

**APLICACIÓN DE UN SISTEMA CONJUNTO DE REABASTECIMIENTO PARA  
EL CONTROL DE INVENTARIOS DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA  
DE REPUESTOS IMPORTADOS**

**ANDRÉS FERNANDO GARZÓN BENITEZ**

**LADY JOHANNA RENDÓN ZAPATA**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SANTIAGO DE CALI**

**2012**

**APLICACIÓN DE UN SISTEMA CONJUNTO DE REABASTECIMIENTO PARA  
EL CONTROL DE INVENTARIOS DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA  
DE REPUESTOS IMPORTADOS**

**ANDRÉS FERNANDO GARZÓN BENITEZ**

**LADY JOHANNA RENDÓN ZAPATA**

**Proyecto de grado para optar al título de  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**TUTOR DEL PROYECTO**

**M.Sc. Fernando Quintero Moreno**

**Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SANTIAGO DE CALI**

**2012**

## CONTENIDO

	Pág.
1. APLICACIÓN DE UN SISTEMA CONJUNTO DE REABASTECIMIENTO PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE RESPUESTOS IMPORTADOS .....	12
1.1 TÍTULO.....	12
1.2 PROBLEMA.....	12
1.2.1 Análisis del Problema.....	12
1.2.2 Justificación.....	15
1.2.3 Delimitación y alcance.....	15
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO .....	17
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. METODOLOGÍA.....	18
3.1 ETAPAS.....	18
3.1.1 Etapa 1 – Marco de referencia consolidado .....	18
3.1.2 Etapa 2 – Acercamiento con la empresa, información recopilada.....	18
3.1.3 Etapa 3 - Comportamiento y naturaleza de la demanda de las referencias de repuestos diferenciada y evaluada.....	19
3.1.4 Etapa 4 - Criterios de selección y/o agrupación de referencias a consolidar en el sistema de control de Inventarios definidos.....	19
3.1.5 Etapa 5 - Sistema conjunto, costo eficiente y diferenciado de control de inventarios desarrollado.....	20
3.1.6 Etapa 6 - Sistema de almacenamiento diagnosticado y recomendado	20
4. MARCO DE REFERENCIA .....	21
4.1 ANTECEDENTES.....	21
4.2 MARCO TEÓRICO .....	22
4.2.1 Fundamentos de Inventarios.....	22
4.2.2 Clasificación ABC.....	23
4.2.3 Perfil y predicción de la demanda .....	25
4.2.4 Sistemas de reabastecimiento para demanda constante y probabilística.....	35

4.2.5	Sistemas de reabastecimiento conjunto.....	39
5.	ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.....	43
1.1	RECURSOS .....	43
1.2	EQUIPO DE INVESTIGACIÓN.....	44
4.2	MATRIZ DE MARCO LÓGICO.....	44
4.3	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	44
6.	DESARROLLO DEL PROYECTO .....	45
6.1	COMPORTAMIENTO Y NATURALEZA DE LA DEMANDA.....	45
6.1.1	Correlación entre demanda de repuestos y máquinas instaladas .....	45
6.1.2	Comportamiento de las demandas históricas .....	50
6.2	CRITERIOS DE SELECCIÓN Y/O AGRUPACIÓN DE REFERENCIAS A CONSOLIDAR EN EL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS DEFINIDOS	
	55	
6.2.1	Clasificación ABC.....	55
6.3	COMPORTAMIENTO DE LAS DEMANDAS DE LOS ITEMS CLASIFICADOS .....	57
6.3.1	Análisis de tendencia .....	57
6.3.2	Estacionalidad.....	59
6.3.3	Estudio de ajustes probabilísticos .....	59
6.3.4	Comportamiento errático e intermitente .....	61
6.3.5	Clasificación de variabilidad por tamaño de la demanda .....	62
6.3.6	Pronóstico de demandas.....	63
6.4	SISTEMA DE REABASTECIMIENTO CONJUNTO, COSTO EFICIENTE Y DIFERENCIADO DE CONTROL DE INVENTARIOS DESARROLLADO .....	70
6.4.1	Costos relacionados.....	70
6.4.2	Cálculo de costos de fletes y de importación .....	72
6.4.3	Desarrollo del sistema de revisión periódica. ....	74
6.4.4	Establecimiento de Inventarios de Seguridad y Nivel de Inventario meta	77
6.5	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DIAGNOSTICADO Y RECOMENDADO.....	79
6.5.1	Diagnostico .....	79
6.5.2	Recomendación .....	81
7.	CONCLUSIONES .....	84

8. RECOMENDACIONES.....85  
9. BIBLIOGRAFIA.....86  
10. ANEXOS.....88

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> - Clasificación de Demandas y Aplicaciones .....	26
<b>Tabla 2</b> – Máquinas Instaladas por año ( única referencia ).....	45
<b>Tabla 3</b> - Ítems dependientes de las máquinas instaladas .....	48
<b>Tabla 4</b> - Ítems Independientes de las máquinas instaladas .....	49
<b>Tabla 5</b> – Proporción de ítems dependientes e independientes.....	50
<b>Tabla 6</b> - Criterios de decisión para variabilidad de demanda.....	51
<b>Tabla 7</b> - Repuestos de Alta Variabilidad .....	52
<b>Tabla 8</b> - Repuestos de Variabilidad Moderada.....	52
<b>Tabla 9</b> - Repuestos de Variabilidad Baja .....	53
<b>Tabla 10</b> –Proporción de ítems por variabilidad de la demanda.....	53
<b>Tabla 11</b> - Número de ítems clasificados en ABC .....	56
<b>Tabla 12</b> – Ítems con Clasificacipon A y B .....	56
<b>Tabla 13</b> - Análisis de tendencia en cada ítem.....	58
<b>Tabla 14</b> - Ajustes de probabilidad .....	60
<b>Tabla 15</b> - Meses de Demanda Nula .....	61
<b>Tabla 16</b> – Diferencia entre la demanda más baja y más alta.....	62
<b>Tabla 17</b> - Clasificación de Variabilidad.....	63
<b>Tabla 18</b> - Modelos de pronóstico seleccionado.....	64
<b>Tabla 19</b> – Pronóstico Suavización Exponencial Simple de <i>Film PPP90, 325mm</i> .....	65
<b>Tabla 20</b> - Pronóstico Suavización Exponencial Doble de <i>Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I</i> .....	67
<b>Tabla 21</b> - Pronóstico método de Croston Modificado (SAB) de <i>Insulaton</i> .....	68
<b>Tabla 22</b> –Resultado de Pronósticos y error por ítem .....	69
<b>Tabla 23</b> –Cálculo de EOQ y Tiempo de revisión.....	75
<b>Tabla 24</b> - Alfa encontrados para encontrar el periodo base .....	76
<b>Tabla 25</b> - Sistema de Gestión de Inventario .....	77
<b>Tabla 26</b> - Inventarios de Seguridad y Nivel de Inventarios Meta.....	78

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> - Clasificación de demanda de Repuestos ADI vs CV .....	27
<b>Figura 2</b> – Patrón de demanda Slow-moving .....	28
<b>Figura 3</b> - Patrón de demanda Intermitente .....	28
<b>Figura 4</b> – Patrón de demanda errática.....	29
<b>Figura 5</b> – Patrón de demanda <i>Lumpy</i> .....	29
<b>Figura 6</b> - Sistema de reabastecimiento conjunto con revisión periódica.....	42
<b>Figura 7</b> - Maquinas Instaladas por Año .....	46
<b>Figura 8</b> - Correlación Air NitrogenCartidge versus maquinas instaladas .....	46
<b>Figura 9</b> - No Correlación. Resistancewire 3 x 420 x 0.3, FP-profileversus máquinas instaladas. ....	47
<b>Figura 10</b> - Correlación con tendencia negativa. Insulaton versus máquinas instaladas.....	47
<b>Figura 11</b> - Demanda. Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal) .....	51
<b>Figura 12</b> - Distribución porcentual de ítems dentro de la clasificación ABC .....	55
<b>Figura 13</b> - Contraste de demandas año 2009, 2010 y 2011 de Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I.....	59
<b>Figura 14</b> - Pronóstico Suavización Exponencial Simple de Film PPP90, 325mm. ....	66
<b>Figura 15</b> - Pronóstico Suavización Exponencial Doble de Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I.....	67
<b>Figura 16</b> - Pronóstico Suavización Exponencial Doble de Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I.....	69
<b>Figura 17</b> - Relación de Costo de envío y peso enviado.....	73
<b>Figura 18</b> - Relación de costos asociados a importación y número de referencias pedidas .....	74

## LISTA DE IMAGENES

	Pág
<b>Imagen 1</b> - Máquina de envasado para material de empaque UHT .....	13
<b>Imagen 2</b> - O-Ring .....	14
<b>Imagen 3</b> - Adjustment Screw .....	14
<b>Imagen 4</b> - Adjustment Sleeve .....	14
<b>Imagen 5</b> - Gasket P1D-6NRN .....	14
<b>Imagen 6</b> - Captura de pantalla. Análisis de tendencia para <i>Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I</i> .....	57
<b>Imagen 7</b> - Captura de pantalla ajuste de probabilidad para <i>Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I</i> .....	60
<b>Imagen 8</b> - Almacenamiento fase inicial.....	79
<b>Imagen 9</b> - Almacenamiento fase inicial.....	79
<b>Imagen 10</b> - Almacenamiento actual.....	80
<b>Imagen 11</b> - Almacenamiento actual.....	81
<b>Imagen 12</b> - Gabinete de cajón para almacenamiento de alta densidad.....	82
<b>Imagen 13</b> - Gabinetes de cajón para almacenamiento de alta densidad.....	82
<b>Imagen 14</b> - Etiqueta recomendada .....	83



## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> - Matriz de marco lógico .....	88
<b>Anexo 2</b> - Cronograma de actividades .....	90
<b>Anexo 3</b> - Demanda ítems seleccionados año 2009 .....	91
<b>Anexo 4</b> - Demanda ítems seleccionados año 2010 .....	92
<b>Anexo 5</b> - Demanda ítems seleccionados año 2011 .....	93
<b>Anexo 6</b> - Relación de costos de cada ítem. ....	94

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto de grado consiste en la realización y evaluación de un sistema de reabastecimiento conjunto para una empresa colombiana que importa y comercializa repuestos para una máquina de envasado en la industria láctea. La empresa comercializa los repuestos de esta máquina, que son principalmente usados por sus clientes en la gestión de mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos. Por su parte las máquinas son vendidas, importadas desde el exterior y posteriormente instaladas; adicional a esto la empresa da servicio y soporte técnico basado principalmente en diagnóstico, recomendación y respuesta ante eventualidades.

En primer lugar se estableció una serie de criterios para la realización de una clasificación ABC, logrando hacer una selección de los repuestos más representativos en términos de costos de compra para la empresa.

Se establecieron modelos de pronósticos a las demandas de repuestos, con base en un análisis de la naturaleza de la demanda, que permitió hacer un perfil de estas con el cual se llegó a un acercamiento a las características propias de este tipo ítems, para finalmente aplicar el modelo de pronósticos que mejor se adaptaba a las características de esta demanda.

Aspectos como gestiones de importación, nacionalización y transporte internacional de los repuestos, fueron abordados dentro del proyecto y tenidos en cuenta minuciosamente para la realización del prorrateo de costos que se llevó a cabo.

La unión de los aspectos anteriormente abordados nos permitió la realización de un sistema de reabastecimiento conjunto, que permitiera realizar un balance entre los costos y las cantidades a ordenar con una frecuencia apropiada.

# **1. APLICACIÓN DE UN SISTEMA CONJUNTO DE REABASTECIMIENTO PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE RESPUESTOS IMPORTADOS**

## **1.1 TÍTULO**

Desarrollo del sistema de control de inventarios para la empresa importadora de repuestos XYZ.

## **1.2 PROBLEMA**

La empresa XYZ no cuenta con una herramienta de gestión eficiente en costos que le permita evaluar y controlar el sistema de inventarios de repuestos.

### **1.2.1 Análisis del Problema**

XYZ es una empresa que representa en Colombia a una compañía finlandesa, especialista en diseñar y producir máquinas de envasado para material de empaque UHT (Ultra Pasteurización en Altas Temperaturas), ver Imagen 1. XYZ además de buscar mercado para las envasadoras, da soporte en repuestos requeridos de esta maquinaria y en servicio técnico e ingeniería. La línea de comercialización de repuestos genera procesos de negocios de importación y coordinación entre la demanda y reabastecimiento de dos tipos de repuestos: remplazo por desgaste y de falla por daños (confiabilidad). Entre el grupo de repuestos de desgaste se encuentran las telas de teflón para evitar filtraciones, las siliconas de sellado, empaquetaduras y las membranas de expansión. En total se contabilizan 77 referencias entre los dos tipos mencionados, ver imágenes 2 a 5. Todos los repuestos son pedidos a su representado en el exterior y se despliega una gestión de transporte internacional, nacionalización de mercancías, pago de impuestos de importación, almacenamiento en bodega en sede Cali y envío de producto a clientes en el territorio nacional.

La empresa recibe durante cada mes órdenes de compra de sus 19 clientes actuales en Colombia, todas pertenecientes al sector lácteo, se consolidan y procede, dentro de la misma periodicidad, a calcular cantidades de pedido de cada ítem a partir de un modelo empírico, donde para cada uno se ha establecido un nivel de referencia, basado en la experiencia del personal encargado de la gestión de inventarios y luego éste se compara frente a una demanda promedio de los meses transcurridos del año. Si bien este modelo, según antecedentes, ha

permitido estimar cantidades de pedido que aseguran convenientes niveles de servicio, no considera patrones de demanda y predicciones basadas en modelos de pronósticos, ni tampoco un balance entre costos de compra, transporte, aranceles, servicio de agenciamiento aduanero y los costos fijos de pedido, tanto por la agregación de todas las referencias (costo mayor) como por la inclusión de una línea de referencia (costo menor).

Ante este panorama, se presenta una oportunidad de mejora para implementar un sistema conjunto de reabastecimiento de repuestos respecto a un único proveedor, que permita establecer en un horizonte de planeación los tiempos, las cantidades de pedido y el nivel mínimo de inventario para cada referencia. El escenario ideal de implementación sería estudiar los patrones de uso y mantenimiento de las máquinas en cada uno de los 19 clientes para predecir con mayor exactitud la cantidad y los tiempos de la demanda de repuestos, y de igual manera responder en el reabastecimiento, dicho ejercicio excede el alcance de este proyecto con propósitos académicos. Ante esto, el propósito de este proyecto se enfoca en proponer un modelo de sistema de control de inventarios a partir de la naturaleza incierta de la demanda, desconociendo los ciclos de uso y las políticas de inventario de sus clientes.

El sistema conjunto cuenta entre los supuestos una tasa de cambio promedio entre euros, dólares y pesos con mínima variabilidad en el horizonte de planeación, tiempos de entrega estimados sin varianza, precios de compra sin descuentos por rangos de cantidades y entrega total del pedido en un solo envío. En efecto, el entorno macroeconómico colombiano asegura el primer supuesto sin fluctuaciones críticas, y de otro lado, el representado consolida las cantidades y tipos de referencia en corto tiempo respecto a los terceros que las producen, fija un precio constante durante todo el año sin descuentos por cantidad y ejecuta un envío completo por cada pedido realizado.



**Imagen 1** - Máquina de envasado para material de empaque UHT



**Imagen 2 - O-Ring**



**Imagen 3 - Adjustment Screw**



**Imagen 4 - Adjustment Sleeve**



**Imagen 5 - Gasket P1D-6NRN**

### **1.2.2 Justificación**

Establecer una adecuada política de inventarios y la apropiada definición de un punto de re-orden, de cantidad a ordenar y de la frecuencia con la cual realizar una orden está estrechamente relacionado con los costos en los que se incurre en un inventario, especialmente cuando se habla de costos por faltantes que están dados por el número de unidades que no se tienen en inventario a disponibilidad del cliente en el momento en que son demandadas, estos faltantes generan una insatisfacción del cliente que al final se ve reflejado en el nivel de servicio que la compañía está brindando, por otro lado los costos en los que se incurre cuando se maneja un inventario afectan de manera directa la utilidad. De allí la importancia de definir un método que soporte y apoye la implementación de un sistema de control de inventarios con el fin de disminuir los agotados y aumentar el nivel de servicio balanceando costos.

Por otra parte, la organización en bodega y la clasificación por importancia para una variedad tan grande de referencias, permite tener un mayor control sobre el inventario físico, y a su vez permite enfocarse en las referencias que agregan valor y son representativas para la empresa XYZ.

Los ingenieros industriales deben estar en capacidad de elegir apropiadamente estrategias para una eficiente gestión de inventarios y que puedan encadenarlas, así las estrategias globales de los proyectos en los que se vean involucrados.

Este proyecto sirve de referente a empresas de similares características que necesiten abordar una problemática de inventarios vinculada a una demanda de repuestos, permitiéndoles extrapolar el proyecto a su organización.

### **1.2.3 Delimitación y alcance**

El proyecto es de tipo industrial aplicado y de diagnóstico, el cual será afrontado desde el análisis del comportamiento de demanda de los artículos con demanda independiente pasando por una clasificación ABC de los repuestos, y se seleccionarán aquellos con importancia A y B, es decir aquellos que en términos de costo y volumen son los más representativos para la empresa. Se abordará el análisis de mejores prácticas de almacenamiento para repuestos y se estudiarán las políticas de inventario que correspondan, con el fin de desarrollar una herramienta que permita el control del sistema de inventarios en compañía de una recomendación del tipo de estantería, señalización y organización

El desarrollo del proyecto será llevado a cabo para el área de almacenamiento de la empresa XYZ, entre los meses de Enero y Mayo del 2012, durante el transcurso de la segunda etapa de Proyecto de Grado.

Mediante este proyecto se logrará brindar a la empresa una alternativa de mejoramiento para la gestión de sus inventarios, que les permitirá mejorar su nivel de servicio. Con la implementación del modelo, la empresa tendrá un sistema de reabastecimiento que se acerque a la frontera eficiente, donde su stock de seguridad será determinado por la dispersión en la medición de error de sus pronósticos y un alto nivel de servicio, y su cantidad y frecuencia de reabastecimiento involucra la compensación de la curva entre costos fijos y costo de manutención de inventarios, determinada por la cantidades económica de pedido pero bajo la coordinación de múltiples ítems.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Contribuir a la gestión del sistema de inventarios para la empresa importadora de repuestos XYZ

### **2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

Desarrollar una herramienta de gestión que permita evaluar y controlar los niveles de inventario en la empresa XYZ.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comportamiento y naturaleza de la demanda de las referencias de repuestos diferenciada y evaluada.
- Criterios de selección y/o agrupación de referencias a consolidar en el sistema de control de inventarios definidos.
- Sistema conjunto, costo eficiente y diferenciado de control de inventarios desarrollado.
- Sistema de almacenamiento diagnosticado y recomendado.



### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 ETAPAS**

##### **3.1.1 Etapa 1 – Marco de referencia consolidado**

En función del logro de los objetivos de este proyecto, durante proyecto de grado I, se empezó a consolidar toda la bibliografía necesaria para la realización el estudio y realización del proyecto. Dicha búsqueda se estableció con recursos e información ubicados en:

- Biblioteca de Universidad ICESI
- Bibliografía sugerida por el tutor temático.
- Base de datos EBSCOhost®
- Base de datos Jstor®
- Internet

Para la realización del marco de referencia se han tomado en cuenta pilares teóricos necesarios encontrados en libros y revistas especializadas, así como páginas web que contribuyeron para el cumplimiento de cada uno de los objetivos, los cuales sustentarán y soportarán los estudios para realizados durante la investigación.

En este proceso se recolectaron referencias académicas de autores reconocidos en el tema de gestión de inventarios, que aportaron los tópicos más fundamentales para la clasificación y estudio de los mismos, dentro de los artículos estudiados, se encontraron casos de estudio aplicados, artículos de ingeniería y libros relacionados con la gestión de inventarios. La información consolida y resumida quedó plasmada en el marco teórico de este escrito y la cual ha sido la referencia académica durante el desarrollo del proyecto.

##### **3.1.2 Etapa 2 – Acercamiento con la empresa, información recopilada.**

Se llevó acabo el acercamiento con la empresa con el fin de acceder a la información necesaria para empezar con el desarrollo del proyecto. Dentro de la información brindada por la empresa se encuentra:

- Explicación del proceso de compra
- Demandas de repuestos de los años 2009, 2010 y 2011
- Relación de máquinas instaladas de los años 2009, 2010 y 2011
- Costos de unitario y de nacionalización de cada ítem

- Consolidado de existencias de los años 2009, 2010 y 2011
- Clasificación de ítems por tasa de rotación

### **3.1.3 Etapa 3 - Comportamiento y naturaleza de la demanda de las referencias de repuestos diferenciada y evaluada.**

Con la información suministrada por la empresa, se empezó a filtrar la información más relevante para el proyecto, lo que permitió el estudio de diferentes variables de gran importancia para el estudio; como tendencia, estacionalidad, dependencia, comportamiento errático e intermitente al igual que la realización de diferentes actividades encaminadas a la búsqueda de resultados para el primer objetivo.

Mediante el contacto con la empresa, se indagó sobre el comportamiento de las demandas, y se pudo discutir acerca posibles tendencias que pueden generar estacionalidades, derivadas del cese de actividades de su proveedor principal a mediados del año.

