



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS PARA EL PRONÓSTICO DE  
INVENTARIO DE MUESTRAS EN UNA EMPRESA DE COLORANTES

TESINA

PARA OBTENER EL TÍTULO:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

ANDRÉS ESQUIVEL POSADAS

DIRECTOR: DRA. SANDRA LUZ MARTINEZ VARGAS



TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, JUNIO DEL 2014



**UAEM** | Universidad Autónoma  
del Estado de México

3er. Oficio E.P./384/2014  
30 de mayo de 2014

P. I.Q. ANDRÉS ESQUIVEL POSADAS  
FACULTAD DE QUÍMICA, UAEM  
P R E S E N T E

La Dirección de la Facultad de Química de la UAEM, comunica a Usted que el Jurado de su Evaluación Profesional, en la modalidad TESINA, estará formado por:

Dra. SANDRA LUZ MARTÍNEZ VARGAS  
PRESIDENTE

M. en C. JOSÉ FRANCISCO  
BARRERA PICHARDO  
VOCAL

I.Q. JUAN GABRIEL DÍAZ ALVAREZ  
SECRETARIO

Dr. ARMANDO RAMÍREZ SERRANO  
SUPLENTE

Sin más por el momento le envío un respetuoso saludo.

ATENTAMENTE  
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO  
"2014, 70 Aniversario de la Autonomía ICLA-UAEM"

M. en A. P. GUADALUPE OFELIA SANTAMARÍA GONZÁLEZ  
DIRECTORA



[www.uaemex.mx](http://www.uaemex.mx)

Facultad de Química • Paseo Colón Esq. Paseo Tollocan • Toluca Estado de México  
Tel. y Fax: 217-5109 y 217-3890 • [fquim@uaemex.mx](mailto:fquim@uaemex.mx)

## Índice de contenido

<b>RESUMEN</b> .....	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>Cap. 1 ANTECEDENTES</b> .....	<b>6</b>
1.1 Antecedentes de la empresa .....	6
1.2 Definición de colorantes .....	6
1.2.1 Colorantes alimenticios .....	6
1.2.2 Tipos de colorantes .....	7
1.3 Principales operaciones unitarias en el proceso de fabricación de colorantes .....	8
1.3.1 Operaciones unitarias para la obtención de colorantes naturales .....	8
1.3.1 Operaciones unitarias para la obtención de colorantes sintéticos.....	10
<b>Cap. 2 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1 Sistemas de gestión de calidad .....	11
2.1.1 Ventajas de un sistema de gestión de calidad .....	12
2.2 Normas ISO relacionadas a la calidad .....	16
2.3 Definiciones de calidad .....	16
2.4 Política de calidad .....	18
2.5 La importancia de la calidad en las industrias .....	19
2.6 Herramientas de calidad .....	20
2.7 Inventarios .....	25
2.7.1 Definición de Inventarios .....	25
2.7.2 Importancia de los Inventarios .....	26
2.7.3 Costo de Inventarios .....	26
2.7.4 Control de inventarios .....	27
2.7.5 Modelos de Inventarios .....	27
2.8 Errores en los pronósticos .....	41
2.9 Tamaño óptimo de inventario .....	42
<b>Cap. 3 METODOLOGÍA</b> .....	<b>45</b>
3.1 Justificación .....	45
3.2 Usos de métodos para pronósticos .....	47
3.2.1 Método 1 Suavización exponencial simple .....	48
3.2.2 Método 2 Promedio móvil simple .....	49
3.2.3 Método 3 Suavización exponencial doble .....	51
3.2.4 Método 4 Promedio móvil doble .....	55
3.3 Base de datos .....	56
<b>Cap. 4 RESULTADOS</b> .....	<b>61</b>
4.1 Pronósticos para dispersiones .....	61
4.2 Pronósticos para lacas .....	68

4.3 Pronósticos para naturales .....	74
4.4 Pronósticos para sintéticos .....	80
4.5 Pronósticos para aceites y oleorresinas .....	86
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>93</b>

