	1.24
R <sub>3</sub>	12,029.97

Q <sub>4</sub>	7,705.52
nR	385.28
L(z)	0.0510638
z	1.24
R <sub>4</sub>	12,029.97

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.10750
--------	---------

1-F(z)	0.10750
--------	---------

Q	985.72
R	452.70

Q	235.00
R	150.90

Q	28.17
R	0.00

Q <sub>5</sub>	7,680.95
nR	384.05
L(z)	0.0509009
z	1.25
R <sub>5</sub>	12105.42

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	24.57
R	75.45

**Resina 3**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 3	127,528.33	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	127,528.33	g/trimestre
h	2.04	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''}$	8,342.00	
$\mu_{l''}$	2,956.65	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,985.07
nR	99.25
L(z)	0.0118980
z	1.87
R <sub>0</sub>	18,556.20

Q <sub>1</sub>	7,026.80
nR	351.34
L(z)	0.0421170
z	1.34
R <sub>1</sub>	14,134.94

1-F(z)	0.0307
--------	--------

1-F(z)	0.0901
--------	--------

Q	5,041.73
R	4,421.26

Q <sub>2</sub>	8,275.08
nR	413.75
L(z)	0.0495989
z	1.26
R <sub>2</sub>	13,467.6

Q <sub>3</sub>	8,439.07
nR	421.95
L(z)	0.0505818
z	1.25
R <sub>3</sub>	13,384.16

Q <sub>4</sub>	8,450.30
nR	422.51
L(z)	0.0506491
z	1.25
R <sub>4</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.1057
--------	--------

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	1,248.28
R	667.36

Q	163.99
R	83.42

Q	11.23
R	0.00

Q <sub>5</sub>	8,460.37
nR	423.02
L(z)	0.0507094
z	1.25
R <sub>5</sub>	13,384.16

Q <sub>6</sub>	8,469.39
nR	423.47
L(z)	0.050764
z	1.25
R <sub>6</sub>	13,384.16

Q <sub>7</sub>	8,477.49
nR	423.87
L(z)	0.050812
z	1.25
R <sub>7</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

1-F(z)	0.1057
--------	--------

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	10.07
R	0.00

Q	9.03
R	0.00

Q	8.10
R	0.00

Q <sub>8</sub>	8,484.75
nR	424.24
L(z)	0.0508556
z	1.25
R <sub>8</sub>	13384.16

Q <sub>9</sub>	8,491.27
nR	424.56
L(z)	0.050895
z	1.25
R <sub>9</sub>	13,384.16

Q <sub>10</sub>	8,497.11
nR	424.86
L(z)	0.050930
z	1.25
R <sub>10</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

1-F(z)	0.1057
--------	--------

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	7.26
R	0.00

Q	6.51
R	0.00

Q	5.84
R	0.00

### Continuación proceso iterativo Resina 3

Q <sub>11</sub>	8,502.35
nR	425.12
L(z)	0.0509611
z	1.25
R <sub>11</sub>	13384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	5.24
R	0.00

Q <sub>12</sub>	8,507.06
nR	425.35
L(z)	0.050989
z	1.25
R <sub>12</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	4.70
R	0.00

Q <sub>13</sub>	8,511.28
nR	425.56
L(z)	0.051015
z	1.25
R <sub>13</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	4.22
R	0.00

Q <sub>14</sub>	8,515.06
nR	425.75
L(z)	0.0510373
z	1.25
R <sub>14</sub>	13384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	3.79
R	0.00

Q <sub>15</sub>	8,518.46
nR	425.92
L(z)	0.051058
z	1.25
R <sub>15</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	3.40
R	0.00

Q <sub>16</sub>	8,521.51
nR	426.08
L(z)	0.051076
z	1.25
R <sub>16</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	3.05
R	0.00

Q <sub>17</sub>	8,524.25
nR	426.21
L(z)	0.0510923
z	1.25
R <sub>18</sub>	13384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	2.74
R	0.00

Q <sub>19</sub>	8,526.70
nR	426.34
L(z)	0.051107
z	1.25
R <sub>19</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	2.46
R	0.00

Q <sub>20</sub>	8,528.91
nR	426.45
L(z)	0.051120
z	1.25
R <sub>20</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	2.20
R	0.00

Q <sub>21</sub>	8,530.88
nR	426.54
L(z)	0.0511321
z	1.25
R <sub>18</sub>	13384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	1.98
R	0.00

Q <sub>22</sub>	8,532.66
nR	426.63
L(z)	0.051143
z	1.25
R <sub>19</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	1.78
R	0.00

Q <sub>23</sub>	8,534.25
nR	426.71
L(z)	0.051152
z	1.25
R <sub>20</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	1.59
R	0.00

### Continuación proceso iterativo Resina 3

Q <sub>24</sub>	8,535.68
nR	426.78
L(z)	0.0511609
z	1.25
R <sub>18</sub>	13384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	1.43
R	0.00