Se graficaron las demandas de los 77 ítems de repuestos, se encontraron posibles dependencias con las máquinas que se encuentran en el mercado y se analizó el comportamiento de cada uno de los ítems con el fin de contrastar su variabilidad en el tiempo y escoger un camino conveniente en la gestión de inventarios. Gracias a esto se establecieron dependencias y no dependencias máquinas-repuestos, demandas completamente perfiladas y agrupación de demanda por métodos de inventarios a desarrollar.

### **3.1.4 Etapa 4 - Criterios de selección y/o agrupación de referencias a consolidar en el sistema de control de Inventarios definidos.**

La empresa suministró una clasificación creada en términos de rotación de inventario, que se contrastó con una clasificación ABC en el que se dieron prioridad a los costos y a la demanda anual de cada uno de los repuestos.

Como resultado de ésta, se presentaron diferencias sustancialmente lógicas, contrastadas con la categorización empírica con la que contaba la empresa, que generó una disyuntiva sobre el uso de la clasificación que fuera más conveniente, optándose por la utilización de la clasificación ABC para la continuación de la investigación.

Con la clasificación, se tomó la decisión de trabajar con los ítems más representativos de esta categorización representados en las categorías A y B, disminuyendo considerablemente los ítems de estudio y así permitiendo un estudio más exhaustivo de sus demandas para cada uno de ellos.

### **3.1.5 Etapa 5 - Sistema conjunto, costo eficiente y diferenciado de control de inventarios desarrollado**

Siguiendo con el desarrollo estructural del proyecto, se encaminó en ahondar esfuerzos para la realización de dicho sistema; abordando aspectos como la aplicación de los modelos de pronósticos así como también la política de inventarios a utilizar.

Se efectuó un cuidadoso desglose de costos, especialmente los relacionados con nacionalización y los fletes de transporte de los artículos; necesario para el establecimiento de un sistema de revisión propicio y completamente eslabonado con la realidad. Finalmente, se establecieron inventarios metas e inventarios de seguridad con el fin de dejar completamente definido el sistema.

### **3.1.6 Etapa 6 - Sistema de almacenamiento diagnosticado y recomendado**

Paralelo a la etapa cinco del proyecto, se desarrollaron acciones encaminadas a establecer de manera descriptiva, la situación que en la actualidad estaba afrontando la empresa en términos de espacio y distribución de su bodega, equipos de almacenamiento utilizados y los métodos de identificación de los ítems almacenados.

Como apéndice del proyecto se planteó una sugerencia que permitiera realizar un almacenamiento de los repuestos de manera más ordenada y ágil, que ayudará a consolidar y reforzar el sistema de control de inventarios desarrollado.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 ANTECEDENTES

La empresa importadora de repuestos XYZ cuenta con una gestión de inventarios empírica, basada en la experiencia de quien realiza las órdenes de compra a los proveedores. Cuenta con una base de información sólida; organizada en hojas de cálculo electrónicas que han permitido realizar los pedidos de una manera eficaz durante el último año.

Al momento nadie en la empresa ha estudiado la posibilidad de implementar políticas de gestión de inventarios, basadas en teorías de sistema de control de inventarios que respondan a las preguntas ¿qué?, ¿cuándo y ¿cuánto? ordenar de una manera teórica y no basada en la experiencia.

Un caso realizado en Devro Inc, una división de Johnson & Johnson evidencia una solución a este tipo de problemas enfocándose desde una clasificación ABC y generando una política de inventario para los repuestos de sus máquinas en la empresa, dando como resultando mejoramientos en la operación y una disminución sustancial de costos, representando ahorros de cerca del 46%.

Finalmente, otro caso de estudio realizado por Umay Uzunoglu, y Sezin Tamer, pone en evidencia un control de inventarios para ítems con un comportamiento *Slow-moving* que por lo general tiene un bajo *lead time* de demanda pero un alto precio, el estudio da una comparación de diferentes métodos de modelamiento, de una empresa minorista. Después modelan con diferentes metodologías como el uso del método de Croston, el método de arranque de Markov, así como el uso de una distribución empírica de la demanda y un ajuste de distribución de Poisson, que permiten hacer una comparación de modelos. Después de modelar la demanda con estos métodos, son obtenidos los puntos de reorden para los ítems seleccionados.

## 4.2 MARCO TEÓRICO

Se hace necesario tener un conocimiento previo de la teoría que abarca todo lo relacionado con los inventarios, pero básicamente se debe profundizar acerca de los aspectos a tener en cuenta en el momento de llevar a cabo un control de inventarios para los artículos pequeños y específicamente repuestos.

### 4.2.1 Fundamentos de Inventarios

El inventario juega un papel importante en las empresas, por el hecho de que se convierten en un activo de gran utilidad para satisfacer la demanda que con el tiempo presentan cambios repentinos en su comportamiento, es decir coordinar abastecimiento y demanda.

Un inventario se define como la cantidad de bienes bajo el control de una empresa, guardados durante un tiempo para la satisfacción de una demanda futura, este es un amortiguador entre las diferencias de tasas y tiempos entre el abastecimiento y la demanda.<sup>1</sup>

Los principales objetivos de contar con inventarios son:

- Protección contra la incertidumbre.
- Permitir la compra bajo condiciones económicas ventajosas.
- Cubrir cambios anticipados en la demanda o en la oferta.
- Facilidad de transporte y distribución

Entre los factores fundamentales en las organizaciones los inventarios contribuyen con la gestión administrativa y competitividad de la empresa así:

- Una proporción grande de los activos corrientes de las organizaciones están representadas en inventarios
- El manejo y mantenimiento de los inventarios genera altos costos para las empresas
- Tiene un alto impacto en ámbito administrativo, debido a que afecta directamente los estados financieros de la empresa, así como indicadores de eficiencia, principalmente el Retorno sobre la inversión ROI calculado así:

---

<sup>1</sup>SIPPER, Daniel & BULFIN JR, Robert. Inventarios sistemas de demanda independiente. En: Planeación y control de la producción. Primera edición. México: McGraw Hill, Interamericana, 2005. p 218-319.

$$ROI = \frac{\text{Ventas} - \text{Costo de los productos vendidos}}{\text{Cuentas por cobrar} + \text{Existencias físicas} + \text{Inventario}}$$

Dentro de las ventajas de tener inventario se puede considerar en primer lugar satisfacer al cliente, brindando un nivel de servicio satisfaciendo sus pedidos. Por otra parte se puede generar una disminución de costos de producción, transporte y compra debido a economías de escala y descuentos por cantidad, así mismo reduciendo costos de operación y finalmente sirven como medida para eventos inesperados dentro de la compañía como huelgas, demoras en el envío de materia primas y desastres naturales.

Cabe destacar que los inventarios también cuentan con desventajas significativas, como el ocultamiento de problemas de calidad y la absorción de capital sin agregar valor.<sup>2</sup>

Se encuentran clasificados en:

- **Inventarios de materia prima:** Manejan la entrada de materia prima de los proveedores que es utilizada de manera constante por la empresa.
- **Inventarios de productos semi-terminados:** Son los referentes a algunas partes del proceso en donde hay un desfase en las tasas de producción, siendo las salidas de unas entradas de las otras.
- **Inventarios de productos terminados:** Manejan lo referente a cantidades de ventas y generación del producto final.<sup>3</sup>

#### 4.2.2 Clasificación ABC

Con el propósito de individualizar el sistema de control en proporción a la importancia de cada ítem, se debe establecer un nivel de importancia por cada uno de ellos. Esta clasificación se debe determinar en términos de costo del ítem, margen que genera, nivel de facturación o efecto en el nivel de servicio con los clientes y volumen de ventas<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup>VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de gestión de inventarios. Cali, 2010 p 4-5 Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería.

<sup>3</sup>SANDOVAL, Andrés. La Gestión de los inventarios. [En línea]. [11- 14 - 2011]. Disponible en internet:

[http://www.escolapia.cat/terrassa/aulavirtual/assignat/empresa/Inventaris\\_esp.pdf](http://www.escolapia.cat/terrassa/aulavirtual/assignat/empresa/Inventaris_esp.pdf)

<sup>4</sup>SIPPER, Daniel & BULFIN JR, Robert. Inventarios sistemas de demanda independiente. En: Planeación y control de la producción. Primera edición. México: McGraw Hill, Interamericana, 2005. p 218-319.

El grupo A representan alrededor del 20% del total de los artículos, y el 80% del uso total del dinero.

El grupo B representan alrededor del 30% del total de los artículos, y el 15% del uso total del dinero.

El grupo C representan alrededor del 50% del total de los artículos, y el 5% del uso total del dinero.

La clasificación ABC se desarrolla de la siguiente manera:

1. Se tienen datos de la referencia del artículo, volumen demandado y costo unitario por lo que el valor anual se calcula así:

$$\text{Valor anual} = \text{Volumen Demandado Anual} \times \text{Costo Unitario}$$

2. Se calcula posteriormente el porcentaje que estos representan sobre el total; es decir la división entre el valor anual de cada ítem, sobre la suma total de todos los valores anuales
3. Se reorganizan los ítems en forma descendente de mayor a menor porcentaje obtenido y se saca una acumulación
4. Se genera una gráfica de este porcentaje acumulado y aquí se obtiene la clasificación ABC.<sup>5</sup>

Sin embargo existen otro tipos de bases que se pueden tomar como parte de una clasificación ABC y que depende netamente de la naturaleza del negocio y a lo que se pretenda llegar con ella; entre algunas bases que se pueden tener en cuenta para el estudio de repuestos son el tasas de uso, tasa de rotación, confiabilidad, frecuencia de fallas, y criticidad; que para efectos de estudio se encuentran fuera de los alcances de este proyecto debido a la necesidad externa y poco accesible de información.

---

<sup>5</sup>PUNETE, Javier, DE LA FUENTE, David & GOMEZ, Alberto. Una revisión de la clasificación ABC clásica: introducción de información adicional relevante. [En línea]. [11-03- 2011]. Disponible en internet: <http://gio.uniovi.es/documentos/nacionales/ArtNac63.pdf>

### 4.2.3 Perfil y predicción de la demanda

En materia de inventarios la demanda es de gran importancia y se puede diferenciar de dos tipos:

**Demandas determinísticas:** La demanda es conocida con certeza y se pueden comportar de dos maneras: estática o dinámica; la primera permanece constante en todos los períodos es decir se sabe cuál es la tasa demanda durante un determinado espacio de tiempo; y la demanda dinámica se conoce con certeza pero varía de periodo en periodo.

**Demanda probabilística o estocástica:** La demanda se comporta con aleatoriedad o variabilidad.

Por otro lado, para abordar la demanda de los repuestos específicamente, se hace necesario abordar demandas de naturaleza intermitente, debido a la frecuencia con la que se presenta el desgaste en las máquinas, resultando en periodos en los que la demanda de los repuestos es nula.

Es posible aplicar series de tiempo convencionales a este tipo de comportamiento, sin embargo estos no responden de la mejor manera para establecer modelos ante comportamientos inusualmente erráticos o intermitentes, esta situación lleva a la búsqueda y elección de un modelo ligado al análisis tasas y patrones de uso posiblemente ajustados a una probabilidad de Poisson muy variable, que pueden en cierta medida dar un trasfondo más ligado al comportamiento real, que para efectos del alcance de este proyecto no serán consideradas; en gran medida por la limitación de información respecto a los clientes, el número de máquinas instaladas, la distancia de las ciudades en donde están instaladas y la variación en el número de cabezotes de cada máquina; que desbordarían en un gran proporción el alcance del proyecto.

### Clasificación

Las demandas de ítems deben ser clasificadas según sus características, dependencia y variabilidad, con el fin de establecer los diferentes métodos de aplicación resumidos en la Tabla 1.



Tipo de Demanda	Aplicación
<b>Dependiente</b>	<i>Material Requirements Planning</i> (MRP) con tamaños de lote fijo EOQ o lote por lote
<b>Independiente, Conocida y Uniforme (Determinística)</b>	Sistemas EOQ
<b>Independiente, Conocida e Irregular (Determinística pero variable en el tiempo)</b>	Sistemas de lote por lote
<b>Independiente y probabilística</b>	Sistemas de revisión periódica o continua con punto de reorden

**Tabla 1** - Clasificación de Demandas y Aplicaciones

### Clasificación de la demanda de repuestos

La demanda de repuestos tiene características especiales que los distinguen de otros productos utilizados en un sistema productivo o de servicio. La principal característica radica en su intermitencia, esto hace más difícil su gestión en cuanto al control de inventarios, es cuando se hace necesario clasificarlos dependiendo las características propias de su intermitencia, para ello es necesario utilizar un método de clasificación que hace mención a dos parámetros<sup>6</sup>, el primero es el intervalo promedio entre demandas ADI, calculado así:

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}$$

Donde  $N$  es el número de periodos donde la demanda no es cero, y  $t_i$  es el intervalo entre dos demandas consecutivas en el instante  $i$ .

<sup>6</sup>FACCIO, Maurizio, SGARBOSSA, Fabio,& CALLEGARO, Andrea. Forecasting method for spare parts demand: Spare parts demand and classification. Roma: Universidad Degli Studi Di Padova. Facultad de ingeniería. Departamento de técnica y gestión del sistema industrial, 2009. 80 p.

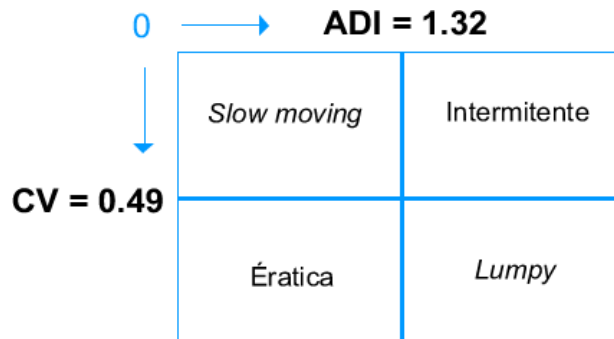
El otro parámetro es el coeficiente de variación CV, calculado así:

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (E_i - E)^2}{N}}}{E}$$

Donde,  $N$  es el número de periodos,  $E_i$  es la demanda en determinado período

$$E = \frac{\sum_{i=1}^N E_i}{N}$$

Tanto del ADI como el CV, permitirán generar una clasificación basada en la Figura 1.

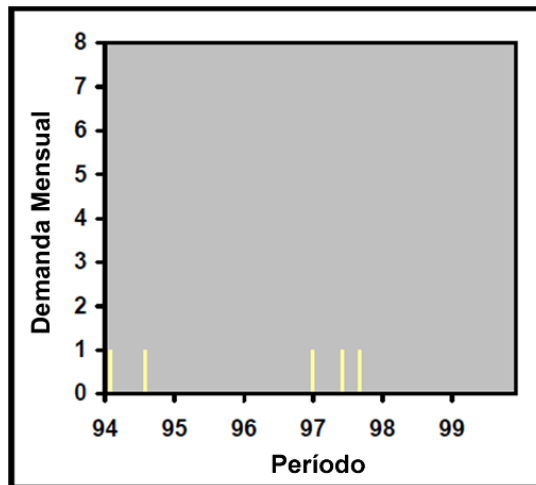


**Figura 1** - Clasificación de demanda de Repuestos ADI vs CV

**Fuente:** Adaptado de FACCIO, Maurizio, SGARBOSSA, Fabio, & CALLEGARO, Andrea. Forecasting method for spare parts demand: Spare parts demand and classification. Roma: Universidad Degli Studi Di Padova. Facultad de ingeniería. Departamento de técnica y gestión del sistema industrial, 2009. p 10.

La clasificación permite distinguir estos comportamientos que se describen como:

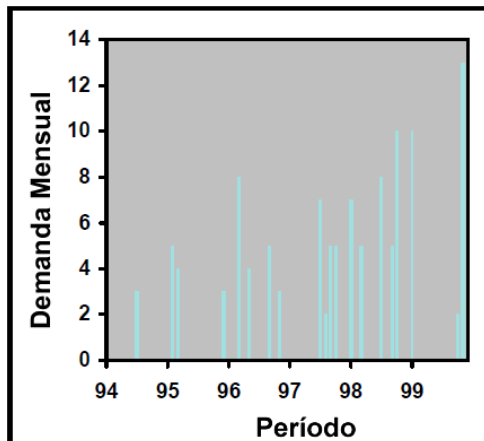
*Slow-moving:* Ítems con comportamientos de demanda con patrones que son caracterizados por infrecuencia en sus transacciones y con tamaños de demanda siempre bajos a los artículos tradicionales, son de baja rotación.



**Figura 2** – Patrón de demanda Slow-moving

**Fuente:** Adaptado de A.H. C. Eaves and B. G. Kingsman. Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare, Lancaster, 2002, p. 131

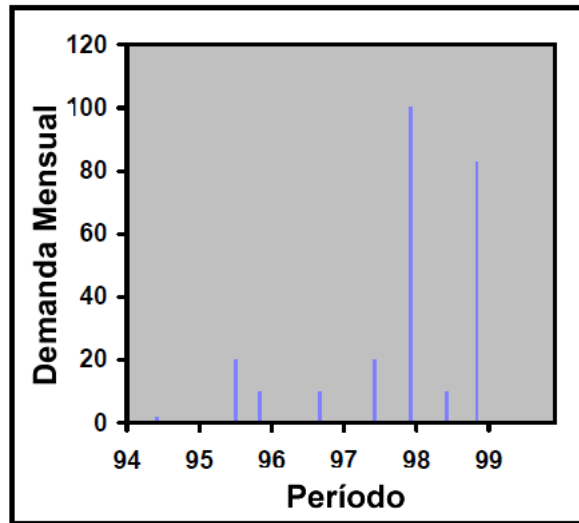
Intermitente (*Intermittent*): Caracterizados por una esporádica demanda, es decir varios periodos en los que la demanda es cero y no hay una marcada variabilidad en la cantidad demandada.



**Figura 3** - Patrón de demanda Intermitente

**Fuente:** Adaptado de A.H. C. Eaves and B. G. Kingsman. Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare, Lancaster, 2002, p. 131

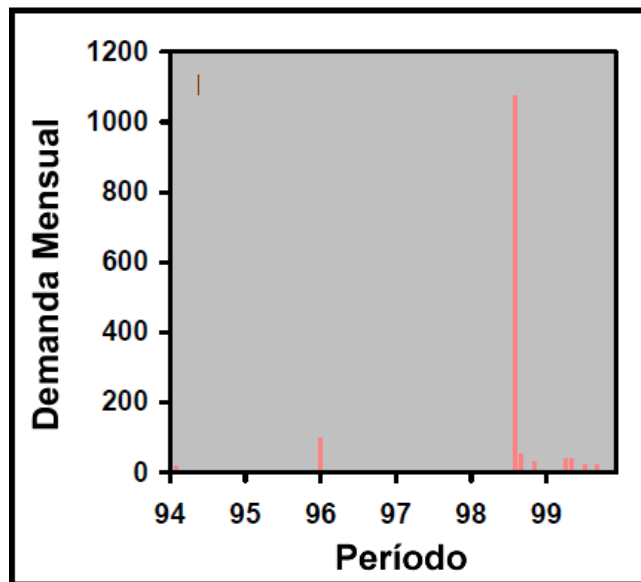
Errática (*Erratic*): gran variabilidad en los requerimientos en cuanto a cantidad demanda, pero la demanda tiende a ser constante en el tiempo.



**Figura 4** – Patrón de demanda errática

**Fuente:** Adaptado de A.H. C. Eaves and B. G. Kingsman. Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare, Lancaster, 2002, p. 131

*Lumpy*: Es caracterizada por varios periodos en los que la demanda es cero, acompañado de una gran variabilidad en la cantidad demandada.



**Figura 5** – Patrón de demanda *Lumpy*

**Fuente:** Adaptado de A.H. C. Eaves and B. G. Kingsman. Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare, Lancaster, 2002, p. 131

## Pronósticos

Los pronósticos son la estimación anticipada de una variable y sirven como herramienta para la toma de decisiones de una empresa, se pueden utilizar en áreas como planeación y control de inventarios, producción, finanzas, ventas entre otras áreas. El objetivo de los pronósticos es reducir la incertidumbre acerca de lo que puede suceder en el futuro dando información aproximada a la realidad, que le permite convertirse en una base para la toma de decisiones.