#### Índice de gráficos

Grafico 1 Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de dispersiones .....	62
Grafico 2 Suavización exponencial simple vs consumo real de dispersiones .....	63
Grafico 3 Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de dispersiones.....	64
Grafico 4 Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de dispersiones.....	65
Grafico 5 Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de dispersiones 2013 .....	67
Grafico 6 Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de lacas .....	68
Grafico 7 Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de lacas .....	69
Grafico 8 Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de lacas.....	70
Grafico 9 Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de lacas.....	71
Grafico 10 Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de lacas 2013 .....	73
Grafico 11 Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de naturales .....	75
Grafico 12 Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de naturales .....	76
Grafico 13 Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de naturales.....	77
Grafico 14 Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de naturales.....	78
Grafico 15 Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de naturales 2013 .....	79
Grafico 16 Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de sintéticos .....	80
Grafico 17 Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de sintéticos .....	81
Grafico 18 Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de sintéticos .....	82
Grafico 19 Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de sintéticos .....	83
Grafico 20 Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de sintéticos 2013 .....	85
Grafico 21 Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de oleorresinas .....	86
Grafico 22 Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de oleorresinas .....	87
Grafico 23 Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de oleorresinas .....	88
Grafico 24 Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de oleorresinas .....	89
Grafico 25 Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de oleorresinas 2013 .....	91

#### Índice de tablas

Tabla 1 Colorantes naturales más comunes .....	7
Tabla 2 Colorantes sintéticos más comunes .....	8
Tabla 3 Clasificación de colorantes solicitados por los clientes .....	57
Tabla 4 Frecuencia de sintéticos .....	57
Tabla 5 Frecuencia de naturales .....	57
Tabla 6 Frecuencia de lacas .....	58
Tabla 7 Frecuencia de dispersiones .....	58
Tabla 8 Frecuencia de aceites y oleorresinas .....	58
Tabla 9 Comparativa MSE para dispersiones .....	65
Tabla 10 Comparativa MSE para lacas .....	72
Tabla 11 Comparativa MSE para naturales .....	78
Tabla 12 Comparativa MSE para sintéticos .....	83
Tabla 13 Comparativa MSE para aceites y oleorresinas .....	89

## RESUMEN

La empresa de colorantes donde se desarrolló este trabajo cuenta con un sistema de gestión y envío de muestras de colorantes hacia los clientes que utilizan dichas muestras para realizar sus pruebas piloto, por lo que cada muestra que es enviada es una posible compra, de ahí la importancia de siempre tener un buen nivel de inventario de muestras.

Los tipos de muestras producidos por la compañía son de grado alimenticio y básicamente se dividen en colorantes sintéticos, naturales, lacas, dispersiones, aceites u oleorresinas y el nivel total de muestras que componen el inventario oscila en 400 muestras. El departamento de calidad es el encargado de surtir las muestras mediante una solicitud que tarda de 3 a 5 días, por tal motivo cuando no se cuenta con una muestra y esta ha sido solicitada por algún cliente se genera un retraso, dicho retraso en ocasiones provoca que el cliente ya no requiera la muestra y por ende el proyecto sea cancelado de ahí surge una necesidad de poder anticiparse a las solicitudes de los clientes.

El objetivo principal de este trabajo fue estimar el tamaño de inventarios de colorantes mediante pronósticos, para atender por lo menos al 90% de la demanda de muestras de colorantes que se tendrán por parte de los clientes. Para determinar el tamaño óptimo de inventarios se realizó un pronóstico del tamaño de inventario utilizando los métodos de suavización exponencial simple, suavización exponencial doble, promedio móvil simple y promedio móvil doble, que se aplican cuando la demanda de los clientes es desconocida en el futuro. Tras haber aplicado los métodos de pronósticos a este trabajo se encontró que el método de promedio móvil simple pronostica con más exactitud la demanda de los colorantes naturales, oleorresinas y dispersiones mientras que el método de suavización exponencial simple tuvo una mejor adaptación para la demanda de colorantes sintéticos y lacas. Esto se corroboró al comparar el número de muestras solicitadas con el número de muestras pronosticadas teniendo un error del 5%, por lo que se logró el objetivo planteado al inicio de este trabajo.

## INTRODUCCIÓN

Como se mencionó en el apartado anterior, la empresa donde se desarrolló el presente trabajo se dedica principalmente a la producción de colorantes para alimentos. La empresa es líder en su ramo por ello su cartera de clientes es de las más grandes del ramo de los colorantes para alimentos, por ello la importancia de mantener un nivel de inventario de muestras de colorantes que permita atender las demandas de los clientes en tiempo y forma.