Q <sub>25</sub>	8,536.96
nR	426.85
L(z)	0.051169
z	1.25
R <sub>19</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	1.28
R	0.00

Q <sub>26</sub>	8,538.12
nR	426.91
L(z)	0.051175
z	1.25
R <sub>20</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	1.15
R	0.00

Q <sub>27</sub>	8,539.15
nR	426.96
L(z)	0.0511817
z	1.25
R <sub>18</sub>	13384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	1.03
R	0.00

Q <sub>28</sub>	8,540.08
nR	427.00
L(z)	0.051187
z	1.25
R <sub>28</sub>	13,384.16

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	0.93
R	0.00

**Resina 4**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 4	151,896.80	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	151,896.80	g/trimestre
h	2.43	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''}$	9,936.02	
$\mu_{l''}$	3,521.62	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,985.07
nR	99.25
L(z)	0.0099893
z	1.95
R <sub>0</sub>	22,896.85

Q <sub>1</sub>	8,232.81
nR	411.64
L(z)	0.0414291
z	1.34
R <sub>1</sub>	16,835.88

1-F(z)	0.0256
--------	--------

1-F(z)	0.0901
--------	--------

Q	6,247.74
R	6,060.97

Q <sub>2</sub>	9,550.02
nR	477.50
L(z)	0.0480576
z	1.27
R <sub>2</sub>	16,140.4

Q <sub>3</sub>	9,766.25
nR	488.31
L(z)	0.0491457
z	1.26
R <sub>3</sub>	16,041.00

Q <sub>4</sub>	9,810.38
nR	490.52
L(z)	0.0493678
z	1.26
R <sub>4</sub>	16,041.00

1-F(z)	0.1020
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	1,317.22
R	695.52

Q	216.23
R	99.36

Q	44.13
R	0.00

Q <sub>5</sub>	9,851.24
nR	492.56
L(z)	0.0495734
z	1.26
R <sub>5</sub>	16,041.00

Q <sub>6</sub>	9,889.06
nR	494.45
L(z)	0.0497637
z	1.26
R <sub>6</sub>	16041.00

Q <sub>7</sub>	9,924.10
nR	496.21
L(z)	0.049940
z	1.26
R <sub>7</sub>	16,041.00

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

1-F(z)	0.1038
--------	--------

Q	40.85
R	0.00

Q	37.83
R	0.00

Q	35.04
R	0.00

Q <sub>8</sub>	9,956.56
nR	497.83
L(z)	0.0501034
z	1.25
R <sub>8</sub>	15941.64

1-F(z)	0.1057
--------	--------

Q	32.46
R	99.36

## Resina 5

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 5	812.28	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	812.28	g/trimestre
h	0.01301	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''}$	53.13	
$\mu_{l''}$	18.83	
$\beta$	0.95	

## Proceso Iterativo

Q <sub>0</sub>	1,985.07
nR	99.25
L(z)	1.8679904
z	0.00
R <sub>0</sub>	18.83

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q <sub>1</sub>	2,193.48
nR	109.67
L(z)	2.0641062
z	0.00
R <sub>1</sub>	18.83

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	208.41
R	0.00

Q <sub>2</sub>	2,216.50
nR	110.82
L(z)	2.0857705
z	0.00
R <sub>2</sub>	18.8

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	23.02
R	0.00

Q <sub>3</sub>	2,219.05
nR	110.95
L(z)	2.0881761
z	0.00
R <sub>3</sub>	18.83

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	2.56
R	0.00

Q <sub>4</sub>	2,219.34
nR	110.97
L(z)	2.0884434
z	0.00
R <sub>4</sub>	18.83

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	0.28
R	0.00

**Resina 6**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 6	1,218.42	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	1,218.42	g/trimestre
h	0.01952	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''}$	79.70	
$\mu_{l''}$	28.25	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,985.0680
nR	99.2534
L(z)	1.2453270
z	0.00
R <sub>0</sub>	28.2483

Q <sub>1</sub>	2,193.4754
nR	109.6738
L(z)	1.3760708
z	0.00
R <sub>1</sub>	28.2483

1-F(z)	0.5000
--------	--------

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	208.41
R	0.00

Q <sub>2</sub>	2,216.4976
nR	110.8249
L(z)	1.3905137
z	0.00
R <sub>2</sub>	28.2483

Q <sub>3</sub>	2,219.0539
nR	110.9527
L(z)	1.3921174
z	0.00
R <sub>3</sub>	28.2483

Q <sub>4</sub>	2,219.3380
nR	110.9669
L(z)	1.3922956
z	0.00
R <sub>4</sub>	28.2483