Los pronósticos usan la historia de datos para pronosticar, pueden provenir de fuentes primarias o secundarias y debe ser información confiable, precisa, pertinente, consistente y periódica. Esta última característica es de suma importancia debido a que de esto depende la confiabilidad y certeza del pronóstico.<sup>7</sup>

Los pronósticos no son una verdad absoluta, presentan un margen o medición de error, que determinan que tan eficaz es un pronóstico por medio del cálculo de la precisión con respecto a sus valores reales, es decir que tan lejos se encuentran los valores pronosticados de los valores obtenidos en la realidad<sup>8</sup>

Existen tres tipos de medición de error en los pronósticos, los cuales a su vez son de gran ayuda en el momento de calcular el inventario de seguridad para un sistema de gestión de inventarios.

$$\text{Error absoluto de la media (MAD)} = \frac{\sum_{T:1}^N |et|}{N}$$

El MAD es la medición en valor absoluto, en el que se acumulan las desviaciones tanto por exceso, como por que el haber subestimado el pronóstico frente a la demanda, para lo cual se suman las desviaciones dentro de un valor absoluto y por últimos se obtiene un promedio de la acumulación de esas desviaciones.

$$\text{Error cuadrático de la media (MSE)} = \frac{\sum_{T:1}^N et^2}{N}$$

---

<sup>7</sup>MIND DE COLOMBIA. ForecastPro. [En línea]. [12- 12- 2012]. Disponible en internet: <http://www.slideshare.net/cnavarro/pronosticos-de-demanda-presentation>

<sup>8</sup>Desconocido. Modelos de series de tiempo para pronósticos de demanda, 1-1. [En línea]. [10-05-2012]. Disponible en: [http://www.articulo.org/articulo/28158/modelos\\_de\\_series\\_de\\_tiempo\\_para\\_pronosticos\\_de\\_demanda.html](http://www.articulo.org/articulo/28158/modelos_de_series_de_tiempo_para_pronosticos_de_demanda.html)

Factor de error manejado en términos cuadráticos, que en el momento de ser positivo o negativo siempre va a tener el mismo patrón de referencia por tener un término elevado al cuadrado.

$$\text{Error absoluto porcentual de la media (MAPE)} = \frac{\sum_{T:1}^N \frac{et}{\bar{Y}_t}}{N}$$

Determina en términos porcentuales cuanto es la desviación frente a la demanda real, mostrando así un patrón de referencia más entendible.

## Modelos de Pronóstico

Determinar el mejor modelo de pronósticos depende de los datos, el propósito y la perspectiva de quien desea pronosticar; dependerá también de las propiedades de los datos es decir si son diarios, mensuales o trimestrales, y adicionalmente de la cantidad de datos históricos con la que se cuente, además de esto si son series con o sin tendencia, con o sin estacionalidad y también depende del horizonte de tiempo.

Existen varios métodos de pronósticos:

**Cualitativos:** Estas técnicas usan el criterio de la persona y ciertas relaciones para transformar información cualitativa en estimados cuantitativos.

**Cuantitativos:** Se basan en el manejo de datos numéricos históricos

**Análisis de series de tiempo:** El análisis consiste en encontrar el patrón del pasado y proyectarlo al futuro. Los patrones de una serie de tiempo son:

- Estacionaria
- Tendencia a largo plazo
- Efecto estacional
- Efecto cíclico<sup>9</sup>

Los modelos de series de tiempo son las técnicas de pronósticos que se basan únicamente en la historia de la demanda del ítem que se está pronosticando. Trabajan capturando los patrones en los datos históricos extrapolándolos en el futuro. Los Modelos de series de tiempo son adecuados cuando se puede asumir una cantidad razonable de datos y una continuidad en el futuro próximo de las condiciones que se presentaron en el pasado. Estos modelos se adaptan mejor al

---

<sup>9</sup> PAREJA VÉLEZ, Ignacio. Apuntes de Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración, Bogotá, 2002, p 122 - 123

corto plazo del pronóstico. Esto se debe a la hipótesis de que los patrones pasados y las tendencias actuales se asemejan a los patrones y tendencias que se van a presentar en el futuro. Esto es una suposición razonable en el corto plazo, pero va perdiendo validez en el largo plazo.

**Promedios móviles:** Son los modelos de series de tiempo más sencillos, caracterizado por incrementos porcentuales y ajustes a la curva, los cuales pueden ser utilizados para generar pronósticos. Estos modelos pueden ser implementados a través de hojas de cálculo rápidamente y no requieren un conocimiento experto en estadística por parte del pronosticador, usualmente estos modelos son muy simples y para tener mayor exactitud en el pronóstico las compañías casi siempre deben acudir a modelos alternativos de series de tiempo.

**Modelos de suavización exponencial:** Estos modelos se desempeñan bien en términos de exactitud, son fáciles de aplicar y pueden ser automatizados, permitiendo ser utilizados a gran escala. Los modelos de suavización exponencial capturan y pronostican el nivel de los datos con los diferentes tipos de tendencias y patrones estacionales. Los modelos son adaptativos y pronostican dando mayor importancia a los datos más recientes sobre los datos más distantes en el pasado<sup>10</sup>

Este método está basado en el análisis de series de tiempo, donde básicamente se obtiene el pronóstico aplicando una serie de tiempos, decreciendo de manera exponencial sobre los datos históricos. Las ecuaciones para la implementación de estos son las siguientes:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t$$

Donde  $X_t$  es el valor actual de la demanda en el instante  $t$ ,  $\alpha$  es un parámetro de suavización y  $F_{t+1}$  es el pronóstico en el instante  $t + 1$

Es necesario aclarar que el parámetro de suavización puede tomar diferentes valores entre 0,1 y 0,4; cuando la demanda es inestable es recomendable usar altos valores para este parámetro.<sup>11</sup>

**Método de Croston:** Cuando el comportamiento de las demandas no es suave, ni continuo, los métodos usados comúnmente para pronosticar no son tan efectivos,

---

<sup>10</sup>Desconocido. Modelos de series de tiempo para pronósticos de demanda, 1-1. [En línea]. [10-05-2012]. Disponible en: [http://www.articulo.org/articulo/28158/modelos\\_de\\_series\\_de\\_tiempo\\_para\\_pronosticos\\_de\\_demanda.html](http://www.articulo.org/articulo/28158/modelos_de_series_de_tiempo_para_pronosticos_de_demanda.html)

<sup>11</sup>FACCIO, Maurizio, SGARBOSSA, Fabio, & CALLEGARO, Andrea. Forecasting method for spare parts demand: Spare parts demand and classification. Roma: Universidad Degli Studi Di Padova. Facultad de ingeniería. Departamento de técnica y gestión del sistema industrial, 2009. 80 p.

entonces se hace necesario analizar patrones de comportamientos de la demanda como la intermitencia presentada y alta variabilidad, para así poder hacer uso de un modelo de pronóstico que se ajuste de la mejor manera al caso que se quiere abordar; el modelo de Croston, presenta una solución eficaz para esto y logra obtener unos mejores estimativos sobre el pronóstico.<sup>12</sup>

Este modelo esta específicamente diseñado para series de datos donde la demanda para un periodo determinado a menudo es cero, cuando dicha demanda deja de ser cero, el método se comporta como un suavización exponencial simple.

El método tiene en cuenta el tamaño de la demanda y el tiempo de arribo entre demandas, es una método ampliamente utilizado en la industria y ha sido objeto de un sin número de variaciones por parte de varios autores, para efectos de este proyecto solo se ahondara en el método original y una modificación hecha por John E. Boylan and Aris A. Syntetos

El método de Croston original propone hallar:

Si  $X_t > 0$  , es decir si hay demanda

$$\alpha * G_t + (1-\alpha) * P_t - 1$$

$P_t$  = Tiempo entre dos demandas consecutivas

$G_t$ = Valor actual entre dos demandas consecutivas en el instante  $t$  y  $\alpha$  es un parámetro de suavización que varia entre 0 y 1

$Z_t$ = Magnitud de la transacción individual

$$\alpha * X_t + (1 - \alpha) * Z_t - 1$$

Donde  $X_t$  es el valor de la demanda en el instante  $t$  y  $\alpha$  el parámetro de suavización que varía entre 0 y 1

Por lo tanto el pronóstico de demanda por periodo está dado por:

$$F_{t+1} = \frac{Z_t}{P_t}$$

---

<sup>12</sup>A.H. C. Eaves and B. G. Kingsman. Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare, The Journal of the Operational Research Society, Vol. 55, No. 4 (Abril, 2004), p. 431-437.



Sí  $X_t = 0$  , es decir si no ocurre demanda entonces los estimativos  $Z_t$  y  $P_t$  permanecen sin cambios.

**Método de Syntetos and Boyland (SAB) o Modificado de Croston:** Hace alusión a un error matemático en cuanto al cálculo en el tamaño de la demanda por parte del método originalmente creado por Croston y da evidencia de un mejor cálculo de los estimadores ya que tiene en cuenta ciertos patrones de demanda intermitentes, y hace una categorización según los patrones de intermitencia que presente la demanda para así escoger el mejor método de pronóstico.<sup>13</sup>

A continuación se presentan las ecuaciones que dan lugar a las modificaciones realizadas al método de Croston por parte de estos autores.

$$\text{El valor esperado} = E(F_t) = \frac{\mu}{p} * \left[ 1 + \frac{\alpha}{2-\alpha} * \frac{p-1}{p} \right]$$

Donde  $\mu$  es la media de la demanda historica  $p$  es la media del intervalo entre demanda histórico  $P_t$

Y en particular para  $\alpha = 1$

APELLIDO, Nombre. Título: subtítulo. Trabajo de grado (opta). Ciudad.: Universidad. Facultad. Departamento, año. Páginas.

$$E(F_t) = \mu * \left[ -\frac{1}{p-1} \right] * \text{Ln} \left( \frac{1}{p} \right)$$

Por lo tanto,

$$F_{t+1} = \left( 1 - \frac{\alpha}{2} \right) * \frac{Z_t}{P_t}$$

## Dependencia

Se considera que para este proyecto la demanda de diferentes ítems sea dependiente, debido a que esta puede reflejar un comportamiento vinculado a las máquinas que hay en el mercado, por lo que se es necesario establecer su dependencia o no de las máquinas.

---

<sup>13</sup>FACCIO, Maurizio, SGARBOSSA, Fabio,& CALLEGARO, Andrea. Forecasting method for spare parts demand: Spare parts demand and classification. Roma: Universidad Degli Studi Di Padova. Facultad de ingeniería. Departamento de técnica y gestión del sistema industrial, 2009, 80 p.

Para esto es necesario estudiar la relación entre las variables de demanda de repuestos y máquinas instaladas, que se puede medir a través del coeficiente de determinación  $R^2$  el cual mide el grado de dependencia de dichas variables. Tomando el valor 0 en caso de correlación nula o el valor 1 en caso de correlación total.<sup>14 15</sup>

#### 4.2.4 Sistemas de reabastecimiento para demanda constante y probabilística

##### Modelos Determinísticos

**EOQ (Economic Order Quantity):** Produce como resultado una cantidad óptima de unidades a pedir bajo una frecuencia constante, minimizando los costos de mantener el producto. En el que caso en que el tiempo de entrega, se calcula un inventario de seguridad con el fin de soportar el periodo de entrega.<sup>16</sup>

Los supuestos en los que se basa este modelo son:

1. Demanda constante, uniforme y conocida.
2. Plazo de entrega constante y en una sola entrega
3. Precio unitario constante e independiente.
4. Costes dependientes del inventario medio.
5. Pedidos constantes y coste de pedido constante.
6. No se permiten faltantes

---

<sup>14</sup>Desconocido. Economía48 [En línea] [nov 10 2011] Disponible en internet: <http://www.economia48.com/spa/d/coeficiente-de-determinacion/coeficiente-de-determinacion.htm>

<sup>15</sup>Desconocido. Coeficiente de correlación lineal de Pearson. [En línea] [nov 12 2011]. Disponible en internet: <http://personal.us.es/vararey/adatos2/correlacion.pdf>

<sup>16</sup>NAHMIAS, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. Editorial McGraw-Hill, 2007. p 780 - 785

## 7. Producto individual independiente de otros.<sup>17</sup>

### Modelos Probabilísticos

Debido al componente aleatorio que tienen las demandas de los repuestos, es necesario abordar sistemas de revisión con demanda probabilística, que permitan calcular un stock de seguridad, que amortigüe la demanda de repuestos; el cálculo del stock de seguridad será alimentado por el error que generan los pronósticos aplicados.

**Política de revisión continua:** Consiste en establecer un intervalo fijo de tiempo para realizar la revisión del nivel de inventario, se establece un nivel meta de inventario y un punto de reorden según la cantidad de inventario con el que se cuenta, se coloca una orden de tamaño  $Q$ , si y solo si el nivel de inventario al momento de ser inspeccionado es menor que el nivel de inventario establecido en el punto de reorden, la cantidad a ordenar es la diferencia de lo que haga falta para llegar a obtener el nivel de inventario meta establecido. De este existen los métodos  $(R, Q)$  y  $(R, s, S)$

**Política de revisión periódica:** En esta política se establece un punto de reorden y se ordena una cantidad fija, es decir cuando el inventario llegue a determinadas unidades, en ese punto de orden se pide una cantidad fija establecida.<sup>18</sup> De este existen los métodos  $(S, T)$  y  $(s, S)$

$s$  es el punto de reorden,  $S$  el inventario meta,  $Q$  la cantidad fija de pedido y  $R$  el período de revisión. En cada uno se debe establecer un  $SS$ , stock de seguridad, que cubre la incertidumbre de la demanda durante el período de entrega y el punto de reorden, que cubre la demanda esperada durante el tiempo de entrega esperado.

---

<sup>17</sup> TRUJILLO COLOMA, Leo Alexander. Diseño de un sistema de control y gestión del inventario de producto terminado para una empresa productora de fertilizantes simples y compuestos: Modelos estáticos de tamaño de lote. Trabajo de grado (opta). Guayaquil: Escuela superior politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción. Departamento de ingeniería, 2006. p 179

<sup>18</sup>SIPPER, Daniel & BULFIN JR, Robert. Inventarios sistemas de demanda independiente. En: Planeación y control de la producción. Primera edición. México: McGraw Hill, Interamericana, 2005. p 218-319.

## Nivel de servicio

Cuando una demanda es probabilística, existe la posibilidad de que no se satisfaga el cliente, debido a algún tipo de faltante. Cuando una demanda es relativamente grande, un faltante puede ocurrir o se pueden necesitar acciones de emergencia para evadir faltantes. Por otra parte, si la demanda es más baja a lo previsto, los reabastecimientos pueden llegar antes de lo necesario y se incurre en más inventario. Hay diferentes tipos de método para afrontar este tipo de circunstancias y ante todo depende de que percepción sea la más importante para el cliente.

En el caso de estudio de este proyecto, el hecho de incurrir en algún tipo de faltante puede afectar en gran medida en la productividad del cliente, por lo que se establece una aproximación a un nivel de servicio como prioridad. El siguiente método es recomendable para no incurrir en faltantes.

**Probabilidad específica de incurrir en faltantes por ciclo de reabastecimiento:** Se establece una política de nivel de servicio con el que se desea satisfacer en el cliente representado por una probabilidad  $P_1$  en el cual no se incurre en faltantes. El factor  $P_1$ , también llamado Nivel de Servicio del ciclo se establece alrededor de un grupo de ítems usando un factor de seguridad  $k$ .<sup>19</sup>

### Regla de decisión:

Se supone inicialmente que la probabilidad de que no haya faltantes en el ciclo debe ser no inferior a  $P_1$ , es decir que la probabilidad de que un faltante puede ser no más grande que  $1 - P_1$ . Entonces,

Paso 1. Se selecciona el factor de seguridad  $k$  a satisfacer

$$p_u(k) = 1 - P_1$$

Donde,

$$p_u(k) = \text{Probabilidad \{Unidad variable normal (media 0, desviación estándar 1)\}}$$

*Tomada sobre el valor de  $k$  o mayor en una tabla de funciones de distribución normal*

---

<sup>19</sup>SILVER, Edward, PYKE, David, Peterson, Rein. Items individuales con demanda probabilística. En: Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Tercera edición, U.S.A: John Wiley & Sons. 1998. p 266-267.

Paso 2. Se define el inventario de seguridad

$$SS ( Safety Stock ) = k\sigma_L$$

$\sigma_L =$  Desviación estandar de los errores de pronóstico en unidades

Paso 3. Establecer el inventario meta.

$$S = \hat{x}_L + SS,$$

$S$  se debe elevar al siguiente entero más alto, si el resultado no es un entero.

$\hat{x}_L =$  Pronóstico o demanda esperada en unidades

### **Descuentos por cantidad, cantidades económicas y modelamientos de múltiples artículos**

Debido a que solo hay un proveedor principal, existe la posibilidad de que este genere descuentos dependiendo de la cantidad y referencias solicitadas, en este caso la empresa importadora puede aprovechar y generar un ahorro sustancial.

Para esto hay tener en cuenta que se debe manejar siempre un balance entre la cantidad de inventario que se desea obtener, (costos de inversión en el inventario) frente al costo de almacenaje que el inventario puede representar. Existen dos tipos:

- **Descuentos en todas las unidades:** El descuento en el precio aplica para todos los artículos.
- **Descuento incremental:** Este aplica a cierto número de unidades que exceden la cantidad del corte<sup>20</sup>

### **Planeación de requerimientos de materiales MRP**

Determina un programa de tiempos y cantidad para cada artículo, por lo general cuando hace parte de un ensamble o de una máquina en común, este último siendo nuestro caso.

Se basa en la información del plan maestro, combinada con información de los registros de inventarios y la lista en este caso de repuestos. Su objetivo es tener

---

<sup>20</sup> SIPPER, Daniel & BULFIN JR, Robert. Inventarios sistemas de demanda independiente. En: Planeación y control de la producción. Primera edición. México: McGraw Hill, Interamericana, 2005. p 218-319.

los materiales correctos en el lugar y momento correctos.<sup>21</sup> La salida más importante consiste en los requerimientos netos, los cuales forman la base para determinar las órdenes de compra y de trabajo. La salida se genera a través de una serie de pasos, explosión de materiales, ajustes netos, compensación y tamaño de lote.<sup>22</sup>

Durante la adquisición se debe ajustar los requerimientos en conjunto para tener en cuenta el inventario disponible o la cantidad ordenada así:

$$\text{Requerimientos Netos} = \text{Req. en conjuntos} - \text{Inv. disponible} - \text{cant. ordenada}$$

En la compensación se determinan los tiempos de distribución de las órdenes. Para cumplir con los requerimientos netos, una orden se compensa con el tiempo de entrega del proveedor. A modo de ejemplo si el tiempo de entrega es de dos semanas, en la semana 2 debe pasarse la orden para cumplir con los requerimientos de la semana 4.

Finalmente se establece el tamaño de lote, es decir la cantidad que debe comprarse en el cual será necesario aplicar un modelo de tamaño de lote.

#### 4.2.5 Sistemas de reabastecimiento conjunto

Un sistema de abastecimiento conjunto busca un equilibrio entre las decisiones de frecuencia de revisión del inventario y las cantidades a ordenar; logrando una

Coordinación de todos los ítems, sustentado en el hecho de que las ordenes se hacen a un solo proveedor.

Dentro de los sistemas de revisión para realizar el reabastecimiento, uno de ellos se adapta a las necesidades y forma que la empresa emplea en este momento, se trata de un sistema de revisión periódica sugerido por Atkins y Iyogun en 1998 en el que juntos crean un algoritmo.

**Sistema de revisión periódica para casos de demanda probabilística y sin descuentos por cantidad:** Este tipo de sistemas está orientado a generar ahorros en el costo de ordenar, este tipo de sistemas permite controlar principalmente grupos de ítems que se pueden ordenar en un mismo momento, donde los ítems se consumen simultáneamente pero caen en períodos de revisión completamente

---

<sup>21</sup>NARASIMHAN, Seetharama. Planeación de la producción y control de inventarios, 2ª Ed. Prentice Hall, 1997. p. 350 - 351

<sup>22</sup>SIPPER, Daniel & BULFIN JR, Robert. Inventarios sistemas de demanda independiente. En: Planeación y control de la producción. Primera edición. México: McGraw Hill, Interamericana, 2005. p 353-357.

distintos. Este modelo desarrollado por Atkins y Iyogun permite encontrar a través de una hoja de cálculo las cantidades necesarias y los periodos de revisión.

El modelo funciona básicamente distribuyendo el costo mayor por reabastecimiento en pequeñas cantidades a los productos que son comprados con más frecuencia, manteniendo el tiempo de reabastecimiento esperado para esos productos en balance. Para el desarrollo de este algoritmo, inicialmente es necesario calcular la cantidad económica a ordenar EOQ para cada ítem, usando la siguiente ecuación:

$$EOQ_i = \sqrt{\frac{2a_i D_i}{r v_i}}$$

$a_i$  = Costo menor de agregar un ítem a la orden

$D_i$  = Demanda anual

$r$  = costo de mantener el inventario en %

$v_i$  = costo unitario del ítem

Y así mismo un tiempo de suministro  $T$  equivalente para cada producto  $i$  usando solamente el costo menor  $a_i$  asumiendo un año como 52 semanas.

$$T = \frac{EOQ_i(52)}{D_i}$$

El resultado es establecer un tiempo de suministro para cada ítem dentro de la familia. Después es necesario escoger el tiempo de suministro más pequeño y seguidamente este ítem se debe denotar como producto 1.

Una pequeña porción,  $\alpha_1$ , del costo Mayor  $A$ , se pone para este primer producto. La idea es distribuir el costo mayor a varios productos en la familia. Si todo el costo estuviera distribuido en un solo producto, su EOQ podría incrementarse significativamente, y así mismo su tiempo de suministro. El algoritmo distribuye solo una pequeña porción del costo mayor,  $a$ , a los productos que son comprados más frecuentemente. Distribuyendo más y más  $\alpha_i$  para el primer producto incrementa su tiempo de suministro, eventualmente llegará al punto en el que es igual al tiempo de suministro de el segundo comprado más frecuentemente, basado solo en el  $\alpha_i$ , y se denota el producto 2. Después se distribuye el tiempo de suministro creando un balance. Cuando estos dos son iguales el tiempo de suministro incrementa al tiempo de suministro del tercer producto, este proceso

continúa hasta que el costo mayor es distribuido por completo, es decir cuando  $\sum_i \alpha_i = 1$ , de esta manera cada vez que una familia es ordenada el costo de ordenar es completamente contabilizado.