En el primer apartado de este documento de inicio se abordan de manera general antecedentes de la empresa, definiciones respecto a los tipos de colorantes que son hechos por la compañía así como, las principales operaciones unitarias para producir colorantes. Además, para abordar el tema de cálculo de inventario primero se parte de conceptos de sistema de gestión de calidad, de calidad y sus herramientas, terminando con métodos de pronóstico de inventario. En un siguiente apartado se analizan diferentes métodos para el cálculo de un tamaño de inventario, entre estos los métodos de suavización exponencial simple, promedio móvil simple, suavización exponencial doble y promedio móvil doble. En el capítulo de metodología se muestra como se determinó cuáles son los métodos de pronóstico aplicables al cálculo del tamaño de muestra y a manera de ejemplo se calculara un primer pronóstico.

En el capítulo 4 se muestran los resultados después de haber aplicado los métodos a los distintos tipos de colorantes solicitados por los clientes a la empresa y se comparan para saber que método es el más exacto a la hora de pronosticar y por ende tener el tamaño de inventario más idóneo para cada tipo de colorante.

Como capítulo final se dan las conclusiones a las que se ha llegado en el trabajo después de aplicar la metodología y mostrados los resultados de pronósticos e inventario.

# Capítulo 1. Antecedentes

## 1.1 Antecedentes de la empresa

La empresa donde se desarrolló el presente trabajo inició sus operaciones de producción de colorantes en México en 1964, sus servicios estaban dirigidos al mercado latinoamericano. Veinte años más tarde la empresa fue adquirida por una nueva corporación, el objetivo era ampliar la gama de productos en el mercado de colorantes para alimentos. Actualmente manufactura una gran variedad de productos para las industrias de alimentos, bebidas, farmacéuticos, cosméticos, plásticos, textiles y colores industriales. La empresa atiende tanto a clientes nacionales como internacionales, contando con oficinas de ventas y distribución en México, Centro y Sudamérica.

## 1.2 Definiciones de colorantes

Los colorantes o anilinas son sustancias con color, las cuales presentan la característica de ser solubles en agua o disolventes orgánicos y tener grupos reactivos capaces de fijarse a los diversos sustratos, a los cuales se unen de una cierta forma química, dándoles color. [1]

### 1.2.1 **Colorantes alimenticios**

Los colorantes alimenticios son sustancias que pueden tener un origen natural o artificial, y son utilizados para aumentar el color de los alimentos para mejorar su apariencia, debido a que en ocasiones el alimento pierde su color y con ello adquiere una apariencia poco atractiva durante su tratamiento industrial. [2]

### 1.2.2 Tipos de colorantes

Los colorantes de acuerdo a su origen se pueden clasificar en colorantes naturales y artificiales; a continuación se cita la definición de cada uno de ellos, ejemplos y sus aplicaciones.

- Colorantes naturales

Son colorantes que se derivan de invertebrados, minerales, hongos o de plantas; sin embargo la principal fuente son las plantas (raíces, bayas, cortezas, hojas). El término de “colorante natural” pudiera ser relativo pues en algún punto del proceso el colorante debe ser tratado químicamente para que sea estable e identificable. En la Tabla 1 se listan los colorantes naturales más utilizados en la industria, se indica su color y se incluyen sus principales usos. [3]

**Tabla No 1. Colorantes naturales más comunes [3]**

Nombre	Origen	Tonalidad/Color	Usos
<b>Curcumina</b>	Cúrcuma	Amarillo	Sopas, mostazas, caldos y algunos productos cárnicos.
<b>Ácido carmínico</b>	Cochinillas hembras de la especie <i>Dactylopius coccus</i>	Rojo carmín	Mermeladas, helados, productos cárnicos, lácteos y conservas.
<b>Clorofilas</b>	Hojas de vegetales y frutos inmaduros	Verde	Aceites, chicles, helados y bebidas refrescantes.
<b>Caramelo</b>	Azúcar	No definido	Repostería, refrescos, panadería, caramelos, sopas y conservas.
<b>Annato</b>	Semillas de achiote	Amarillo-Anaranjado	Leche y Quesos
<b>Paprika</b>	Pimiento rojo	Rojo	Aderezos, salsas, frituras y quesos

- Colorantes artificiales

Son colorantes obtenidos por síntesis química, se caracterizan por tener un tono intenso y es posible lograr una mayor gama de colores que los colorantes naturales, además se pueden obtener en grandes cantidades. En la Tabla 2 se citan algunos de los colorantes artificiales más utilizados en la industria, su color y se incluyen sus principales usos. [4]