1-F(z)	0.5000
--------	--------

1-F(z)	0.5000
--------	--------

1-F(z)	0.5000
--------	--------

Q	23.02
R	0.00

Q	2.56
R	0.00

Q	0.28
R	0.00

**Resina 7**

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Resina 7	51,579.93	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	51,579.93	g/trimestre
h	0.82615	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	0.04	trimestre
$\sigma_{l''}$	3,374.00	
$\mu_{l''}$	1,195.84	
$\beta$	0.95	

**Proceso Iterativo**

Q <sub>0</sub>	1,985.0680
nR	99.2534
L(z)	0.0294172
z	1.50
R <sub>0</sub>	6,256.8368

Q <sub>1</sub>	3,965.3824
nR	198.2691
L(z)	0.0587639
z	1.18
R <sub>1</sub>	5,177.1583

1-F(z)	0.0668
--------	--------

1-F(z)	0.1190
--------	--------

Q	1,980.31
R	1,079.68

Q <sub>2</sub>	4,257.7432
nR	212.8872
L(z)	0.0630965
z	1.14
R <sub>2</sub>	5,042.1985

Q <sub>3</sub>	4,272.2603
nR	213.6130
L(z)	0.0633116
z	1.14
R <sub>3</sub>	5,042.1985

Q <sub>4</sub>	4,281.6577
nR	214.0829
L(z)	0.0634509
z	1.14
R <sub>4</sub>	5,042.1985

1-F(z)	0.1271
--------	--------

1-F(z)	0.1271
--------	--------

1-F(z)	0.1271
--------	--------

Q	292.36
R	134.96

Q	14.52
R	0.00

Q	9.40
R	0.00

Q <sub>5</sub>	4,287.7448
nR	214.3872
L(z)	0.0635411
z	1.14
R <sub>5</sub>	5,042.20

Q <sub>6</sub>	4,291.6894
nR	214.5845
L(z)	0.0635995
z	1.14
R <sub>6</sub>	5042.20

Q <sub>7</sub>	4,294.25
nR	214.71
L(z)	0.063637
z	1.14
R <sub>7</sub>	5,042.20

1-F(z)	0.1271
--------	--------

1-F(z)	0.1271
--------	--------

1-F(z)	0.1271
--------	--------

Q	6.09
R	0.00

Q	3.94
R	0.00

Q	2.56
R	0.00

Q <sub>8</sub>	4,295.90
nR	214.80
L(z)	0.0636620
z	1.14
R <sub>8</sub>	5042.20

Q <sub>9</sub>	4,296.98
nR	214.85
L(z)	0.063678
z	1.14
R <sub>9</sub>	5,042.20

Q <sub>10</sub>	4,297.68
nR	214.88
L(z)	0.063688
z	1.14
R <sub>10</sub>	5,042.20

1-F(z)	0.1271
--------	--------

1-F(z)	0.1271
--------	--------

1-F(z)	0.1271
--------	--------

Q	1.66
R	0.00

Q	1.07
R	0.00

Q	0.70
R	0.00

## Aceite

		Pronostico Demanda	Unidades
Producto	MVE-NGR	4,061	m <sup>2</sup> / trimestre
Componente Materia Prima	Aceite	3,249.13	g / trimestre

Variables del Modelo	Valor	Unidades
A	31.56	\$/pedido
D	3,249.13	g/trimestre
h	0.04879	\$/trimestre
Tiempo Reabastecimiento (l)	1.00	trimestre
$\sigma_{l''}$	1,008.14	
$\mu_{l''}$	1,694.90	
$\beta$	0.95	

### Proceso Iterativo

Q <sub>0</sub>	2,050.1694
nR	102.5085
L(z)	0.1016805
z	0.90
R <sub>0</sub>	2,602.2253

Q <sub>1</sub>	2,681.2451
nR	134.0623
L(z)	0.1329795
z	0.75
R <sub>1</sub>	2,451.0039

1-F(z)	0.1841
--------	--------

1-F(z)	0.2267
--------	--------

Q	631.08
R	151.22

Q <sub>2</sub>	2,725.1182
nR	136.2559
L(z)	0.1351554
z	0.73
R <sub>2</sub>	2,430.8411

Q <sub>3</sub>	2,717.6913
nR	135.8846
L(z)	0.1347870
z	0.73
R <sub>3</sub>	2,430.8411

Q <sub>4</sub>	2,715.6578
nR	135.7829
L(z)	0.1346862
z	0.73
R <sub>4</sub>	2,430.8411

1-F(z)	0.2327
--------	--------

1-F(z)	0.2327
--------	--------

1-F(z)	0.2327
--------	--------

Q	43.87
R	20.16

Q	7.43
R	0.00

Q	2.03
R	0.00

Q <sub>5</sub>	2,715.1012
nR	135.7551
L(z)	0.1346586
z	0.73
R <sub>5</sub>	2,430.84

1-F(z)	0.2327
--------	--------

Q	0.56
R	0.00