Si se expresa el costo total para un ítem como  $(\alpha_i A + a_i)$ , es fácil resolver para un tiempo de suministro dado por

$$\alpha_i = \frac{T_i^2 r_i v_i D_i}{2A} - \frac{a_i}{A}$$

$A$  = Costo mayor de ordenar

El tiempo de suministro de un grupo de productos en el que  $\alpha_i > 0$  es llamado periodo de revisión base o base del ciclo. Cuando se ha obtenido este, se multiplica el periodo de revisión base por potencias de dos, para ajustar los tiempos más adecuados de los otros periodos.<sup>23</sup>

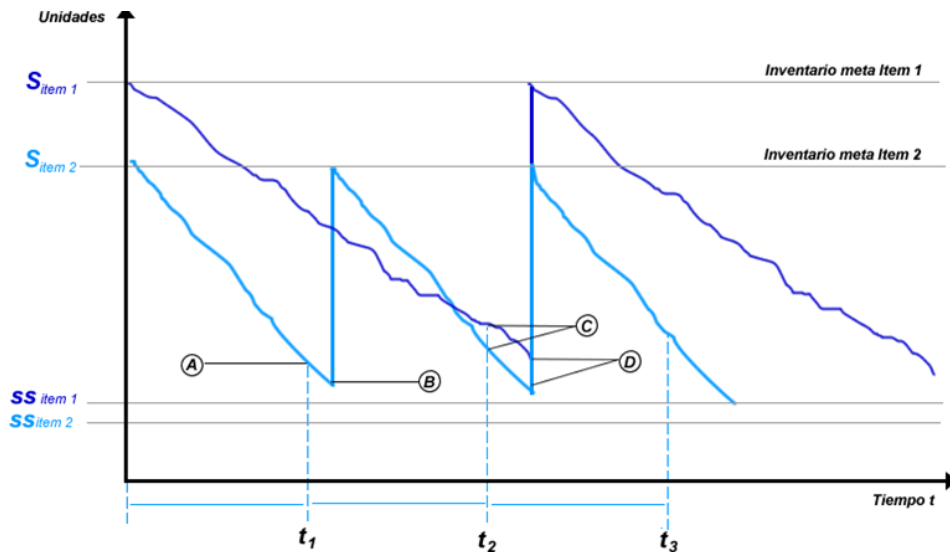
El último paso consiste en encontrar el inventario meta usando los periodos de revisión encontrados, como  $R$  en un modelo de inventario  $(R, S)$ .

Una explicación gráfica del sistema de revisión periódica y reabastecimiento conjunto se puede observar en la Figura 6, siendo  $S$  el inventario meta,  $SS$  el inventario de seguridad y  $t_i$  período de revisión en el instante  $i$

---

<sup>23</sup>SILVER, Edward, PYKE, David, Peterson, Rein. Items individuales con demanda probabilística. En: Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Tercera edición, U.S.A: John Wiley & Sons. 1998.p 435 - 438





- A** - Llegado el primer período de revisión, se revisa y se ordena con el fin de alcanzar el inventario meta para el ítem 1
- B** - Se recibe la orden del ítem 1
- C** - Llegado el segundo período de revisión, se revisa y se ordena para los ítems 1 y 2 con el fin de alcanzar el inventario meta para ambos ítems
- D** - Se recibe la orden de ambos ítems

**Figura 6** - Sistema de reabastecimiento conjunto con revisión periódica.

**Fuente:** Adaptación de SILVER, Edward, PYKE, David, Peterson, Rein. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Tercera edición, U.S.A: John Wiley & Sons. 1998.p 435.

## 5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

### 1.1 RECURSOS

- **Humanos**

- Tutor metodológico
- Tutor temático

- **Tecnológicos**

- Computadores y software programas referentes al proyecto como: PowerPoint, Excel, Project, Word, entre otros.
- Internet

- **Bibliográficos**

- Libros
- Revistas
- Trabajos de grado
- Documentos académicos

- **Económico**

- Papelería.
- Transporte.

## **1.2 EQUIPO DE INVESTIGACIÓN**

Andrés Fernando Garzón Benítez: Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi.

Lady Johanna Rendón Zapata: Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi.

M.Sc. Fernando Quintero Moreno: Ingeniero Industrial, Máster de la ciencia en Ingeniería Industrial, Profesor de la Universidad Icesi.

M.Sc. Jairo Guerrero Bueno, Ingeniero Industrial de Pontificia Universidad Javeriana, Especialización en Gerencia de Producción de la Universidad Icesi.

## **4.2 MATRIZ DE MARCO LÓGICO**

Ver anexo 1

## **4.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Ver anexo 2

## 6. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 6.1 COMPORTAMIENTO Y NATURALEZA DE LA DEMANDA

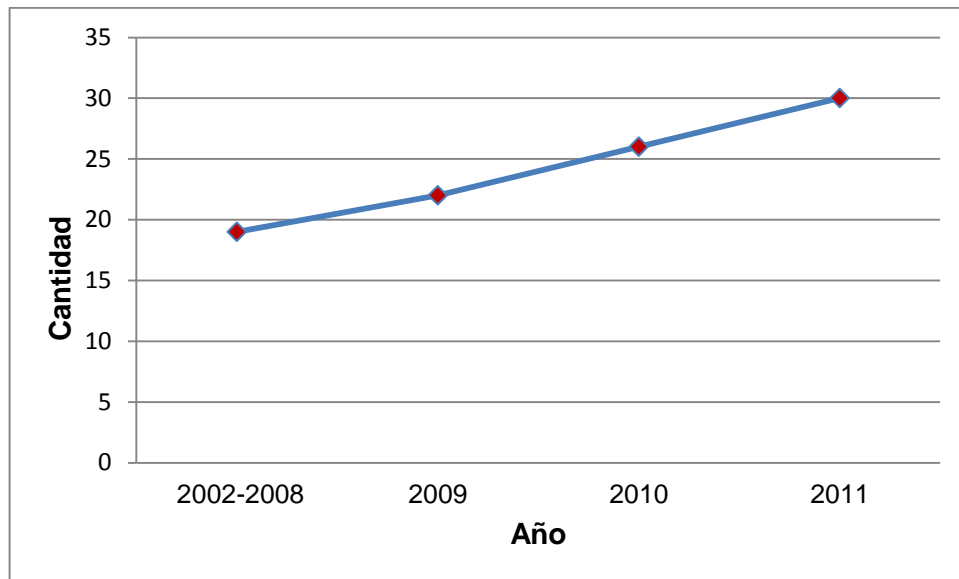
#### 6.1.1 Correlación entre demanda de repuestos y máquinas instaladas

Bajo el supuesto lógico que las demandas de cada uno de los repuestos aumentan en razón del número de máquinas instaladas, resulta necesario establecer la certeza de esta premisa. Esta clasificación de correlación se realizó solamente con cantidad de máquinas instaladas durante los años 2009, 2010 y 2011 debido a que solo se cuenta con un acceso a la información de estos años y adicional a éste, un consolidado desde la creación de la empresa en 2002 hasta el 2008, los cuales se evidencian en la Tabla 2 y Figura 7. Se hace oportuno aclarar que la empresa importa y vende una única referencia de máquina.

	2002-2008	2009	2010	2011
<b>Máquinas instaladas ( única referencia )</b>	19	3	4	4
<b>Acumulado</b>	19	22	26	30

**Tabla 2 – Máquinas Instaladas por año ( única referencia )**

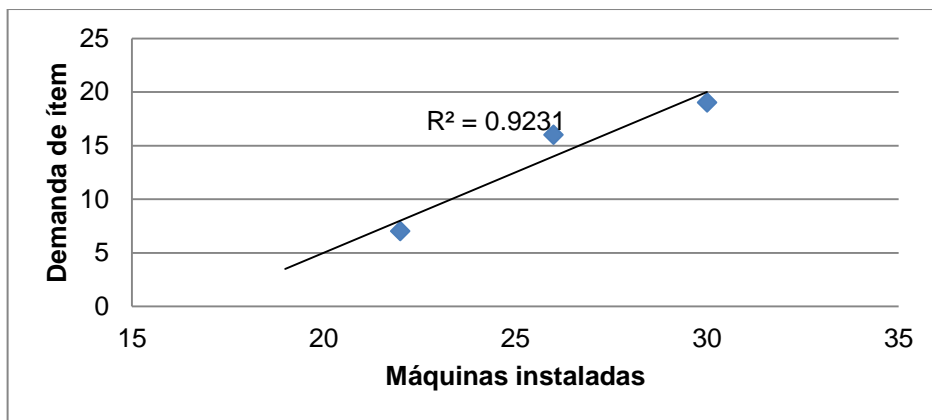
**Fuente:** Los Autores



**Figura 7 - Maquinas Instaladas por Año**

**Fuente:** Los Autores

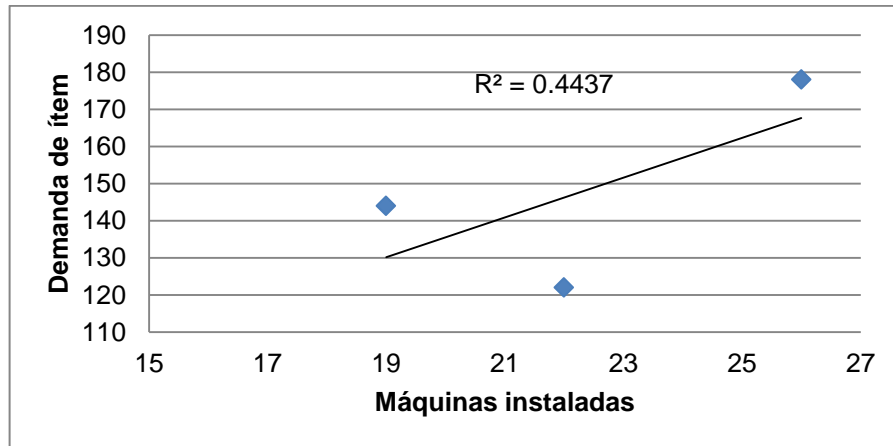
Al establecer la correlación existente entre ítem demandado y máquinas instaladas, se podía concluir si existía o no dicha correlación, basándonos en criterios lógicos de desgaste de repuestos para la máquina. A modo de ejemplo la Figura 8 y Figura 9 exhiben respectivamente casos de correlación y no correlación encontrados en los todos los ítems.



**Figura 8 - Correlación Air NitrogenCartidge versus maquinas instaladas**

**Fuente:** Los Autores

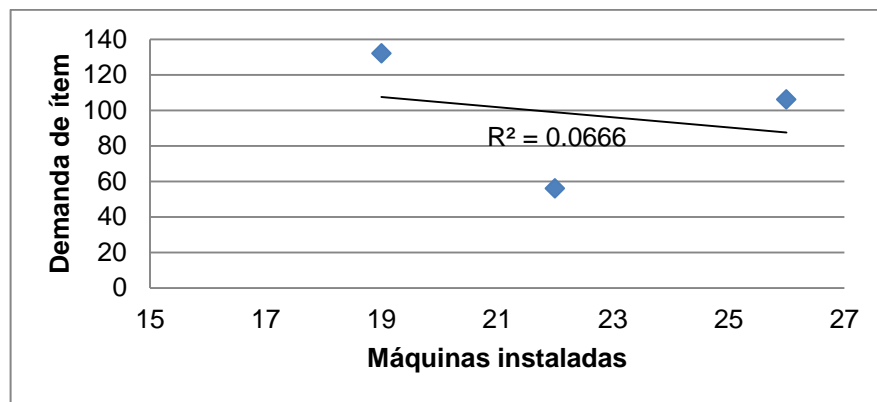
Mediante la Figura 8 se ve una correlación positiva una fuerte dependencia del volumen de unidades demandas para esta referencia según las máquinas instaladas; es decir a medida que se incrementa el número de máquinas instaladas se llega a un incremento sustancial en la demanda de este repuesto.



**Figura 9** - No Correlación. Resistance wire 3 x 420 x 0.3, FP-profile versus máquinas instaladas.

**Fuente:** Los Autores

En la Figura 9 podemos ver una correlación del menos del 85% lo que identifica a este ítem como independiente de las máquinas instaladas, esta se diferencia en gran medida con la Figura 8, donde notoriamente sobrepasa el porcentaje de correlación y pudimos inferir que cierto nivel de dependencia entre máquinas instaladas y demanda del ítem.



**Figura 10** - Correlación con tendencia negativa. Insulaton versus máquinas instaladas

**Fuente:** Los Autores

La Figura 10 permite evaluar un espectro totalmente diferente a los dos evaluados anteriormente, en el cual se presenta una tendencia, pero esta se manifiesta de manera negativa, es preciso decir que la demanda de unidades de esta referencia no está correlacionada con el número de máquinas instaladas; lo anterior es atribuible a que algunas referencias son sustituibles por repuestos más económicos y de la misma confiabilidad; conseguido por los mismos clientes en el mercado nacional, esto ha llevado a los clientes a disminuir el volumen de pedido que realizaban a la empresa.

Debido al estudio de correlación se generaron dos agrupaciones, una de demandas de ítems dependientes de las máquinas instaladas, en el cual el criterio de dependencia se basó en un coeficiente de correlación  $R^2$  mayor o igual a 0,85 estos repuestos corresponden a los enunciados en la Tabla 3.

ÍTEMS DEPENDIENTES DE MÁQUINAS INSTALADAS			
No.	Descripción	No.	Descripción
1	Air Nitrogen Cartridge	37	Lock Ring
7	Clutch Assembly	42	O-ring
8	Cogged Belt	43	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0
9	Connector C016 T3108-001 (693-994221004)	48	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7
19	Elastic Element	49	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7
23	Film guide	52	Pre filter cartridge 4463 BE U6-40Z (4463BEU6-40Z)
25	Frequency converter NXL00025C1NOSSC3	53	Pre-filter
26	Gasket 25	60	Scrapper Rubber (Taller Union)
27	Gasket EPDM	61	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU
28	Gemu-Membrane 600/40/M13	67	Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)
29	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	68	Spiral - cable 5 x 1.0
31	Holder for UV lamp 25	70	Steril valve packing set for delta M42 valve (1set = 4 pieces)
33	Hot sealing jaw, horizontal, EA 5000-9000	77	Widening Bar

**Tabla 3** - Ítems dependientes de las máquinas instaladas

**Fuente:** Los Autores

Por otro parte el criterio de independencia se consideró en un coeficiente de correlación  $R^2$  menor o igual a 0,85 esta agrupación de demandas de ítems independientes de se expone en la Tabla 4.

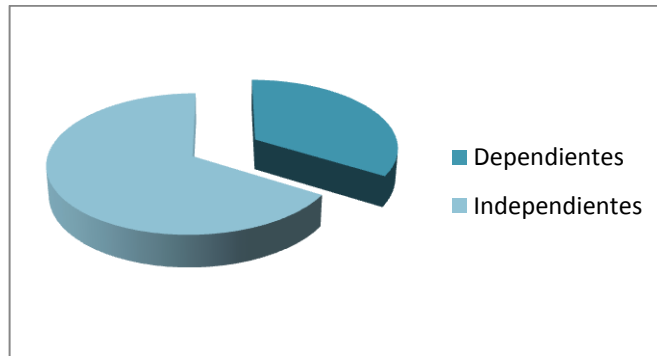
ÍTEMS INDEPENDIENTES DE MÁQUINAS INSTALADAS			
No.	Descripción	No.	Descripción
2	Absoluteencoder	41	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180
3	Bayonetconnector MC22-04, brass	44	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0
4	Bayonetafastener MC10-02, brass	45	O-Ring Diam. 38.0 x 4.0
5	BearingTeflonBushing	46	O-Ring Diam. 4.47 x 1.78
6	Body counter sealing device WITHOUT Resistance	47	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0
10	Contrast Sensor, PNP output, lens 211 (10 mm)	50	PVC-hose 6/9,6, clear
11	Conveyorbelt (41525) 200 x 900 mm	51	Photocelswitch
12	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	54	Recorderpaper, type 500
13	DoorGasket (Antes 3K01082516)	55	Relay PLC-RSC24DC/21 -5K1516171
14	DoorSwitch AZ16zvrk	56	Resistancecartridgehorizontal ,Diam. 8 x 180 36V/300W
15	Drawing Roll	57	Resistancecartidge vertical, 8 x 300, 36V/300W
16	DrawingRubber de Luque y Cia	58	Resistance wire 3 x 420 x 0.3, FP-profile
17	Drum Motor de Interroll EA 5000 - EA 9000	59	Safety valve
18	Drum Motor de Interroll EA 7200 - EA 10800 - EA 12000	62	Screen
20	Esco Disc Plate Coupling Clutch Assembly (1422793)	63	Sensor PT 100 Diam. 4 x 55 (cable 5 mts. long)
21	Fan for UV Cabinet 812K + Mounting plate	64	Sensor PT-100 Diam. 4 x 55
22	Fillingnozzle	65	Siliconerubber 2 x 10 x 300 (vertical)
24	Film PPP90, 325 mm	66	Siliconerubber 2 x 10 x 360
30	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	69	Steamfilter 4463PHH
32	Horizontal SealingCounterRubber	71	Steril air-filter
34	Hot Sealing Jaw, horizontal, EA10800-7200	72	TeflonCloth 200x1000
35	Hot sealingJaw, Vertical	73	TeflonCloth 310x1000
36	Insulaton	74	Torsion Spring
38	Lock Ring	75	UV-tube 36 W 36T12
39	Magneticvalve E 133 V5306 24 V (1104468/202)	76	Valve module P2M2V4EE2CV
40	Membrane (film) for sterilize nozzle		

**Tabla 4** - Ítems Independientes de las máquinas instaladas

**Fuente:** Los Autores

En términos de correlación finalmente, se evidencia que el 66% de los ítems estudiados no presentan dependencia de las máquinas, aunque inicialmente el supuesto radicaba en que la mayoría de ítems deberían ser dependientes, derivado de la necesidad generada por cada máquina nueva instalada, sin embargo los resultados han evidenciado algo distinto.





	Dependientes	Independientes	Total
Ítems	26	51	77
Porcentaje	34%	66%	100%

**Tabla 5** – Proporción de ítems dependientes e independientes

**Fuente:** Los Autores

De este punto se puede concluir que en la mayoría de los casos, las máquinas instaladas no da evidencia de la cantidad de ítems necesarios para dar suministro a las mismas, esto se puede deber a variables que sobrepasan los límites y alcances tanto del estudio como de la misma empresa; dentro de estos factores se pueden destacar la calidad y la tasa de uso de la máquina al igual que la cantidad y periodicidad de mantenimientos preventivos , predictivos y correctivos realizados por cada uno de los clientes.

En el caso de los repuestos dependientes de las máquinas, aunque se esperaba la existencia de esta correlación, no son bases suficientes para tener una certeza inminente ante dicha dependencia, debido a los factores antes mencionados que son ajenos a la empresa; Lo que nos conduce a valorarlo como parte de un componente mínimo del comportamiento real de la demanda de repuestos, que contribuye a la naturaleza de la demanda, pero que no la define en su totalidad; debido a esta razón se trabajará bajo el supuesto de una demanda independiente.

### 6.1.2 Comportamiento de las demandas históricas

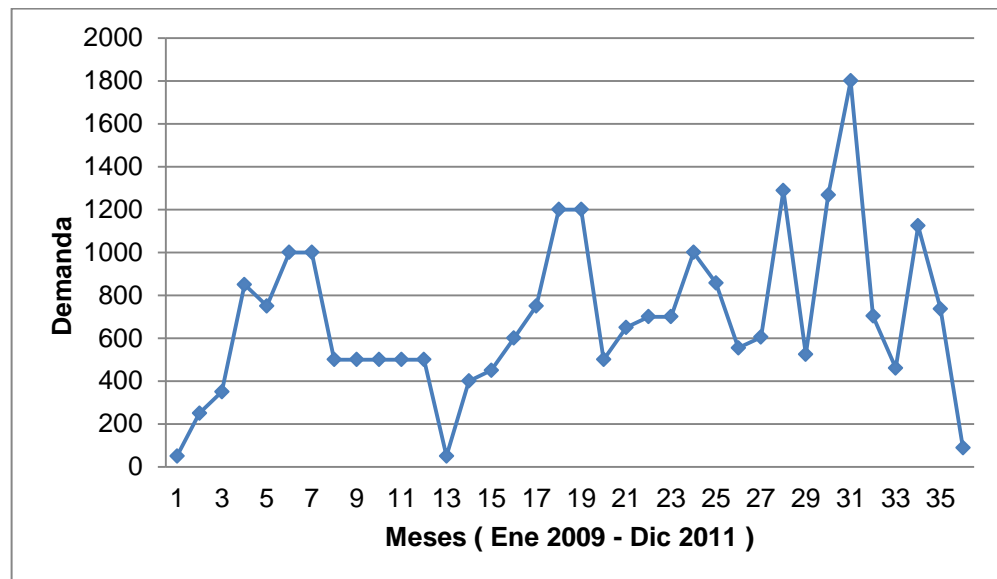
Se usaron tres restricciones cuantitativas para seleccionar la baja moderada o alta variabilidad que presentaban las demandas que luego se ha comparado con una apreciación cualitativa, relacionado directamente con el coeficiente de variación de demanda así:

C.V de Demanda	Variabilidad
$\leq 0,75$	Baja
$> 0,75$ y $< 1.33$	Moderada
$\geq 1.33$	Alta

**Tabla 6** - Criterios de decisión para variabilidad de demanda.

**Fuente:** HOPP, W.J. y SPEARMAN, M.L. *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*, 2000, New York, McGraw-Hill Higher Education

A su vez fue necesario esbozar gráficamente las demandas de los 77 ítems como ejemplo se expone la Figura 11 correspondiente a la demanda de *Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)*. La realización gráfica de todas las demandas permitió abordarlas de una manera cualitativa ya que permiten evidenciar factores estacionales, o cambios erráticos e intermitencias que numéricamente no son evidentes.