**Tabla No.2 Colorantes sintéticos más comunes [4]**

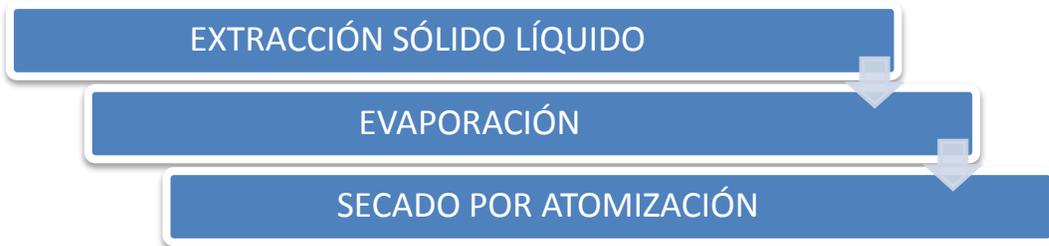
Nombre	Origen	Tonalidad/color	Usos
Eritrosina	Síntesis química	Rojo	Galletas, repostería y frutas enlatadas.
Azul brillante FCP	Síntesis química	Azul-Verde	Repostería, confitería, mermeladas y jarabes.
Tartrazina	Síntesis química	Amarillo-Anaranjado	Cereales, salsas, quesos, pastelería, pastas, condimentos y verduras enlatadas.
Indigotina	Síntesis Química	Purpura azulado	Panadería, repostería, mermeladas y alimentos para mascotas.

### **1.3 Principales operaciones unitarias en el proceso de fabricación de colorantes**

Como se citó antes, en este trabajo se abordó el desarrollo de una base de datos para determinar el tamaño óptimo de inventario de las muestras de colorantes, por ello en esta sección se abordará en forma general el proceso de fabricación de los colorantes, partiendo de una definición de colorante y algunos ejemplos de los más utilizados y sus diferentes aplicaciones.

#### **1.3.1 Operaciones unitarias para la obtención de colorantes naturales**

El proceso de elaboración de colorantes naturales a escala industrial puede cambiar de un color a otro, sin embargo algunas de las operaciones unitarias comunes para la fabricación de estos colorantes son las mostradas en el siguiente diagrama. [5]



**Diagrama.1 Principales operaciones unitarias para fabricación de colorantes naturales [5]**

El primer paso es el proceso de extracción sólido-líquido, donde la materia prima se tritura a un tamaño de grano superior a la Malla 30, es decir superior a 595 micras, esto para evitar la formación de lodo durante el proceso de extracción. Cabe destacar que dependiendo del tipo de materia prima se seleccionan las mejores condiciones de extracción pues pese a que el proceso es similar para todos los colorantes, existen ciertas variaciones. La extracción del pigmento se puede hacer con diferentes solventes, tales como agua caliente, aceites vegetales, propilenglicol, acetato de etilo, entre otros. Todo esto es de acuerdo a la naturaleza el colorante que se desea extraer.

La solución de colorante obtenida del proceso de extracción se concentra en un evaporador, hasta tener una concentración de sólidos entre 15 al 20%, esto se logra a presión reducida de 12 psi y una temperatura generalmente menor a 65°C. Posteriormente el extracto concentrado es sometido a un proceso de pulverización en una unidad de secado por atomización.

En la parte superior de la cámara de secado se tiene una temperatura por encima de los 230°C y en la parte inferior la temperatura oscila entre 90 y 100°C. El disco dispersor gira a una velocidad entre 5000 y 35000 rpm dependiendo de la viscosidad del material. Se mantiene en la cámara de secado hasta que se obtiene una nube que produzca partículas secas del tamaño deseado. Por último, el polvo obtenido es almacenado en bolsas cerradas herméticamente con la finalidad de evitar que se humedezcan. [5]

### 1.3.2 Operaciones unitarias en la obtención de Colorantes Sintéticos

Igual que los colorantes naturales el proceso de producción de los colorantes sintéticos también puede variar dependiendo del colorante que se desea fabricar. En el siguiente diagrama se muestran las operaciones más relevantes en la producción de colorantes sintéticos.



**Diagrama.2 Principales operaciones unitarias para fabricación de colorantes naturales [6]**

El proceso empieza con una reacción de diazotación seguida de una reacción de copulación normalmente a temperatura ambiente, entre 15 y 20°C. Como resultado de esta reacción se obtiene un azocompuesto el cual es llevado a una etapa de cristalización en compañía de sal refinada y de hielo.

Las siguientes etapas son el filtrado y lavado del compuesto, esta última con agua a una temperatura de entre 12 y 15°C. Después de esta etapa el producto es homogenizado y pasado por un secador por aspersión a una temperatura de 350°C y una humedad de entre 2 y 6%, dependiendo de las especificaciones del producto. Finalmente el colorante es mezclado con sal o azúcar y empacado para su almacenamiento. [6]

En el siguiente apartado de este documento se abordaran conceptos sobre gestión de calidad e inventarios, base para la solución del problema descrito en el primer apartado.