**Figura 11** - Demanda. Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)

**Fuente:** Los Autores

Como resultando de los esfuerzos cualitativos y el cálculo de los cuantitativos, se destacó a grandes rasgos tres grandes agrupaciones; alta, modera y baja respecto a su nivel de variabilidad, estas agrupaciones están expuestas en las Tablas 7, 8 y 9.

No.	Descripción	No.	Descripción
2	Absoluteencoder	39	Magneticvalve E 133 V5306 24 V (1104468/202)
3	Bayonetconnector MC22-04, brass	40	Membrane (film) for sterilize nozzle
4	Bayonetfastener MC10-02, brass	45	O-Ring Diam. 38.0 x 4.0
7	ClutchAssembly	46	O-Ring Diam. 4.47 x 1.78
9	Connector C016 T3108-001 (693-994221004)	50	PVC-hose 6/9,6, clear
10	Contrast Sensor, PNP output, lens 211 (10 mm)	51	Photocelswitch
11	Conveyorbelt (41525) 200 x 900 mm	53	Pre-filter
13	DoorGasket (Antes 3K01082516)	55	Relay PLC-RSC24DC/21 -5K1516171
18	Drum Motor de Interroll EA 7200 - EA 10800 - EA 12000	58	Resistance wire 3 x 420 x 0.3, FP-profile
20	Esco Disc Plate Coupling Clutch Assembly (1422793)	59	Safety valve
22	Fillingnozzle	62	Screen
23	Film guide	66	Siliconerubber 2 x 10 x 360
28	Gemu-Membrane 600/40/M13	69	Steamfilter 4463PHH
31	Holderfor UV lamp 25	71	Steril air-filter
32	Horizontal SealingCounterRubber	73	TeflonCloth 310x1000
35	Hot sealingJaw, Vertical	76	Valve module P2M2V4EE2CV
36	Insulaton		

**Tabla 7 - Repuestos de Alta Variabilidad**

**Fuente:** Los Autores

No.	Descripción	No.	Descripción
1	Air NitrogenCartridge	42	O-ring
6	Body counter sealing device WITHOUT Resistance	44	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0
8	CoggedBelt	52	Pre filter cartridge 4463 BE U6-40Z (4463BEU6-40Z)
12	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	56	Resistancecartridgehorizontal ,Diam. 8 x 180 36V/300W
14	DoorSwitch AZ16zvrk	57	Resistancecartidge vertical, 8 x 300, 36V/300W
15	Drawing Roll	60	ScrapperRubber (Taller Union)
17	Drum Motor de Interroll EA 5000 - EA 9000	63	Sensor PT 100 Diam. 4 x 55 (cable 5 mts. long)
19	ElasticElement	64	Sensor PT-100 Diam. 4 x 55
21	Fan for UV Cabinet 812K + Mounting plate	65	Siliconerubber 2 x 10 x 300 (vertical)
25	Frequencyconverter NXL00025C1NOSSC3	68	Spiral - cable 5 x 1.0
26	Gasket 25	70	Steril valve packing set for delta M42 valve (1set = 4 pieces)
27	Gasket EPDM	72	TeflonCloth 200x1000
33	Hot sealing jaw, horizontal, EA 5000-9000	74	Torsion Spring
34	Hot Sealing Jaw, horizontal, EA10800-7200	75	UV-tube 36 W 36T12
37	Lock Ring	77	Widening Bar
38	Lock Ring		

**Tabla 8 - Repuestos de Variabilidad Moderada**

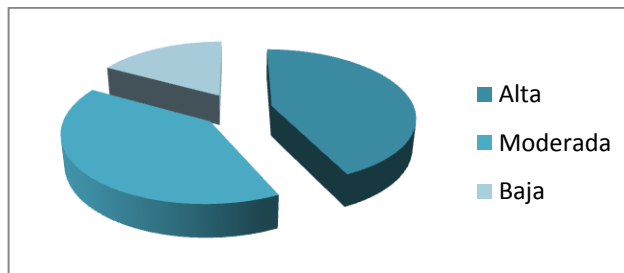
**Fuente:** Los Autores

No.	Descripción	No.	Descripción
5	BearingTeflonBushing	47	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0
16	DrawingRubber de Luque y Cia	48	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7
24	Film PPP90, 325 mm	49	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7
29	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	54	Recorderpaper, type 500
30	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	61	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU
41	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180	67	Siliconerubber 2x8x200 (Horizontal)
43	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0		

**Tabla 9 - Repuestos de Variabilidad Baja**

**Fuente:** Los Autores

Después de la revisión cuantitativa se evidencia dos grandes grupos entre una variabilidad alta y moderada, no hay certeza porque existe tanta variabilidad en las demandas, pero es probable que se deba a la misma razón de ciclos de uso, y constancia de cada máquina los cuales son diferentes para cada cliente y máquina de los mismos.



	Alta	Moderada	Baja	Total
<b>Items</b>	33	31	13	77
<b>Porcentaje</b>	43%	40%	17%	100%

**Tabla 10–Proporción de ítems por variabilidad de la demanda**

**Fuente:** Los Autores

Ante la variabilidad presentada en la mayoría de los repuestos se evaluaron posibles caminos para abordar dichas demandas, esto ha llevado a descartar como primera medida el posible abordaje de la información con modelos determinísticos así como con los modelos para demanda probabilística;

Por un lado se encontró según el análisis, que de acuerdo con el componente aleatorio de estas demandas no hay ningún modelo de serie de tiempo que se logre ajustar de manera adecuada a esta aleatoriedad, y por otro lado en el camino de la investigación se encontraron modelos de demanda errática que trataban con mejor precisión el comportamiento particular de la demanda de los

repuestos relacionado directamente con su alta variabilidad y con el número de periodos en los que la demanda era nula.

Con el fin de realizar un estudio más exhaustivo de las demandas fue necesario realizar una clasificación de los 77 ítems inicialmente propuestos, esto con el fin de que nuestro estudio se concentrara en disminuir el impacto de los que realmente representen una incidencia en términos de costos y volumen de ventas que permitieran una mejora sustancial para la empresa; y no desgastarse en los una cantidad tan significativa de referencias que desborden la capacidad del proyecto.

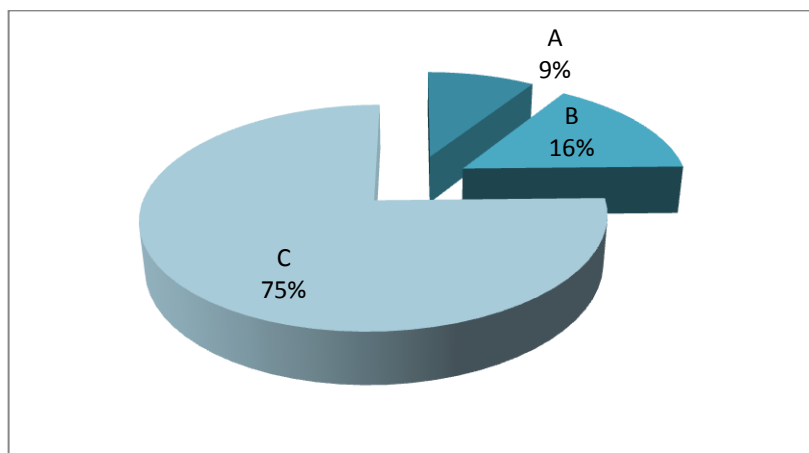
## 6.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN Y/O AGRUPACIÓN DE REFERENCIAS A CONSOLIDAR EN EL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS DEFINIDOS

### 6.2.1 Clasificación ABC

En el proceso de validación de la clasificación suministrada por la empresa en la cual se utilizó un criterio de rotación basado específicamente en la demanda de los ítems, se buscó generar una nueva clasificación ABC apoyada en la combinación de criterios de costo y volumen de ventas, el trasfondo e esta metodología fue plasmada en el Capítulo 4.2.2

El porcentaje de participación de cada una de las categorías obtenidas se puede observar porcentualmente en la Figura 12. Se presta atención que la gran mayoría, los ítems quedaron clasificados como ítem C, es decir aquellos que no son tan representativos en términos de costos y volumen de ventas.

**Figura 12** - Distribución porcentual de ítems dentro de la clasificación ABC



**Fuente:** Los Autores

Se optó por trabajar únicamente con los ítems A y B, debido a que son los ítems de mayor impacto para el inventario de la empresa en estudio; es decir se priorizó sobre las necesidades de la empresa, con el fin de garantizar un estudio más minucioso sobre los ítems que realmente podrían para la empresa garantizar un mayor fluidez económica y un manejo adecuado de los inventarios al final del estudio.

La clasificación generó un total 19 ítems representativos, 7 ítems para la categoría A y 12 ítems para la categoría B. Los ítems pertenecientes a la categoría A y B fueron descritos por la empresa como repuestos de desgaste, y por estar razón él estudió no ahondará en detalles de criticidad, un estudio de dicha criticidad no se justifica debido a que la empresa comercializa los repuestos, más no los consume.

	Clasificación			
	A	B	C	Total
Ítems Clasificados	7	12	58	77

**Tabla 11** - Número de ítems clasificados en ABC

**Fuente:** Los Autores

	Descripción	Clasf.
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	A
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	
3	DrawingRubber de Luque y Cia	
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	
7	DoorGasket (Antes 3K01082516)	
8	Siliconerubber 2x8x200 (Horizontal)	B
9	Horizontal SealingCounterRubber	
10	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180	
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	
12	Drawing Roll	
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	
15	Insulaton	
16	Holderfor UV lamp 25	
17	DoorSwitch AZ16zvrk	
18	Film PPP90, 325 mm	
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	

**Tabla 12**– Items con Clasificacion A y B

**Fuente:** Los Autores

Como caso específico el repuesto *DoorSwitch AZ16zvrk* fue descartado de dicha clasificación, debido que en el espectro de tiempo con el cual se está trabajando, se observó una demanda nula, lo que haría infructuoso el estudio de ítem. Este comportamiento fue argumentado por la empresa como consecuencia de los bajos precios que maneja uno de sus competidores para este ítem en específico, lo que

ha llevado a los clientes a comprarlo a su contraparte. En este caso la empresa deberá enfocar esfuerzos en recuperar el mercado para este ítem.

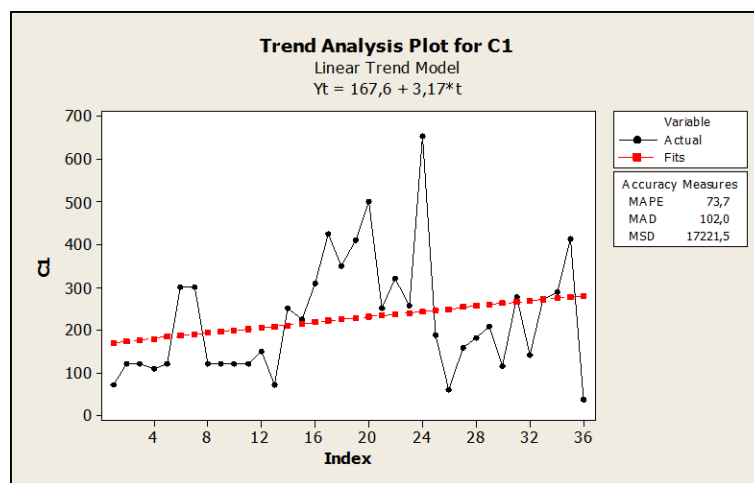
### 6.3 COMPORTAMIENTO DE LAS DEMANDAS DE LOS ITEMS CLASIFICADOS

Ante la inminente problemática que surge en particular con el comportamiento de las demandas de los repuestos se hizo necesario un estudio exhaustivo sobre los 18 ítems seleccionados previamente, siendo necesario establecer un patrón de comportamiento más minucioso.

En primera medida se realizaron estudios básicos de tendencia o la evidencia de una posible estacionalidad, seguidamente se dirigió a buscar la posibilidad de ajustar las demandas a modelos probabilísticos, debido a que estos se adecuan por lo general a demandas con una alta variabilidad.

#### 6.3.1 Análisis de tendencia

Se estableció un estudio de tendencia mediante el uso del software estadístico MINITAB® que ayudó a evidenciar gráfica y numéricamente si las demandas tenían algún factor de nivel, que determinara una demanda creciente a través del tiempo estudiado. A modo de ejemplo se muestra en la Imagen 6 el análisis de tendencia para uno de los ítems.



**Imagen 6** - Captura de pantalla. Análisis de tendencia para *Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I*

**Fuente:** Los Autores



De los ítems evaluados 10 de ellos presentaron esta característica en su comportamiento, el listado se puede leer en la Tabla 13.

Este análisis permitiría el abordaje de algunos ítems con modelos de pronósticos específicos para demandas con o sin factor de nivel que contribuya con el crecimiento o decrecimiento de los datos a medida que pasa el tiempo.

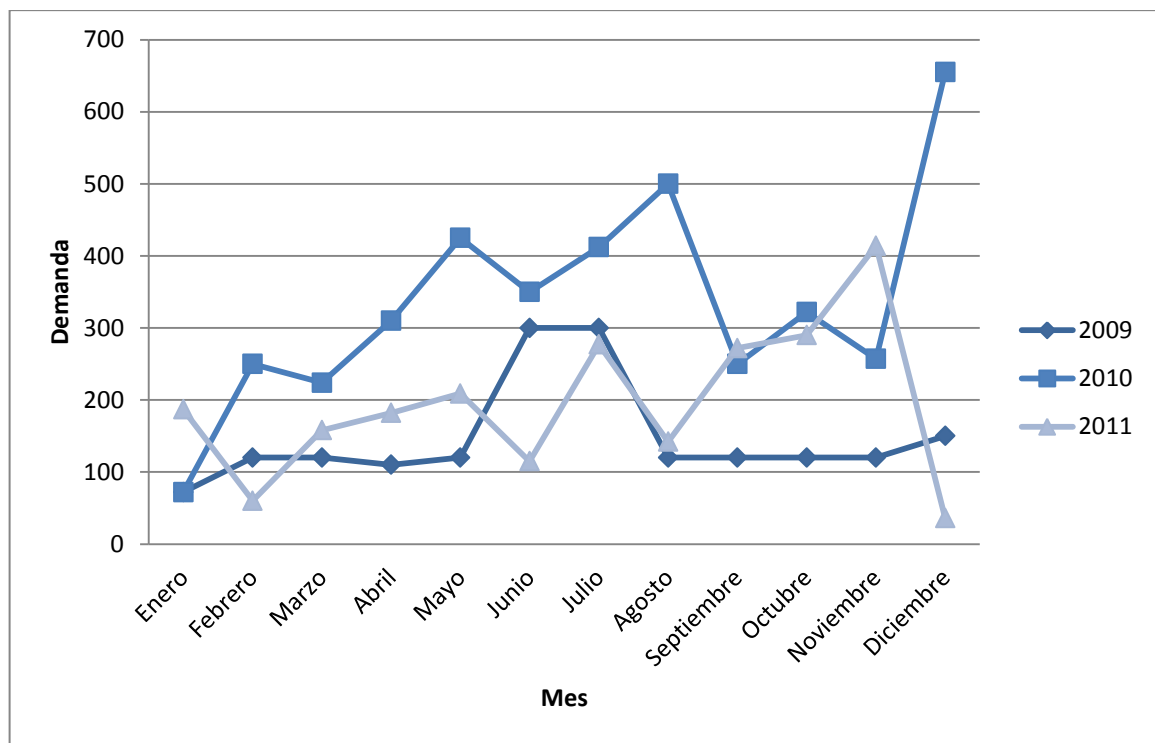
	Descripción	Pendiente	Tendencia
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	3.17	Si
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	4.96	Si
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	0.09	No
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	5.69	Si
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	4.77	Si
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	1.90	Si
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	-0.30	No
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)	11.85	Si
9	Horizontal Sealing Counter Rubber	1.50	Si
10	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180	0.62	No
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	-0.01	No
12	Drawing Roll	-0.04	No
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	4.74	Si
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	0.47	No
15	Insulaton	-0.01	No
16	Holder for UV lamp 25	2.16	Si
18	Film PPP90, 325 mm	0.01	No
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	2.15	Si

**Tabla 13** - Análisis de tendencia en cada ítem.

**Fuente:** Los Autores

### 6.3.2 Estacionalidad

Debido a factores correspondientes relacionados con el cierre de vacaciones por parte del proveedor y así mismo de la empresa estudiada, se contaba con la posibilidad encontrar un factor de tipo estacional que tuviera alzas en la demanda de todos los ítems alrededor del mes de mayo y de diciembre. En la Figura 9 se puede observar el caso específico de un ítem que no presenta estacionalidad. Este análisis cualitativo se realizó para cada ítem y permitió establecer que ninguno contaba con un comportamiento estacional por año.



**Figura 13** - Contraste de demandas año 2009, 2010 y 2011 de Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I

**Fuente:** Los Autores

### 6.3.3 Estudio de ajustes probabilísticos

El estudio de ajuste de probabilidad se realizó a través del software ajuste de probabilidades Stat::Fit®. A modo de ejemplo la Imagen 7 expone los ajustes de

probabilidades para uno de los ítems, el *ranking* de ajuste y la aceptación para cada una.

Los resultados obtenidos a tras luz de cada una de los ítems han sido resumidos en la Tabla 14, dónde se puede apreciar ajustes distintos para cada una de las demandas.

distribution	rank	acceptance
Lognormal[36., 5.02, 0.755]	48.6	do not reject
Weibull[36., 1.54, 218]	48.2	do not reject
Pearson 6[36., 575, 2.65, 8.74]	43.2	do not reject
Beta[36., 1.07e+003, 1.73, 7.3]	42.7	do not reject
Inverse Weibull[36., 1.26, 9.74e-003]	34.4	do not reject
Inverse Gaussian[36., 271, 190]	32.9	do not reject
LogLogistic[36., 2.27, 157]	28.	do not reject
Gamma[36., 2.38, 79.9]	25.8	do not reject
Pearson 5[36., 1.77, 198]	25.6	do not reject
Triangular[35., 688, 35.]	22.4	do not reject
Erlang[36., 2., 79.9]	2.58	do not reject
Exponential[36., 190]	1.27	do not reject
Rayleigh[36., 167]	0.464	reject

**Imagen 7** - Captura de pantalla ajuste de probabilidad para *Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I*

**Fuente:** Los Autores

	Descripción	Distribución	Rank	Rechazo
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	Lognormal	48.6	No
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	Lognormal	96.4	No
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	Beta	88.7	No
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	Normal	100	No
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	Lognormal	96.6	No
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	Beta	60.4	No
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	Lognormal	89.3	Si
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)	Beta	88.6	No
9	Horizontal Sealing Counter Rubber	Inverse Weibull	11.1	No
10	Membrane for expansion tank, silicone s=2, ...	Inverse Weibull	81.4	No
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	Poisson	100	No
12	Drawing Roll	Geometric	100	No
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	Beta	89.8	No
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	Geometric	100	No
15	Insulaton	Geometric	100	No
16	Holder for UV lamp 25	Inverse Weibull	41	No
18	Film PPP90, 325 mm	Binomial	100	No
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	Lognormal	65.1	No

**Tabla 14-** Ajustes de probabilidad

**Fuente:** Los Autores

Los resultados obtenidos aunque muestran varias demandas de ítem ajustándose adecuadamente a probabilidades conocidas, hay un gran número de ellas que demuestran lo contrario, esto sumando a la número de ítems que presentaron tendencia, no permitió abordar un modelo a través de distribuciones probabilísticas; por otro lado los que no mostraron tendencia y presentaron una demanda a nivel se encuentran justificados por varios periodos en los que la demanda se hacía cero, es decir hubo presencia de intermitencia; esto codujo a la búsqueda de un camino diferente que permitiera establecer un comportamiento más preciso para estas demandas.

### 6.3.4 Comportamiento errático e intermitente

La tendencia de alta variabilidad que presentaban todos los ítems se continuó evidenciando después de realizada la clasificación A y B. En este punto se logró establecer con mayor objetividad características propias de su comportamiento, así como una clara intermitencia, es decir demandas infrecuentes en el sentido en que el promedio entre transacciones consecutivas son considerablemente grandes.

	Descripción	Meses de Demanda Nula
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	0
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	0
3	DrawingRubber de Luque y Cia	1
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	0
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	0
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	0
7	DoorGasket (Antes 3K01082516)	16
8	Siliconerubber 2x8x200 (Horizontal)	0
9	Horizontal SealingCounterRubber	11
10	Membrane for expansion tank, silicone s...	0
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	3
12	Drawing Roll	13
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	0
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	3
15	Insulaton	9
16	Holderfor UV lamp 25	9
17	DoorSwitch AZ16zvrk	14
18	Film PPP90, 325 mm	0
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	0

**Tabla 15** - Meses de Demanda Nula

**Fuente:** Los Autores

Adicional a la intermitencia, se evidencia en muchos de los ítems un comportamiento errático en el cual se presentan para un mismo ítem principalmente demandas pequeñas y en ocasiones grandes cantidades demandadas. En la Tabla 16 se pueden ver las diferencias que presentan entre la cantidad más baja y la más alta demanda para cada ítem.

	Descripción	Demanda más baja	Demanda más alta	Diferencia
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	36	655	619
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	36	360	324
3	DrawingRubber de Luque y Cia	0	116	116
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	50	580	530
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	28	470	442
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	10	358	348
7	DoorGasket (Antes 3K01082516)	0	150	150
8	Siliconerubber 2x8x200 (Horizontal)	50	1800	1750
9	Horizontal SealingCounterRubber	0	268	268
10	Membrane for expansion tank, silicone ...	5	100	95
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	0	12	12
12	Drawing Roll	0	18	18
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	42	527	485
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	0	90	90
15	Insulaton	0	58	58
16	Holderfor UV lamp 25	0	376	376
18	Film PPP90, 325 mm	2	12	10
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	25	500	475

**Tabla 16** – Diferencia entre la demanda más baja y más alta.

**Fuente:** Los Autores.

Los esfuerzos por buscar un método de clasificación específico el cual tuviera estas características únicas, redireccionó el estudio hacia modelos propios de repuestos, distinguido principalmente por este tipo de perfil de consumo errático e intermitente.

### 6.3.5 Clasificación de variabilidad por tamaño de la demanda

Desde una perspectiva de pronósticos se puede realizar una clasificación alternativa que permita abordar las demandas y tipificarlas con un criterio claro

entre intermitente, errática, *lumpy* y *slow-moving*. Para establecer cada uno de los ítems se basó en los criterios antes estudiados que tienen como consideración el Coeficiente de Variación y el Promedio de Intervalos Entre Demandas (ADI). En la Tabla 17 se dan los resultados de esta clasificación.

	Descripción	ADI	CV	Clasificación de Variabilidad
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	0	0.61	Errática
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	0	0.59	Errática
3	DrawingRubber de Luque y Cia	1.03	0.64	Errática
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	0	0.44	Slow Moving
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	0	0.64	Errática
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	0	0.54	Errática
7	DoorGasket (Antes 3K01082516)	1.76	1.51	Lumpy
8	Siliconerubber 2x8x200 (Horizontal)	0	0.54	Errática
9	Horizontal SealingCounterRubber	0.92	1.57	Errática
10	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180	0	0.63	Errática
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	0.61	0.76	Errática
12	Drawing Roll	1.17	1.02	Errática
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	0	0.55	Errática
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	0.61	0.86	Errática
15	Insulaton	0.85	1.34	Errática
16	Holderfor UV lamp 25	0.85	2	Errática
18	Film PPP90, 325 mm	0	0.42	Slow Moving
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	0	0.57	Errática

**Tabla 17 - Clasificación de Variabilidad**

**Fuente:** Los Autores

Después de esta categorización podemos concluir que estas demandas en su gran mayoría cuentan con una demanda errática y en una menor medida algunas han presentando *lumpy* y *slow-moving*.

### 6.3.6 Pronóstico de demandas

El modelamiento adecuado de pronóstico de demanda para cada ítem es necesario para establecer más adelante un nivel de inventario de seguridad, que se ajuste de manera más próxima a la demanda esperada para satisfacer las necesidades de los clientes.

Un contraste de todos los criterios anteriormente analizados como tendencia, estacionalidad, ajustes de probabilidad, variabilidad e intermitencia; para cada uno

de los ítems, fueron claves para la elección del modelo de pronósticos más correcta y que garantizara una medición efectiva de los errores. En la Tabla 18 se puede ver el consolidado de modelos de pronósticos seleccionados para cada ítem.

	Descripción	Modelo de Pronóstico Seleccionado*
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	SED
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	SED
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	SAB
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	SED
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	SED
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	SED
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	SAB
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)	SED
9	Horizontal Sealing Counter Rubber	SAB
10	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180	SES
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	SAB
12	Drawing Roll	SAB
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	SED
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	SAB
15	Insulaton	SAB
16	Holder for UV lamp 25	SAB
18	Film PPP90, 325 mm	SES
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	SED

\***SED**: Suavización Exponencial Doble, **SAB**: Syntetos and Boyland, **SES**: Suavización Exponencial Simple.

**Tabla 18** - Modelos de pronóstico seleccionado

**Fuente:** Los Autores

Para todos los casos con el fin de tener en cuenta una ponderación mayor de los últimos datos y así establecer una simulación más cercana a la realidad actual de la empresa, los pronósticos se trabajaron con un criterio *Ex anteen* el que se tomaron los años 2009 y 2010 para realizar la inicialización del método y el año 2011 para simulación del mismo.

Para la optimización de los estimadores alfa y beta correspondientes para cada método, se usó el software MINITAB® en cual se crearon automáticamente los pronósticos minimizando el error al mínimo a través de Modelo Autoregresivo Integrado de Media Móvil ARIMA. Estos estimadores fueron usados posteriormente para la realización propia de pronósticos en Microsoft Excel® garantizando así el mínimo error en cada uno de los modelos realizados.

## Aplicación de Suavización Exponencial Simple SES

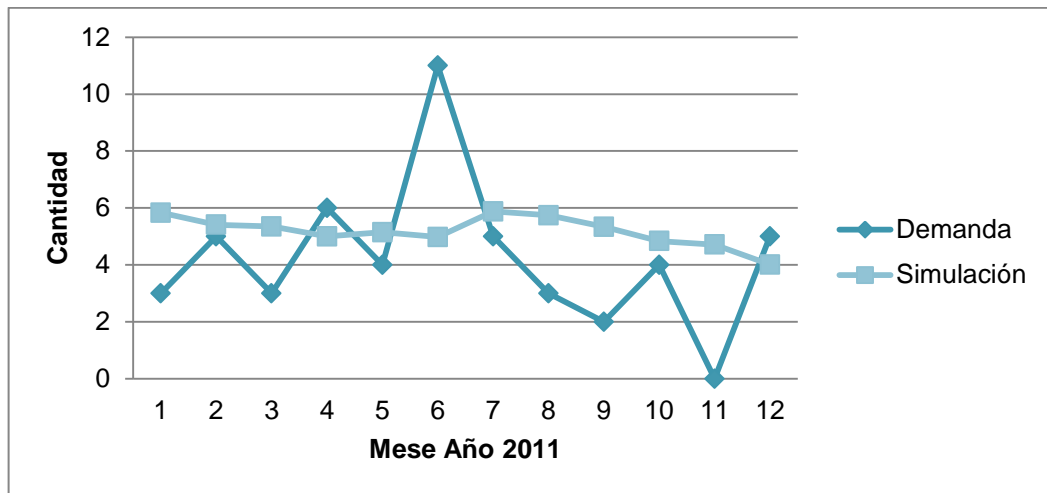
El comportamiento más atípico en comparación de los otros 16, fue el de la demanda de los items *Film PPP90, 325mm* y *Membrane for expansion tank*. Los cuales no presentaron tendencia y a su vez no contaron con intermitencia o comportamiento errático durante el periodo de tiempo estudiado. Para este único caso se aplicó el método de Suavización Exponencial Simple, el pronóstico de uno de estos casos se desarrollan en la Tabla 19 y Figura 10 respectivamente.

ALFA	0.149071	$D_T$	$S_T$	$F_{T-1}$	$e_T$	$ e_T $	$e_T^2$	$ e_T  / d_T$
$S_0$			5.83					
25	ene-11	3	5.40	5.80	-2.80	2.83	8.00	0.94
26	feb-11	5	5.30	5.40	-0.40	0.41	0.20	0.08
27	mar-11	3	5.00	5.30	-2.30	2.35	5.50	0.78
28	abr-11	6	5.10	5.00	1.00	1.00	1.00	0.17
29	may-11	4	5.00	5.10	-1.10	1.15	1.30	0.29
30	jun-11	11	5.90	5.00	6.00	6.02	36.30	0.55
31	jul-11	5	5.70	5.90	-0.90	0.88	0.80	0.18
32	ago-11	3	5.30	5.70	-2.70	2.74	7.50	0.91
33	sep-11	2	4.80	5.30	-3.30	3.34	11.10	1.67
34	oct-11	4	4.70	4.80	-0.80	0.84	0.70	0.21
35	nov-11	0	4.00	4.70	-4.70	4.71	22.20	0.00
36	dic-11	5	4.20	4.00	1.00	0.99	1.00	0.20
MAD						2.30		
MSD						8.00		
MAPE								49.80
Desviación Estándar MAD						2.8398		
Desviación Estándar MSD						2.823		
Diferencia Desviaciones MAD vs MSD						0.59%		
Indicador Seleccionado						MAD		

**Tabla 19** – Pronóstico Suavización Exponencial Simple de *Film PPP90, 325mm*.

**Fuente:** Los Autores





**Figura 14** - Pronóstico Suavización Exponencial Simple de Film PPP90, 325mm.

**Fuente:** Los Autores

### Aplicación de Suavización Exponencial Doble SED

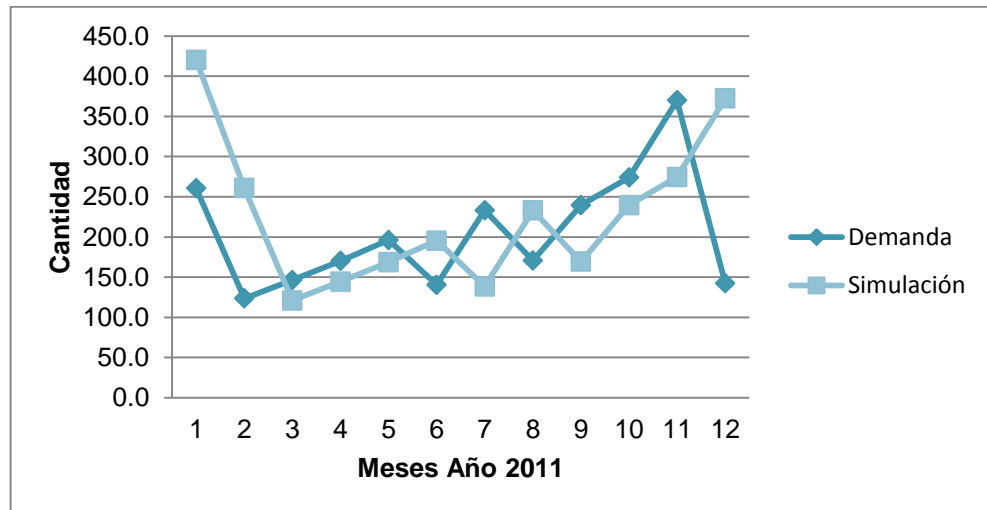
Un comportamiento más común fue presentando en varios de los ítems, quienes presentaron una tendencia en algunos casos bastante relevante y otros en los cuales la pendiente no es lo extremadamente elevada, pero suficiente para generar una estimación de nivel importante. Para estos casos se desarrolló el método de Suavización Exponencial Doble, que a diferencia del simple, tiene en cuenta dicha estimación de nivel.

A modo de ejemplo en la Tabla 20 y Figura 15 se puede ver el desarrollo de la simulación para el ítem *Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I*

ALFA	0.684147								
BETA	0.018892	D <sub>T</sub>	S <sub>T</sub>	B <sub>T</sub>	F <sub>T-1</sub>	e <sub>T</sub>	e <sub>T</sub>	e <sub>T</sub> <sup>2</sup>	e <sub>T</sub>   / d <sub>T</sub>
<b>S<sub>0</sub></b>			<b>417.21</b>	<b>3.20</b>					
25	ene-11	187	260.70	0.10	420.40	-233.40	233.38	54464.20	1.25
26	feb-11	60	123.40	-2.40	260.90	-200.90	200.86	40345.40	3.35
27	mar-11	158	146.30	-2.00	121.00	37.00	37.00	1369.30	0.23
28	abr-11	182	170.10	-1.50	144.30	37.70	37.66	1418.00	0.21
29	may-11	209	196.20	-1.00	168.60	40.40	40.38	1630.20	0.19
30	jun-11	115	140.40	-2.00	195.30	-80.30	80.29	6446.00	0.70
31	jul-11	277	233.20	-0.20	138.40	138.60	138.64	19220.70	0.50
32	ago-11	142	170.70	-1.40	233.00	-91.00	91.00	8281.90	0.64
33	sep-11	272	239.60	-0.10	169.40	102.60	102.64	10534.50	0.38
34	oct-11	290	274.10	0.60	239.50	50.50	50.47	2547.60	0.17
35	nov-11	414	370.00	2.40	274.70	139.30	139.35	19417.20	0.34
36	dic-11	36	142.20	-1.90	372.40	-336.40	336.39	113155.00	9.34
MAD							124.00		
MSD								23235.80	
MAPE									144.18
Desviación Estándar MAD							155.00488		
Desviación Estándar MSD							152.43306		
Diferencia Desviaciones MAD vs MSD							1.66%		
Indicador Seleccionado							MAD		

**Tabla 20** - Pronóstico Suavización Exponencial Doble de *Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I*.

Fuente: Los Autores



**Figura 15** - Pronóstico Suavización Exponencial Doble de *Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I*

Fuente: Los Autores

## Aplicación del Método de Croston y Modificado de Croston (SAB)

Para las demandas que presentaron un fuerte componente errático y a la vez intermitente, comportamiento bastante común en ítems específicamente de repuestos, el modelo de Croston al igual que el Modificado de Croston o SAB se adaptan muy bien para la realización de una simulación de pronóstico sobre este tipo de demandas.

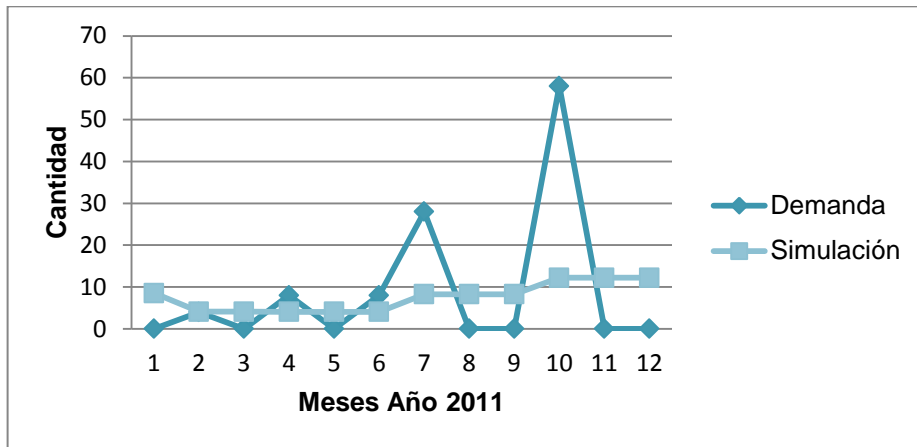
Los ítems con los comportamientos antes mencionados fueron desarrollados a tras luz de los ambos métodos con el fin de corroborar de manera práctica la efectiva disminución del error con el uso del modelo desarrollado por Syntentos y Boyland. Este contraste nos llevó a la elección de este último para el modelamiento general de todos los ítems con este tipo de demanda, ya que la mayoría de simulaciones bajo esta metodología efectivamente evidenciaba un error ligeramente menor, que pueden llevar a una mayor exactitud en el modelamiento.

En la Tabla 21 y Figura 16 se puede ver el desarrollo del pronóstico modificado de Croston (SAB) para el ítem *Insulaton*

ALFA	0.043535	$X_T$	$Y_T$	$P_T$	Q	$M_T$	$e_T$	$ e_T $	$e_T^2$	$ e_T  / X_T$
	$S_0$	8.55	0.40	0.00	1					
25	ene-11	0	0.40	0.00	2	8.50	-8.50	8.55	73.00	0.00
26	feb-11	4	0.50	0.10	1	4.10	-0.10	0.12	0.00	0.03
27	mar-11	0	0.50	0.10	2	4.10	-4.10	4.12	17.00	0.00
28	abr-11	8	0.90	0.20	1	4.10	3.90	3.93	15.50	0.49
29	may-11	0	0.90	0.20	2	4.10	-4.10	4.07	16.60	0.00
30	jun-11	8	1.20	0.30	1	4.00	4.00	3.95	15.60	0.49
31	jul-11	28	2.00	0.20	1	8.30	19.70	19.73	389.20	0.70
32	ago-11	0	2.00	0.20	2	8.30	-8.30	8.27	68.40	0.00
33	sep-11	0	2.00	0.20	3	8.30	-8.30	8.27	68.40	0.00
34	oct-11	58	4.50	0.40	1	12.20	45.80	45.80	2097.50	0.79
35	nov-11	0	4.50	0.40	2	12.20	-12.20	12.20	148.90	0.00
36	dic-11	0	4.50	0.40	3	12.20	-12.20	12.20	148.90	0.00
MAD								10.93		
MSD									254.90	
MAPE										20.91
Desviación Estandar MAD								13.66734		
Desviación Estandar MSD									15.966	
Diferencia									16.82%	
Indicador Seleccionado									MCD	

**Tabla 21** - Pronóstico método de Croston Modificado (SAB) de *Insulaton*

**Fuente:** Los Autores



**Figura 16** - Pronóstico Suavización Exponencial Doble de Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I.

**Fuente:** Los Autores

El insumo más importante del desarrollo de la simulación de pronóstico para cada ítem, es el cálculo del promedio de dicha simulación, que permite mostrar un estimativo de demanda que podría ocurrir, este junto con la desviación estándar de los errores de dicha simulación nos ayudan al establecimiento correcto de un inventario de seguridad, una vez se establezca un modelo adecuado de revisión del inventario. En la Tabla 22 se puede ver un consolidado de estos resultados.

	Descripción	Modelo de Pronóstico Seleccionado	Indicador de Error Seleccionado	Pronóstico de Demanda	Error
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	SED	MAD	228.15	124.00
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	SED	MAD	208.21	87.62
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	SAB	MAD	55.79	20.10
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	SED	MAD	357.09	101.13
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	SED	MAD	257.90	110.62
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	SED	MAD	177.34	76.08
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	SAB	MCD	61.04	3926.92
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)	SED	MAD	917.32	483.16
9	Horizontal Sealing Counter Rubber	SAB	MCD	38.84	3226.50
10	Membrane for expansion tank...	SES	MCD	33.34	686.27
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	SAB	MAD	2.85	2.28
12	Drawing Roll	SAB	MAD	5.30	3.69
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	SED	MAD	287.62	3.69
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	SAB	MAD	26.17	7.00
15	Insulaton	SAB	MCD	7.53	15.97
16	Holder for UV lamp 25	SAB	MAD	146.20	73.87
18	Film PPP90, 325 mm	SES	MAD	5.19	2.84
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	SED	MAD	266.42	124.04

**Tabla 22**–Resultado de Pronósticos y error por ítem

**Fuente:** Los Autores

## **6.4 SISTEMA DE REABASTECIMIENTO CONJUNTO, COSTO EFICIENTE Y DIFERENCIADO DE CONTROL DE INVENTARIOS DESARROLLADO**

La implicación de un proveedor internacional común para la mayoría de ítems dentro de la clasificación, implicó la selección de un modelo que permitirá una minimización de costos, derivados principalmente de variables como costo de transporte y de aranceles implicados en la nacionalización de las importaciones realizadas por parte de la empresa de estudio desde el proveedor ubicado en el exterior.

El estudio del comportamiento de las demandas fue clave en la toma de decisión sobre la elección del tipo de modelo sería más el conveniente para el caso expuesto, en esta medida, se tomaron en cuenta modelos de sistemas probabilísticos debido a una fuerte tendencia de ajuste de probabilidad de las demandas que se pueden evidenciar en el Capítulo 6.3.3 de este proyecto.

La elección de un sistema de revisión periódica desarrollado por Atkins y Lyogun en 1998, resulta conveniente para la intención de la empresa, y la necesidad de coordinar en una sola orden los ítems que se ordenan. En primera medida, porque los costos de realizar una orden son relativamente altos dada, la distancia del proveedor y en segunda medida porque se tuvo en cuenta que el proveedor no maneja ningún tipo de descuento por cantidad.

En la aplicación de este modelo también se atribuyó el hecho que la empresa mes a mes ha venido desarrollando un consolidado de pedidos realizados por los clientes para realizar la finalmente la orden, es decir ya venían trabajando con un sistema de revisión periódica completamente empírico. Esto facilitaría en gran medida su aplicación y se adecuada sinergia al método de trabajo de la empresa.

### **6.4.1 Costos relacionados**

Para el establecimiento del sistema de revisión mencionado es necesario evaluar todos los costos implicados en cada colocación de orden. El modelo tiene a consideración costos de compra por unidad, dos costos relacionados con el ordenamiento; un costo de mantener el inventario.