## Capítulo 2. Marco Teórico

### 2.1 Sistema de Gestión de Calidad

Primero es necesario definir la palabra “sistema” que significa “Conjunto de elementos que trabajan entre sí”. Es decir, cuando se habla de sistema se refiere a un grupo de elementos que funcionan conjuntamente para cumplir un objetivo. [7]

En este contexto, podemos decir que un sistema de gestión de calidad está conformado por un conjunto de normas y estándares nacionales e internacionales, que se interrelacionan para hacer cumplir los requisitos de calidad que una empresa necesita para satisfacer los requerimientos que sus clientes solicitan a través de un proceso de mejora continua, de una manera ordenada y sistemática. Básicamente, el objetivo de estos estándares es establecer estrategias para incrementar la efectividad de los productos y servicios que utilizamos todos los días. Nos ayudan a asegurar que materiales, productos, procesos y servicios sean los más adecuados para sus propósitos.

Hoy en día existen varios sistemas de gestión de calidad, que dependiendo de la organización será el utilizado. Cabe mencionar que todos los sistemas se encuentran normados bajo un organismo internacional no gubernamental llamado Organización Internacional para la Estandarización (International Organization for Standardization, ISO). La misión de la ISO es:

- 1.-Promover el desarrollo de la estandarización.
- 2.-Facilitar el intercambio internacional de productos y servicios.
- 3.-Desarrollo de la cooperación en las actividades intelectuales, científicas, tecnológicas y económicas a través de la estandarización. [8]

### **2.1.1 Ventajas de un sistema de gestión de calidad**

Hoy en día las empresas requieren de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC), este es un soporte para cumplir con los objetivos de calidad que se plantean. Además de que le da un valor agregado a los productos o servicios de la empresa, esto a su vez repercutirá en la satisfacción de sus clientes, lo que le otorgará una ventaja competitiva. A continuación se presentan las ventajas de implementar un sistema de gestión de calidad en las empresas. [9,10]

1.- Potenciar la imagen de la empresa: El tener un SGC mejora la imagen tanto de nuestros clientes actuales como los potenciales, hoy en día la mayoría de las empresas están certificadas por lo que no hacerlo es un punto en contra, esto hace que tener un SGC sea totalmente necesario.

2.-Mejora de calidad en productos y servicios: Cuando una empresa adopta un SGC en automático este les exhorta a analizar al detalle todo el proceso y estandarizarlo con el objetivo de fabricar un producto o brindar un servicio siempre con los mismos altos estándares de calidad. Además, de que brinda las herramientas necesarias para realizar mejoras y adaptarse a la necesidad de los clientes.

3.- Mejora del sistema de trabajo: Cuando se establecen claramente todos los procedimientos a seguir dentro de la empresa se pueden reducir los fallos y errores, lo que en automático aumenta la eficiencia y eficacia del personal.

4.- Incrementa la satisfacción de los clientes: Un SGC hace que se ofrezcan productos y servicios de alta calidad, eso en definitiva siempre satisface a un cliente.

5.- Incrementa la satisfacción y motivación del personal: En las empresas es necesario recopilar datos y se analizarlos para sacar conclusiones, por este motivo un SGC mejora la

comunicación y promueve las nuevas ideas de los trabajadores ya que para satisfacer a los clientes primero se deben satisfacer a los empleados.

6.- Indicadores de desempeño y evaluación: Un SGC también compromete al personal a estar en una mejora continua siempre, mediante capacitaciones y cursos.

7.- Incursión en nuevos mercados. Brinda la posibilidad de poder vender productos o servicios a empresas e instituciones que requieren que sus proveedores cuenten con un SGC.

8.- Prevención y corrección de problemas: Quienes implementan un SGC se empeñan en prevenir problemas identificando y eliminando las causas y corrigiendo los problemas ya generados.

9.- Disminución del número de auditorías: Las auditorias por parte de los clientes disminuyen pues al tener un SGC se garantiza que la empresa tiene un compromiso con la calidad y la mejora continua en el proceso y de toda la organización.

Por lo antes citado, podemos concluir que, al operar una empresa bajo un sistema de gestión de calidad, se logran beneficios comerciales, económicos, operacionales y estratégicos siempre y cuando aplique los conceptos de manera correcta y se tenga un compromiso de todo el personal con la mejora continua. [9,10]

### **2.1.2. Etapas para la implantación de un sistema de gestión de calidad**

Implementar un SGC conlleva una serie de etapas que gradualmente irán aplicándose en todas las áreas de la empresa, a continuación se presentan dichas etapas [11]:

1.- Análisis de la situación actual: El primer paso es plantearse cuál es el estado actual de la empresa y hacia dónde quiere llegar: misión y visión de la empresa.

Esto ayudará a establecer un punto de partida hacia el establecimiento de sus metas y objetivos.

2.- Documentación de políticas y plan de calidad: Antes de un SGC se debe documentar una política de calidad donde se indiquen los objetivos de la empresa y el compromiso con el cliente, atender en tiempo y forma sus requerimientos, mientras que en el plan de calidad se redactarán los procedimientos a seguirse por parte del personal para cumplir con la política.

3.- Elaboración de procedimientos e instrucciones de trabajo: En esta etapa se establecen por escrito todos los procedimientos es decir lo que se hace, como se hace, los alcances y los responsables de cada actividad.

4.-Elaboración del manual de calidad: Básicamente el manual es la descripción de la norma aplicable a cada proceso (en nuestro caso la ISO 9001), que se lleve a cabo en la empresa. Debe contener todos los procedimientos de la organización en cualquier nivel de forma documentada.

5.- Capacitación: Es en esta etapa donde se le hace saber al personal en que consiste la implementación de un sistema de gestión de calidad, se les muestran los objetivos y metas, las herramientas que les ayudarán a mejorar las actividades de la empresa, la importancia de tener una certificación y todas las acciones que deberán realizar para tener éxito en su aplicación.

6.- Implementación: Es el arranque del sistema donde todo el personal pone en práctica las herramientas aprendidas durante la capacitación.

7.- Auditorías internas: Se deben realizar auditorías internas de forma regular con el objetivo de asegurarse que el sistema esté funcionando debidamente. En esta

etapa se detectan las fallas y se aplican acciones correctivas y preventivas, además de que se refuerzan los conceptos en aquellas áreas donde el SGC no este impactando de la forma en que la empresa lo planteó al inicio.

8.- Análisis y mejora: Tras varias auditorías internas se tienen resultados sobre las fallas detectadas y las acciones correctivas y preventivas que se tomaron, en este punto se hace un análisis sobre la madurez del sistema en busca de la certificación.

9.- Pre auditoria externa: Antes de una auditoria externa se hace una pre auditoria, donde el organismo certificador hace las correcciones pertinentes y analiza si la empresa está lista para la certificación.

10.- Auditoria externa: En este paso el organismo certificador verifica que la empresa tomó acciones correctivas y preventivas para su certificación, en caso de haber no conformidades el organismo generalmente otorga un plazo de 30 días para que la empresa trabaje en la causa raíz sobre las no conformidades.

11.- Certificación: Si la empresa no solucionó las no conformidades la solicitud de certificación se rechaza y se tiene que realizar el proceso nuevamente. Cuando la empresa soluciona sus no conformidades a tiempo se les otorga la certificación en un periodo no mayor a 60 días, dichos certificados quedan registrados ante el organismo internacional ISO. Se debe hacer una recertificación anual y cada tres años se debe hacer todo el proceso nuevamente.

Con base a lo antes expuesto, es evidente que el proceso de certificación conlleva toda una serie de etapas donde todo el personal de la organización debe trabajar de manera conjunta para lograr el objetivo que es la certificación.

## **2.2 Normas ISO relacionadas a la calidad**

Como se citó en el apartado anterior, la ISO establece normas, de ésta la serie de normas ISO 9000 son el conjunto de enunciados que especifican que elementos deben integrar el sistema de gestión de calidad de una organización, en estas normas se especifica cómo deben funcionar en conjunto estos elementos para asegurar la calidad de los bienes y servicios que produce una organización. Las Normas ISO relacionadas con la calidad son las siguientes:

- ISO 9000: Se definen los términos relacionados con la calidad y establece los lineamientos generales para los sistemas de gestión de calidad.
- ISO 9001: Establece los requisitos mínimos que debe cumplir un sistema de gestión de calidad.
- ISO 9004: Proporciona orientación para ir más allá de los requisitos de la ISO 9001, persiguiendo la mejora continua del sistema de gestión de la calidad. [4]