Para la determinación eficaz de los costos se ha tomado en consideración tasas de cambio constantes durante el estudio, ya que la fluctuación constante de las tasas de cambios de las monedas de los países o comunidades económicas

implicadas en varios de los costos, puede afectar el estudio volviéndolo dispendioso con un cambio constante de los mismos.

Los costos mencionados están imparcialmente distribuidos alrededor de varios conceptos que rodean a la importación de productos y los cuales son explicados con más detalles a continuación.

### **Costo de Compra ( *v* )**

Costo directo asociado con la compra real de los ítems al proveedor. Implica el costo unitario de compra, el costo de flete, y el seguro.

- Costo Unitario de compra: suministrado por la empresa en Euros (€.) con cláusula incoterm *Ex Works*.
- Flete: Es el costo que cuesta traer cada ítem desde la fábrica del proveedor internacional.
- Arancel: Es el porcentaje establecido por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales DIAN, dependiendo de la posición arancelaria del tipo de artículo a importar.
- Seguro: Porcentaje que asume la empresa con el fin de que un tercero asuma el riesgo por daño, pérdida o robo de la mercancía.

$$v = \text{Costo Unitario} + (\text{Flete} * \% \text{Arancel}) \\ + (\% \text{Seguro} * \text{Costo Compra} * \% \text{Arancel})$$

Para el establecimiento de este tipo de costos fue necesario el estudio minucioso de las declaraciones de importación y las facturas de venta de la compañía de envíos..

### **Costo Mayor ( *A* )**

Es el costo fijo por poner una orden, en este se tuvo en consideración varios costos fijos encontrados tanto a nivel de transporte de la mercancía y agenciamiento de la orden y otros costos fijos encontrados.

- Costo Fijo Flete: Costo de flete independiente de la cantidad de Kilogramos traídos desde el país precedente.
- Costo Fijo de Agenciamiento: Servicio de agenciamiento adquirido por la empresa para la efectiva importación y nacionalización de los productos importados.
- Reconocimiento de Mercancías: Costo por la inspección física de la mercancía pagada a un tercero durante la nacionalización
- Otros costos fijos: Incluye un costo fijo encontrado, derivado de gastos administrativos cobrados por un tercero, la elaboración de declaraciones de impuestos y declaraciones andinas de valor.

Así pues el costo Mayor para nuestro estudio se definió así:

$$A = \text{Costo Fijo Flete} + \text{Costo Fijo de Agenciamiento} \\ + \text{Reconocimiento de mercancías} + \text{Otros Costos Fijos}$$

### **Costo Menor (*a*)**

Este costo es designado una vez se ha puesto una orden, como el costo de agregar un ítem a la orden, y para nuestro caso se definió así:

$$a = \text{Prom. Facturas} \left( \frac{\text{Servicio de Agenciamiento} + \text{Gastos Administrativos} + \text{Elaboración de Declaraciones}}{\text{Cantidad de ítems}} \right)$$

### **Costo de mantener el inventario (*r*)**

Al realizar la inversión en inventario, el dinero queda comprometido y no puede obtener rendimientos de otro tipo, este costo es de oportunidad. En nuestro caso la empresa ha definido este con criterios ajenos a los estudiados en un 18%, es decir consideran que el dinero invertido en el inventario podría tener un rendimiento en este porcentaje si se tuviera invertido en otro lugar.

$$r = 18\%$$

## **6.4.2 Cálculo de costos de fletes y de importación**

La importación de productos implica una gran cantidad de combinación de costos, tanto de flete como arancelarios que fue necesario prorratear a cierta medida. La dispendiosa tarea de desglosar cada costo se redujo tratando de buscar una posible linealidad entre los últimos 5 pedidos por la empresa, que esbozar de esta forma una ecuación distribuida en costos fijos y variables.

Este cálculo se basó principalmente en dos factores principales, el costo de flete y el costo relacionado con la importación y nacionalización de la mercancía.

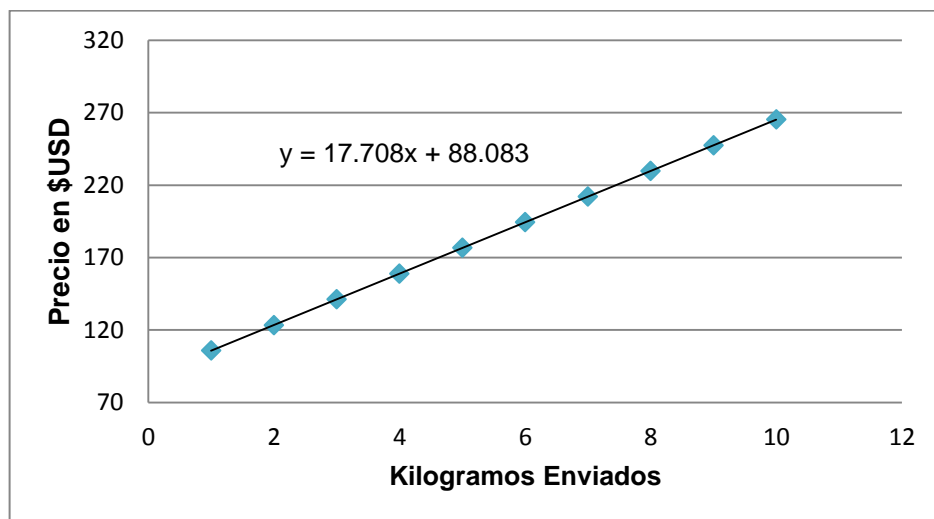
Afortunadamente se encontró una descripción lineal para ambos casos, que permitieron el cálculo de cada costo de la manera correcta. Los otros costos anexos fueron establecidos por la empresa.

### Relación lineal de fletes

La búsqueda de una relación lineal entre el precio pagado a la agencia de envíos, por cada kilogramo transportando desde la ciudad de origen hasta la empresa de estudio, resultó satisfactoria y logró establecer un costo fijo y un costo variable para el flete definido por la ecuación.

$$y = \text{USD}\$17.708x + \text{USD}\$88.083$$

Donde  $x$  = Número de Kilogramos del envío



**Figura 17** - Relación de Costo de envío y peso enviado

**Fuente:** Los Autores

### Relación lineal de costos de importación

Dentro de los costos de importación se buscó cierto tipo de relación que definiera un costo variable por cantidad de referencias pedidas, con el fin establecer el valor del costo menor  $\alpha$ . Se encontró una correlación lineal entre la suma de los costos de Servicio de Agenciamiento, Gastos Administrativos y Elaboración de declaraciones de Importación así como de las Declaraciones Andinas de Valor.

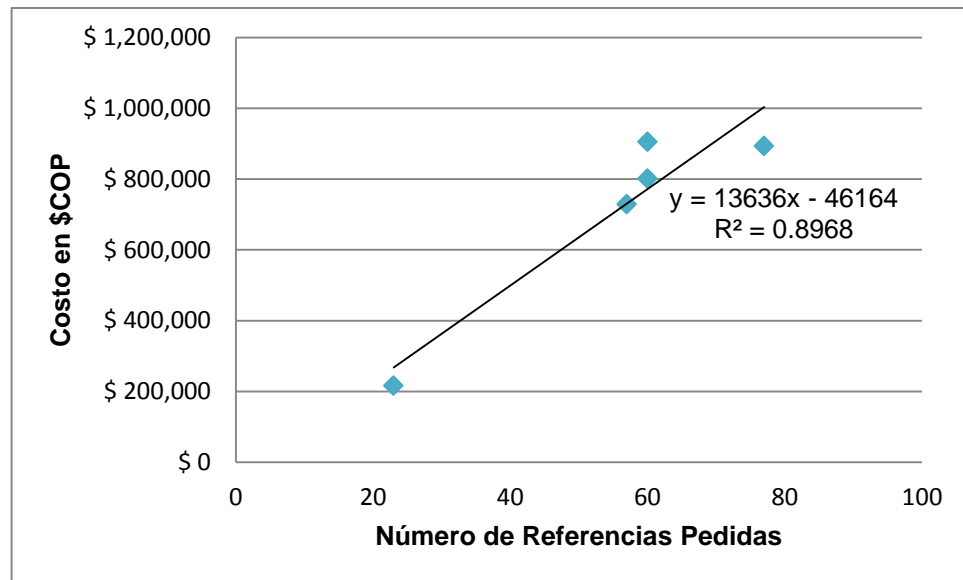
Estos costos fueron relacionados a través de las facturas de venta del tercero, suministrada por la empresa de estudio.



La relación lineal genero una ecuación que permite distinguir entre costo fijo y costo variable así:

$$y = COP\$13.636x + COP\$46.164$$

Donde  $x$  = Número de referencias pedidas



**Figura 18** - Relación de costos asociados a importación y número de referencias pedidas

**Fuente:** Los Autores

Finalmente una relación completa de los costos hallados para cada ítem se puede ver en el anexo 9

### 6.4.3 Desarrollo del sistema de revisión periódica.

Inicialmente se calculó la cantidad económica a ordenar EOQ para cada ítem, y así mismo un tiempo de suministro equivalente para cada producto  $i$  usando solamente el costo menor  $a_i$  asumiendo un año como 52 semanas. Estos cálculos se realizaron basados en las ecuaciones expresadas el Capítulo 4.2.5 donde se establecen los detalles del modelo. Los resultados de estos cálculos han sido consolidados en la Tabla 23

	Descripción	EOQ	Tiempo de Revisión, Semanal
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	75	1.67
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	75	1.57
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	51	4.29
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	97	1.27
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	98	1.83
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	77	2.19
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	28	5.09
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)	185	0.96
9	Horizontal Sealing Counter Rubber	41	4.30
10	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180	29	3.56
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	5	7.65
12	Drawing Roll	4	5.62
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	89	1.52
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	32	5.22
15	Insulaton	17	8.34
16	Holder for UV lamp 25	49	2.62
18	Film PPP90, 325 mm	4	4.08
19	Scraper rubber 3 x 24 x 420, PU	60	1.49

**Tabla 23**–Cálculo de EOQ y Tiempo de revisión.

**Fuente:** Los Autores

El resultado de esto fue crear un tiempo de revisión para cada ítem dentro de la familia. Después se escogió el menor tiempo de revisión, que para el caso fue *Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)*; este ítem se denotó como producto 1 por el momento.

Una pequeña porción,  $\alpha_1$ , del costo Mayor  $A$ , se puso para este primer producto. La idea fue distribuir el costo mayor a varios productos en la familia. El algoritmo distribuye solo una pequeña porción del costo mayor a los productos que son comprados más frecuentemente. Al distribuir cada vez más  $\alpha_i$  de *Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)*; logra incrementar su tiempo de revisión, hasta que este llegue al punto en el que es igual al tiempo de revisión del segundo producto comprado más frecuentemente, basado solo en el  $\alpha_i$ , se denotó el producto 2, que para nuestro caso fue *O-Ring Diam. 69.2 x 5.7*. Después se distribuyó el tiempo de revisión. Cuando estos dos son iguales el tiempo de revisión incrementa hasta el tiempo de revisión del tercer producto, se continuo con el este proceso hasta que el costo mayor es distribuido por completo, Esto es cuando  $\sum_i \alpha_i = 1$ . Este proceso fue llevado a cabo con el uso de la función celda objetivo de Microsoft Excel® usando las expresiones y restricciones mencionadas en el Capítulo 4.2.5

	Descripción	Alfa
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	0.08492
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	0.09898
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	0.00000
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	0.16224
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	0.06680
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	0.04043
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	0.00000
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)	0.30277
9	Horizontal Sealing Counter Rubber	0.00000
10	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180	0.00035
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	0.00000
12	Drawing Roll	0.00000
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	0.10846
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	0.00000
15	Insulaton	0.00000
16	Holder for UV lamp 25	0.02033
18	Film PPP90, 325 mm	0.00000
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	0.11507
<b>Sumatoria de Alfa</b>		<b>1.00033</b>
<b>Periodo Base Encontrado en Semanas</b>		<b>3.56</b>

**Tabla 24** - Alfa encontrados para encontrar el periodo base

**Fuente:** Los Autores.

Una vez se obtuvieron  $\alpha_i > 0$  permitió el establecimiento de un periodo de revisión base de 3.56 semanas. Este resultado se adecua perfectamente al periodo de 4 semanas que empíricamente usaba la empresa para el ordenamiento de los ítems, y que en las últimas órdenes estaba disminuyendo considerablemente. Dada esta situación se tomó la decisión de acercar este valor a un periodo de revisión base final de 3 semanas.

Una vez fue establecido el periodo de revisión base se establecieron los demás periodos de revisión usando potencias de dos multiplicadas por el periodo de revisión base. Esto también permite conocer el promedio de unidades a ordenar en estos periodos. Los nuevos periodos de revisión pueden verse en la Tabla 25.

	Descripción	Período de Revisión	Promedio de Tamaño de Orden
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	3	135
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	3	144
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	3	36
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	3	228
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	3	161
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	3	106
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	6	33
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)	3	577
9	Horizontal Sealing Counter Rubber	3	29
10	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180	3	24
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	6	4
12	Drawing Roll	6	4
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	3	175
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	6	37
15	Insulaton	6	12
16	Holder for UV lamp 25	3	56
18	Film PPP90, 325 mm	3	3
19	Scraper rubber 3 x 24 x 420, PU	3	120

**Tabla 25** - Sistema de Gestión de Inventario

**Fuente:** Los Autores

#### **6.4.4 Establecimiento de Inventarios de Seguridad y Nivel de Inventario meta**

Con el fin de establecer una nivel de seguridad que soporte con el servicio que la empresa de estudio desea brindar, se optó por determinarlo basado en un nivel de servicio al cliente del 95% de no faltantes por ciclo de reabastecimiento, este nivel de servicio es llamado Nivel de Servicio de Ciclo, que se puede ver estructuradamente en el Capítulo 4.2.4

Después de realizar los cálculos respectivos se obtuvo los inventarios de seguridad expuestos en la Tabla 26 donde a la vez se han calculado el inventario meta, sumando la demanda esperada con el inventario de seguridad encontrado.

Es preciso resaltar que en el cálculo del inventario de seguridad no se tuvo en cuenta la variabilidad de lead time por los siguientes motivos:

- El tiempo de entrega está certificado por el modo de transporte internacional y el operador logístico.

- Los ítems seleccionados son de desgaste, sobre ellos no hay variabilidad significativa porque a la empresa proveedora llega el pedido, se consolida en bodega y se despacha con la menor prontitud.
- Para efectos del volumen de demanda a la empresa XYZ, 30 clientes mandan una orden mensual o menos frecuente inclusive, esta leve variación es insignificante.

Por lo que finalmente se puede concluir que en un entorno de mucho volumen y baja rotación tendría mucha incidencia la variabilidad del lead time, en este caso no.

	Descripción	Demanda Esperada	Inventario de Seguridad	Inventario meta
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	228.15	254.96	484
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	208.21	180.15	389
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	55.79	41.32	98
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	357.09	207.92	566
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	257.90	227.44	486
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	177.34	156.43	334
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	61.04	103.08	165
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizontal)	917.32	993.41	1911
9	Horizontal Sealing Counter Rubber	38.84	93.43	133
10	Membrane for expansion tank, silicone s=2, Diam. = 180	33.34	43.09	77
11	Diaphragm 400 (Membrane for exp tank 400)	2.85	3.75	7
12	Drawing Roll	5.30	7.59	13
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	287.62	210.96	499
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	26.17	14.39	41
15	Insulaton	7.53	26.26	34
16	Holder for UV lamp 25	146.20	151.87	299
18	Film PPP90, 325 mm	5.19	4.67	10
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420, PU	266.42	255.04	522

**Tabla 26** - Inventarios de Seguridad y Nivel de Inventarios Meta

**Fuente:** Los Autores

Con esta nueva información se complementa el sistema de gestión de inventarios que permitirá a la empresa pasar de un manejo completamente empírico de sus inventarios a uno estudiado a cabalidad, que podrá satisfacer los clientes con un nivel de servicio lo suficientemente competitivo en sus productos más representativos. Se ha establecido que esta información tendrá validez de 6 meses, sin embargo el desarrollo de la herramienta en Excel queda a disposición de la empresa para su debida apropiación y actualización con el fin de contribuir con sus próximas planeaciones.

## 6.5 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DIAGNOSTICADO Y RECOMENDADO

Como apéndice de la gestión de inventarios cuantitativa, es necesario realizar una valoración física del manejo de los ítems dentro de la bodega y realizar una propuesta de mejoramiento que permita la ubicación, la identificación y el conteo de los repuestos.

### 6.5.1 Diagnostico

#### Primera fase

En la fase inicial del desarrollo de este proyecto que se comenzó con la realización del anteproyecto, en este instante, la empresa contaba con un modelo de almacenamiento para 500 referencias que carecían de un patrón de organización para los ítems, no se tenía una herramienta de identificación y se hacía uso de una estantería no especializada en el almacenamiento de repuestos.

No se tenía una subdivisión que permitiera el almacenamiento o agrupación de los repuestos por referencia; lo que dificultaba el manejo tanto físico como de información acerca del inventario, más aun teniendo en cuenta el número de referencias que en ese entonces estaban manejando.



**Imagen 8** - Almacenamiento fase inicial



**Imagen 9** - Almacenamiento fase inicial

Por factores administrativos de la empresa que hasta el momento se desconocieron, la unidad de negocio correspondiente a las máquinas de envasado para material de empaque UHT quedó separada, que llevó a decisiones instantáneas para un nuevo lugar de almacenamiento, en el cual se basa el siguiente diagnóstico.

### **Segunda fase.**

**Espacio:** En la actualidad la empresa tiene destinado un espacio de aproximadamente de  $10.4 m^2$  comprendidos en  $2,60 m$  de largo por  $4,0 m$  de ancho y un alto de  $2,25 m$ ; El espacio está destinado completamente para el almacenamiento de los repuestos. Cuenta con estantería alta, especializada para el almacenamiento de productos diferentes a la de repuestos.

**Señalización:** La señalización con la que en la actualidad cuenta la bodega, no alberga la totalidad de productos con los que cuenta y no tiene un estándar que garantice la identificación de los ítems a plenitud.

**Organización:** Se carece de un criterio de organización para los 77 repuestos con los que en la actualidad se trabaja ya sea por familias, funcionalidad o por orden alfabético, adicionalmente como se logra puede percibir en las imágenes 3 y 4, la utilización de cada nivel de la estantería se adecua con cajas de cartón, que permiten hacer la división respectiva para el almacenamiento en cantidad y por referencia.



**Imagen 10** - Almacenamiento actual





**Imagen 11** - Almacenamiento actual

**Estanterías:** El cuarto de almacenamiento cuenta con tres estanterías cada una con 0.90 metros de ancho y un alto de 1,98; hay una estantería extra que cuenta con dimensiones de 0,95 metros de ancho y un alto de 1,95. Por fuera de las estanterías hay apilamientos de cajas de cartón y otros tipos de materiales diferentes a los repuestos que hacen un poco molesta la movilidad dentro del cuarto de almacenaje.

### **6.5.2 Recomendación**

Después de la separación de los socios hubo un cambio positivo en la gestión del almacenamiento de los repuestos sin embargo aún habían aspectos por mejorar que lograrían con una mejor organización y más fácil ubicación e identificación agilizar el despacho de productos y el conteo físico de los productos para cierres de inventarios.

La recomendación tiene como ventajas frente a lo que se viene trabajando actualmente en la empresa que permite una mayor protección del producto y una mejor utilización del espacio según dimensiones; lo cual enmarca la recomendación en un estado ideal.

Hay varios puntos sobre los que se puede realizar mejores en cierta medida para el almacenamiento adecuado para los repuestos, la propuesta de tiene tres puntos claves:



- El uso de una estantería apropiada para el almacenamiento de los repuestos como lo son los gabinetes de cajón para almacenamiento de alta densidad; teniendo en cuenta que se debe realizar el almacenamiento de 77 referencias, el gabinete a utilizar debe tener 13 niveles, cada nivel con seis espacios de almacenamiento y cada espacio con una medida de 22 cm de ancho por 22 cm como se puede apreciar en la imagen 5 y 6.



**Imagen 12** - Gabinete de cajón para almacenamiento de alta densidad. Tomado de LISTA <http://www.listaintl.com.mx/files/cabinet.aspx>



**Imagen 13** - Gabinetes de cajón para almacenamiento de alta densidad

Se estima aproximadamente un gabinete con las siguientes dimensiones:

Ancho: 1.10 metros

Alto: 0.90 cm

Largo: 0.80 cm

- La estrategia de ubicación para los repuestos es oportuno realizarla siguiendo un criterio común que compartan las distintas referencias ya sea por funcionalidad, por familias o un criterio alfabético o numérico, esto logra agilizar la ubicación de un ítem específico de una manera más ordenada; y en el caso específico que alguno de los involucrados en la actividad, no tenga ningún conocimiento acerca del almacenamiento de los repuestos, le será mucho más fácil, la ubicación, identificación y conteo alguna referencia.
- La estandarización de una etiqueta que se utilice en todos y cada uno de los ítems es pertinente para seguir ahondado en esfuerzos por mejorar el almacenamiento. La etiqueta debe contar con el nombre del repuesto, la referencia con la cual se identifica y un color distintivo para cada familia en caso de que el criterio de organización en el punto anterior sea por familias de repuestos, un ejemplo de la etiqueta recomendada se puede ver en la Imagen 7.