## **2.3 Definiciones de calidad**

La palabra “calidad” tiene una gran cantidad de significados, y es que desde hace siglos siempre han existido estándares de calidad. Ha habido un desarrollo en las herramientas, tecnologías y métodos para asegurar la calidad, sin embargo algo que siempre ha perdurado es la exigencia de los clientes por la calidad de algún producto o servicio. [12]

La importancia de la calidad aumentó en el siglo XX con el surgimiento de las grandes industrias y la producción en masa de productos. A continuación se citarán las definiciones

de calidad de algunos de los más grandes exponentes de la filosofía basada en la palabra “calidad”. [12]

➤ Genishi Tagushi

Tagushi dividió la calidad en dos niveles, el nivel uno es una manera simple de producir bienes o servicios cuyas características medibles satisfacen una serie de especificaciones que están numéricamente definidas. Mientras que en el nivel dos se hace referencia a aquellos bienes o servicios que satisfacen las necesidades de los clientes, para su uso o consumo.

➤ W. Edwards Deming

Deming dice que la calidad se mide en base a la satisfacción del cliente y establece diferentes grados de calidad. Como la calidad es esencialmente equitativa a la satisfacción del cliente, la calidad del producto A es mayor a la calidad del producto B, para un cliente en específico. Es decir si A satisface las necesidades del cliente en mayor grado que el producto B entonces A es de mayor calidad.

➤ Armand V. Feigenbaum

Para Feigenbaum la calidad se define en términos de la satisfacción del cliente, indica que la calidad es dinámica dado que las necesidades del cliente siempre están cambiando; al respecto Feigenbaum afirma que “Un rol crucial de la Alta Gerencia para la calidad es el reconocer esta evolución en la definición de calidad que tienen los clientes, en distintas fases del crecimiento del producto”.

➤ Kaoru Ishikawa

De acuerdo a Ishikawa, la calidad es equivalente a la satisfacción del cliente, sin embargo no es suficiente con decir que el producto tiene una alta calidad sino debemos enfocarnos en la calidad de cada departamento de la organización. Por ello, este autor considera que la calidad no tiene que estar definida comprensivamente es decir, de acuerdo a este

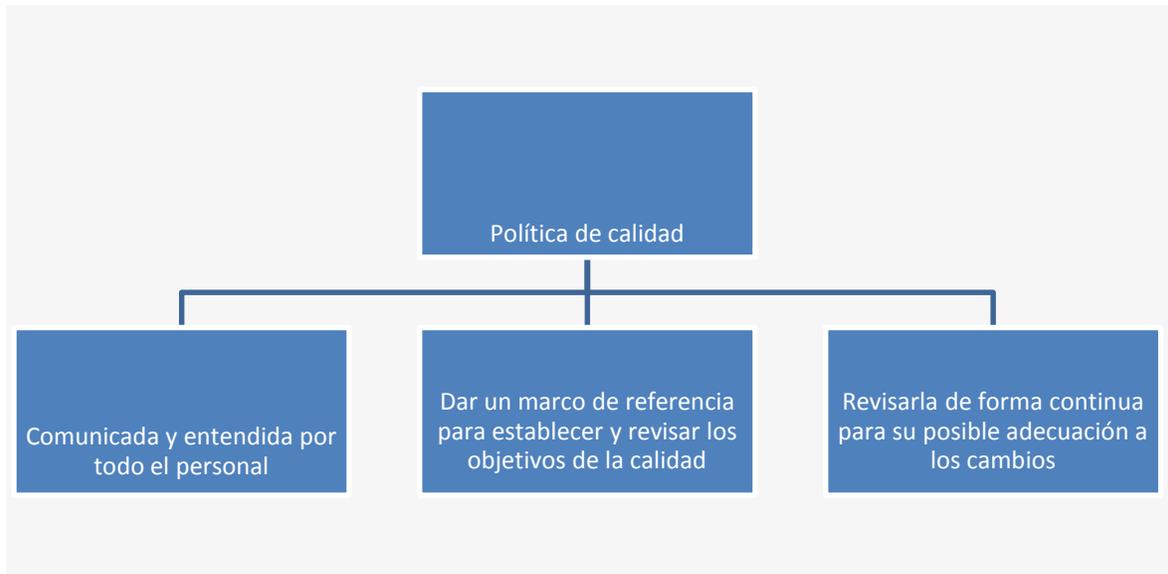
filósofo, los requerimientos y necesidades del cliente cambian por lo que la definición de calidad también cambia. El precio de un producto o servicio es muy importante para Ishikawa pues él dice que no importará que tan alta sea la calidad si el producto no tiene un precio más alto del recomendable, es decir, no es posible tener una definición de calidad sin antes haber considerado el precio.