**Imagen 14** - Etiqueta recomendada

Teniendo en cuenta estos aspectos se hará no solo una eficiente operación de almacenamiento, sino que además se lograra reducir el costo del mismo pues el gabinete tiene un precio inferior que aproximadamente oscila entre los \$500.000 y \$700.000 pesos, siendo así inferior a la inversión que se ha realizado en la estantería con la cual actualmente está trabajando la compañía.

## 7. CONCLUSIONES

- La alta variabilidad presenciada en la mayoría de ítems remitió al direccionamiento adecuado del estudio a través de métodos de pronóstico y revisión que los autores desconocen, y que fueron relevantes para la optimización del sistema propuesto.
- La clasificación ABC determinó que los ítems más representativos para la gestión del control de los inventarios son los de desgaste.
- La medición de error en los pronósticos la cual arrojó resultados altos genera desperdicios en el inventario ya que no se tiene una mayor aproximación a la demanda lo que incrementa el stock de seguridad.
- El modelo que se implementa tiene un balance entre costos fijos tanto por referencia como por pedido con lo cual se puede garantizar un mejor balance en la gestión de control de inventarios.
- Se evidencia una correlación casi perfecta del 61% de los ítems donde el  $R^2$  es mayor al 80%.
- Frente a la incertidumbre en cuanto a las tasas de uso por parte del cliente con relación a la máquina y el poco conocimiento en cuanto a las políticas de inventario, la demanda muestra un componente errático el cual es abordado mediante el modelo de pronóstico de Croston.
- La clasificación de los 18 ítems que se lograron enlazar a un sistema de reabastecimiento conjunto se podría extender a los demás ítems que han quedado por fuera de la clasificación.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se debe recolectar información con un espectro de tiempo mucho más amplio que permita un estudio más acertado de la demanda.
- Considerar diferentes criterios de selección de importancia de productos de acuerdo a la naturaleza del negocio y a la necesidad del problema planteado.
- Medir la cantidad de faltantes en la demanda en caso de ocurrir, ya que puede brindar información relevante sobre productos que han incurrido en stock-outs.
- Medir la frecuencia en que se realiza una orden por parte de los clientes con el fin de ajustar de una mejor manera la incidencia de lead time en los tiempos de entrega por parte de la empresa.

## 9. BIBLIOGRAFIA

A.H. C. Eaves and B. G. Kingsman. Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare, Lancaster, 2002, p. 131, 431-437.

Desconocido. Coeficiente de correlación lineal de Pearson. [En línea] [Nov 12 2011]. Disponible en internet:

<http://personal.us.es/vararey/adatos2/correlacion.pdf>

Desconocido. Modelos de series de tiempo para pronósticos de demanda, 1-1. [En línea]. [10-05-2012]. Disponible en:

[http://www.articulo.org/articulo/28158/modelos\\_de\\_series\\_de\\_tiempo\\_para\\_pronosticos\\_de\\_demanda.html](http://www.articulo.org/articulo/28158/modelos_de_series_de_tiempo_para_pronosticos_de_demanda.html)

Desconocido, Modelos métodos y técnicas de pronósticos. [En línea]. [09- 12- 2011]. Disponible en internet:

[.http://www.paginasprodigy.com/sylsr/ingenierias/pronosticos/medidas%20de%20precisi%C3%B3n%20de%20pron%C3%B3stico.html](http://www.paginasprodigy.com/sylsr/ingenierias/pronosticos/medidas%20de%20precisi%C3%B3n%20de%20pron%C3%B3stico.html)

Desconocido. Economía48 [En línea] [Nov 10 2011] Disponible en internet:

<http://www.economia48.com/spa/d/coeficiente-de-determinacion/coeficiente-de-determinacion.htm>

FACCIO, Maurizio, SGARBOSSA, Fabio, & CALLEGARO, Andrea. Forecasting method for spare parts demand: Spare parts demand and classification. Roma: Universidad Degli Studi Di Padova. Facultad de ingeniería. Departamento de técnica y gestión del sistema industrial, 2009. 80 p.

HOPP, W.J. y SPEARMAN, M.L. Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management, 2000, New York, McGraw-Hill Higher Education

MIND DE COLOMBIA. ForecastPro. [En línea]. [12- 12- 2012]. Disponible en internet: <http://www.slideshare.net/cnavarro/pronosticos-de-demanda-presentation>

NAHMIA, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. Editorial McGraw-Hill, 2007. p 780 - 785

NARASIMHAN, Seetharama. Planeación de la producción y control de inventarios, 2ª Ed. Prentice Hall, 1997. p 350 - 351

PAREJA VÉLEZ, Ignacio. Apuntes de Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración, Bogotá, 2002, p 122 - 123

PUNETE, Javier, DE LA FUENTE, David & GOMEZ, Alberto. Una revisión de la clasificación ABC clásica: introducción de información adicional relevante. [En línea]. [11- 03- 2011]. Disponible en internet:  
<http://gio.uniovi.es/documentos/nacionales/ArtNac63.pdf>

SANDOVAL, Andrés. La Gestión de los inventarios. [En línea]. [11- 14 - 2011]. Disponible en internet:  
[http://www.escolapia.cat/terrassa/aulavirtual/assignat/empresa/Inventaris\\_esp.pdf](http://www.escolapia.cat/terrassa/aulavirtual/assignat/empresa/Inventaris_esp.pdf)

SIPPER, Daniel & BULFIN JR, Robert. Inventarios sistemas de demanda independiente. En: Planeación y control de la producción. Primera edición. México: McGraw Hill, Interamericana, 2005. p 218-319.

\_\_\_\_\_. Inventarios sistemas de demanda independiente. En: Planeación y control de la producción. Primera edición. México: McGraw Hill, Interamericana, 2005. p 353-357

SILVER, Edward, PYKE, David, Peterson, Rein. Ítems individuales con demanda probabilística. En: Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Tercera edición, U.S.A: John Wiley & Sons. 1998.p 266-267.

\_\_\_\_\_: Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Tercera edición, U.S.A: John Wiley & Sons. 1998.p 435-438.

TRUJILLO COLOMA, Leo Alexander. Diseño de un sistema de control y gestión del inventario de producto terminado para una empresa productora de fertilizantes simples y compuestos: Modelos estáticos de tamaño de lote. Trabajo de grado (opta). Guayaquil: Escuela superior politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción. Departamento de ingeniería, 2006. p 179.

VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de gestión de inventarios. Cali, 2010. p 4 - 5 Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1 - Matriz de marco lógico

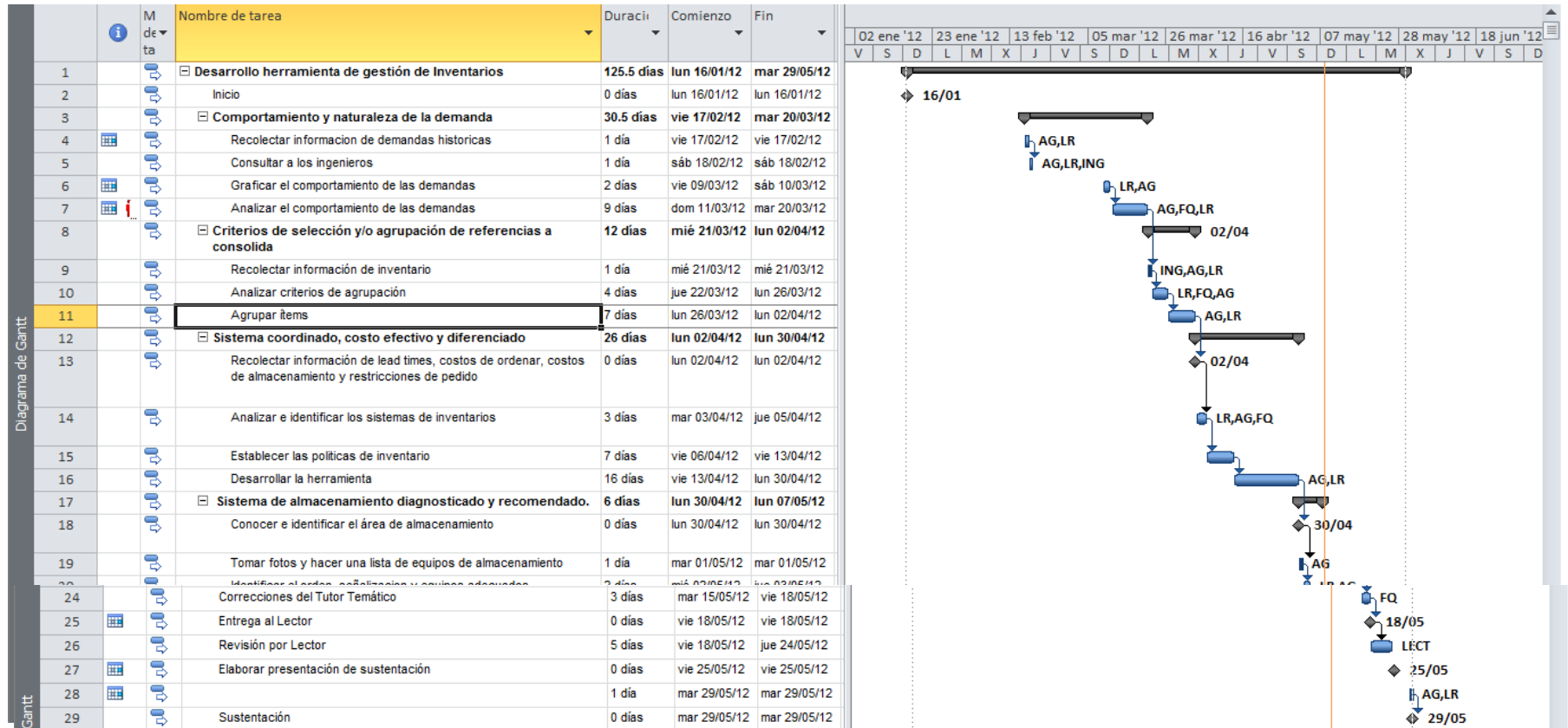
MATRIZ DE MARCO LÓGICO						
	Resumen Narrativo	% En el Proyecto	Indicadores	% de Actividad	Medios de Verificación	Supuestos
<b>Objetivo General</b>	Contribuir con la gestión del sistema de inventarios para la empresa importadora de repuestos XYZ.					
<b>Objetivo Del Proyecto</b>	Desarrollar una herramienta que permita evaluar y controlar los niveles de inventario en la empresa XYZ.	100%				
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Comportamiento y naturaleza de la demanda de las referencias de repuestos diferenciada y evaluada.</b>	20%		100%		
<b>Actividades</b>	Recolectar información de las demandas históricas de repuestos y máquinas		Tiempo Real / Tiempo Planeado	25%	Documento consolidado con las demandas históricas	Disponibilidad y acceso a la información
	Consultar a los ingenieros a cargo para establecer posibles dependencias, tendencias, estacionalidad y factores erráticos.		Tiempo Real / Tiempo Planeado	20%	Documento con el análisis de cada una de las demandas	
	Graficar el comportamiento de las demandas históricas de los repuestos seleccionados.		Número de demandas históricas analizadas / Número total de demandas históricas	25%	Graficas de cada una de las demandas	
	Analizar el comportamiento de las demandas históricas		Numero de pronósticos realizados / Numero total de demandas históricas	30%	Documento con los pronósticos generados	
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Criterios de selección y/o agrupación de referencias a consolidar en el sistema de control de Inventarios definidos.</b>	20%	<b>Tiempo Real / Tiempo Planeado</b>	100%		
<b>Actividades</b>	Recolectar información de inventario, ventas costos y margen de utilidad de los repuestos.		Tiempo Real / Tiempo Planeado	35%	Documentos con información de inventario, ventas, costos y margen de utilidad	Acceso a la información fácil y confiable. Confidencialidad en el margen de utilidad
	Analizar los criterios de agrupación, de acuerdo a naturaleza de la demanda y funcionalidad		Numero de ítems agrupados / Numero total de ítems	20%	Documento con agrupación	
	Agrupar ítems		Tiempo Real / Tiempo Planeado	45%	Documento con el análisis y con la clasificación ABC	

Continúa...

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Sistema coordinado, costo efectivo y diferenciado de control de inventarios desarrollado.</b>	<b>30%</b>		<b>100%</b>		
<b>Actividades</b>	Recolectar información de lead times, costos de ordenar, costos de almacenamiento y restricciones de pedido		Cantidad de información completa por cada repuesto / Total de repuestos seleccionados	10%	Documento consolidado con toda la información de lead times, costos por ordenar, costos de almacenamiento y restricciones de los pedidos	Disponibilidad y acceso a la información
	Analizar e identificar los sistemas de inventarios más apropiados para los repuestos seleccionados		Tiempo Real / Tiempo Planeado	25%	Anotaciones con los sistemas de inventarios apropiados	
	Establecer las políticas de inventario e identificar cantidades económicas a pedir, puntos de reorden, periodicidad de revisión de inventarios		Numero de políticas de inventario establecida / Número de repuestos	25%	Documento con las políticas de inventario, cantidades económicas a pedir, puntos de reorden y periodicidad de revisión de inventarios.	
	Desarrollar la herramienta para gestión de inventarios		Tiempo Real / Tiempo Planeado	40%	Herramienta en Excel	
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Sistema de almacenamiento diagnosticado y recomendado.</b>	<b>30%</b>		<b>100%</b>		
<b>Actividades</b>	Conocer e identificar el área de almacenamiento		Tiempo Real / Tiempo Planeado	15%	Anotaciones con descripción del área de almacenamiento	Acceso al área de almacenamiento y disponibilidad de tiempo del encargado.
	Tomar fotos y hacer una lista de los equipos usados actualmente para el almacenamiento de repuestos.		Tiempo Real / Tiempo Planeado	15%	Fotos y listado	
	Identificar el orden, señalización y equipos de almacenamiento más adecuados para los repuestos.		Tiempo Real / Tiempo Planeado	30%	Anotaciones con el orden, señalización y equipos	
	Realizar cambios en el ordenamiento, señalización y estrategias de ubicación para los ítems		Tiempo Real / Tiempo Planeado	40%	Fotos de la organización final	



## Anexo 2 - Cronograma de actividades



**Anexo 3 - Demanda ítems seleccionados año 2009**

	Descripción	MES											
		ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	jun-09	jul-09	ago-09	sep-09	oct-09	nov-09	dic-09
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	72	120	120	110	120	300	300	120	120	120	120	150
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	36	80	78	92	72	140	120	72	48	77	100	120
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	24	48	48	48	48	24	96	48	36	48	24	48
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	147	115	285	99	165	250	452	159	208	247	288	353
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	70	70	150	110	100	120	200	100	100	100	100	150
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	100	110	100	100	100	130	200	100	100	110	100	120
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	30	30	30	30	30	30	90	0	30	0	0	30
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizo...	50	250	350	850	750	1000	1000	500	500	500	500	500
9	Horizontal Sealing Counter Ru...	0	0	0	0	0	0	35	0	12	0	11	12
10	Membrane for expansion tank...	12	12	24	22	12	18	22	24	24	12	24	36
11	Diaphragm 400 (Membrane for...	3	3	3	3	3	3	10	4	4	3	3	7
12	Drawing Roll	0	4	6	6	6	6	12	6	6	0	0	6
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	87	75	120	105	166	154	259	250	180	110	115	170
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	10	10	20	25	12	30	35	25	5	15	12	21
15	Insulaton	0	12	12	12	12	24	12	12	12	6	6	12
16	Holder for UV lamp 25	10	15	0	10	0	0	15	0	10	0	12	0
17	Door Switch AZ16zvrk	2	0	2	0	2	1	4	2	2	2	2	4
18	Film PPP90, 325 mm	2	4	5	5	6	7	5	4	5	5	5	7
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420...	105	125	105	172	146	112	150	110	105	120	188	225

**Anexo 4 - Demanda ítems seleccionados año 2010**

	Descripción	MES											
		ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	72	250	224	310	425	350	412	500	250	322	257	655
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	36	75	72	54	72	150	130	200	80	150	105	220
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	30	12	30	30	22	10	55	22	14	35	24	12
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	50	100	157	300	399	385	378	258	357	321	345	580
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	40	70	70	70	70	250	330	150	150	150	150	350
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	50	110	148	108	142	157	298	198	70	154	150	358
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	0	0	0	0	0	0	0	40	10	10	0	30
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizo...	50	400	450	600	750	1200	1200	500	650	700	700	1000
9	Horizontal Sealing Counter Ru...	0	30	30	40	60	60	50	30	40	50	30	120
10	Membrane for expansion tank...	5	25	30	50	44	35	55	27	18	34	35	75
11	Diaphragm 400 (Membrane for...	1	1	0	5	8	7	10	3	5	5	3	12
12	Drawing Roll	0	0	0	0	12	12	12	0	3	18	5	3
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	54	105	158	210	245	299	325	209	204	267	254	500
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	0	0	10	10	25	25	10	15	5	5	25	45
15	Insulaton	0	6	6	4	4	2	2	2	2	5	5	18
16	Holder for UV lamp 25	10	10	10	15	20	25	30	22	15	20	25	30
17	Door Switch AZ16zvrk	0	0	0	0	0	3	2	3	3	3	2	0
18	Film PPP90, 325 mm	2	6	6	6	6	7	12	4	8	8	5	10
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420...	105	172	155	25	78	108	157	220	120	100	188	500

**Anexo 5 - Demanda ítems seleccionados año 2011**

	Descripción	MES											
		ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11
		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	187	60	158	182	209	115	277	142	272	290	414	36
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	246	102	156	274	242	308	120	360	198	198	72	214
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	44	70	80	5	82	116	60	58	44	43	0	16
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	290	114	255	304	389	346	567	441	412	322	298	222
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	470	32	222	179	271	264	371	299	293	222	136	28
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	120	25	114	188	167	266	306	242	188	168	10	35
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	150	0	0	20	0	20	15	17	52	12	0	0
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horizo...	857	554	604	1289	524	1268	1800	703	460	1124	736	88
9	Horizontal Sealing Counter Ru...	22	12	3	54	35	49	268	26	12	15	0	0
10	Membrane for expansion tank...	100	14	27	28	32	53	25	9	29	40	55	12
11	Diaphragm 400 (Membrane for...	2	6	1	1	0	1	0	3	2	7	8	3
12	Drawing Roll	0	0	6	2	6	8	0	7	4	0	4	0
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	288	122	161	272	286	370	527	278	356	288	48	42
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	30	5	10	0	16	20	40	90	39	36	10	23
15	Insulaton	0	4	0	8	0	8	28	0	0	58	0	0
16	Holder for UV lamp 25	376	6	150	0	130	66	160	6	66	12	0	0
17	Door Switch AZ16zvrk	0	4	2	0	1	0	4	8	0	0	3	0
18	Film PPP90, 325 mm	3	5	3	6	4	11	5	3	2	4		5
19	Scrapper rubber 3 x 24 x 420...	125	49	131	210	230	246	404	250	122	116	90	114

**Anexo 6 - Relación de costos de cada ítem.**

	Descripción	Costo de Compra COP	Porcentaje Arancel	Peso Kg	Flete ( Costo Fijo ) USD	Flete ( Costo por Kg ) USD	Seguro	V	Agenciamiento	Reconocimiento de Mercancias	Otros Costos Fijos	A	a	r
1	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton N	\$ 27,300	0%	0.01000	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 57,747.13	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
2	Grooved Ring 25 x 35 x 8, Viton I	\$ 31,004	15%	0.01000	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 61,338.33	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
3	Drawing Rubber de Luque y Cia	\$ 3,000	0%	0.01000	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 33,325.63	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
4	O-Ring Diam. 69.2 x 5.7	\$ 28,110	15%	0.01800	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 58,441.79	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
5	O-Ring Diam. 25.0 x 3.0	\$ 10,119	15%	0.00200	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 40,436.92	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
6	O-Ring Diam. 42.2 x 3.0	\$ 13,360	15%	0.00500	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 43,681.04	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
7	Door Gasket (Antes 3K01082516)	\$ 21,117	15%	0.13600	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 51,443.76	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
8	Silicone rubber 2x8x200 (Horiz...	\$ 10,281	15%	0.00500	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 40,599.13	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
9	Horizontal Sealing Counter Ru...	\$ 11,624	15%	0.01000	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 41,943.12	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
10	Membrane for expansion tank.	\$ 40,475	15%	0.06200	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 70,815.80	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
11	Diaphragm 400 (Membrane...	\$ 224,255	15%	0.62000	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 254,734.31	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
12	Drawing Roll	\$ 426,514	5%	0.23000	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 456,931.06	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
13	O-Ring Diam. 49.2 x 5.7	\$ 23,826	15%	0.01200	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 54,154.92	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
14	O-Ring Diam. 34.0 x 3.0	\$ 13,708	15%	0.00800	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 44,028.63	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
15	Insulaton	\$ 23,989	10%	0.00300	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 54,311.13	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
16	Holder for UV lamp 25	\$ 26,142	5%	0.03000	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 56,459.08	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
18	Film PPP90, 325 mm	\$ 442,236	10%	0.00000	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 472,767.74	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%
19	Scraper rubber 3 x 24 x 420, PU	\$ 52,423	15%	0.04000	\$ 88.08	\$ 17.71	0.5%	\$ 82,772.70	\$ 280,000	\$ 42,000	\$ 46,164	\$ 523,597.90	\$ 12,454.35	18.00%