En la empresa donde se desarrolló este trabajo, se ha establecido como significado de calidad, ofrecer productos y servicios con los más altos estándares de calidad, seguridad e inocuidad. Satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes internos y externos.

#### **2.4 Política de Calidad**

Una definición de “Política de calidad” adoptada mundialmente por organizaciones relacionadas a la calidad es la siguiente: “La Política de calidad se constituye con las directrices y los objetivos generales de una organización con respecto a la calidad, expresados de manera formal por la alta gerencia. La política de calidad es un elemento de la política corporativa y es aprobada por la alta gerencia.” [13]

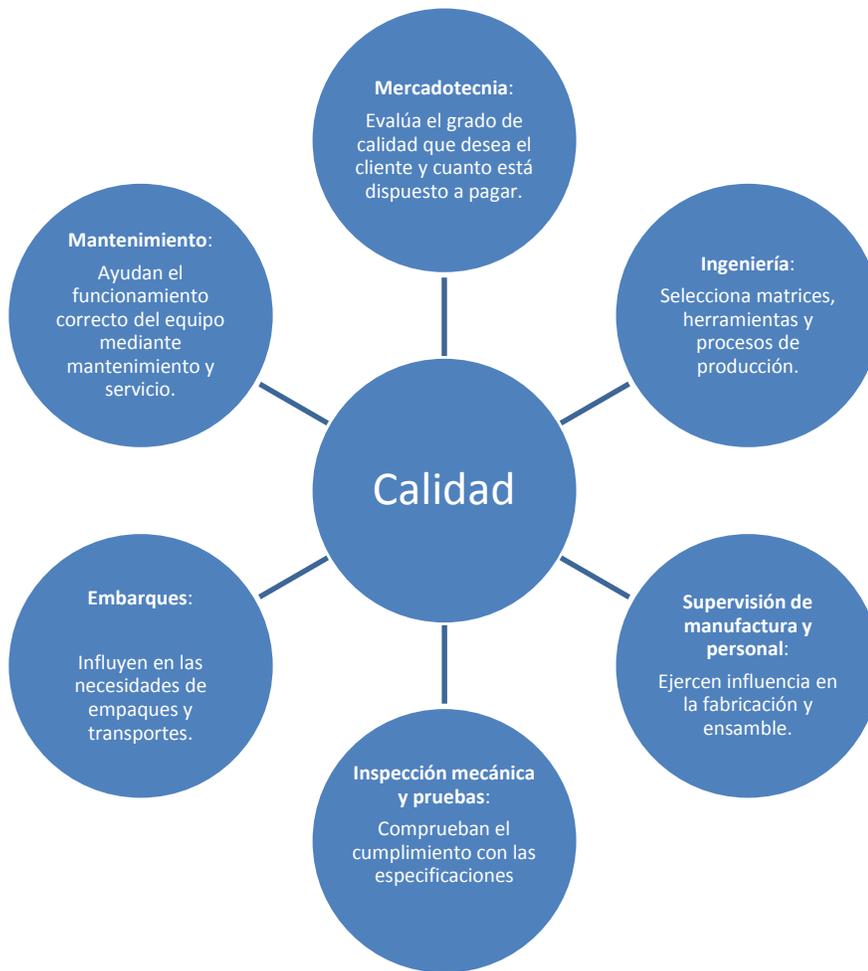
La alta dirección es la responsable de definir por escrito la política de calidad, y a su vez proveer los medios y recursos para que dicha política se lleve a cabo. Además de asegurarse que todo el personal de la organización la entienda y aplique. En el siguiente diagrama se citan algunas de las características de una política de calidad. [7]



**Diagrama.3 Características de una política de calidad. [7]**

## **2.5 La importancia de la calidad en las industrias**

Para una empresa el control total de la calidad implica una implementación tanto administrativa como técnica de las actividades de calidad orientadas hacia el cliente, como la responsabilidad más importante de la dirección general y de las principales operaciones que se llevan a cabo tales como el marketing, ingeniería, producción, finanzas, servicio al cliente, principalmente [14]. Es por esta razón que la calidad de un producto es el resultado de llevar a cabo varias etapas en un ciclo industrial o productivo, en la siguiente figura veremos la manera en que es aplicada la calidad en algunas áreas dentro de una empresa.



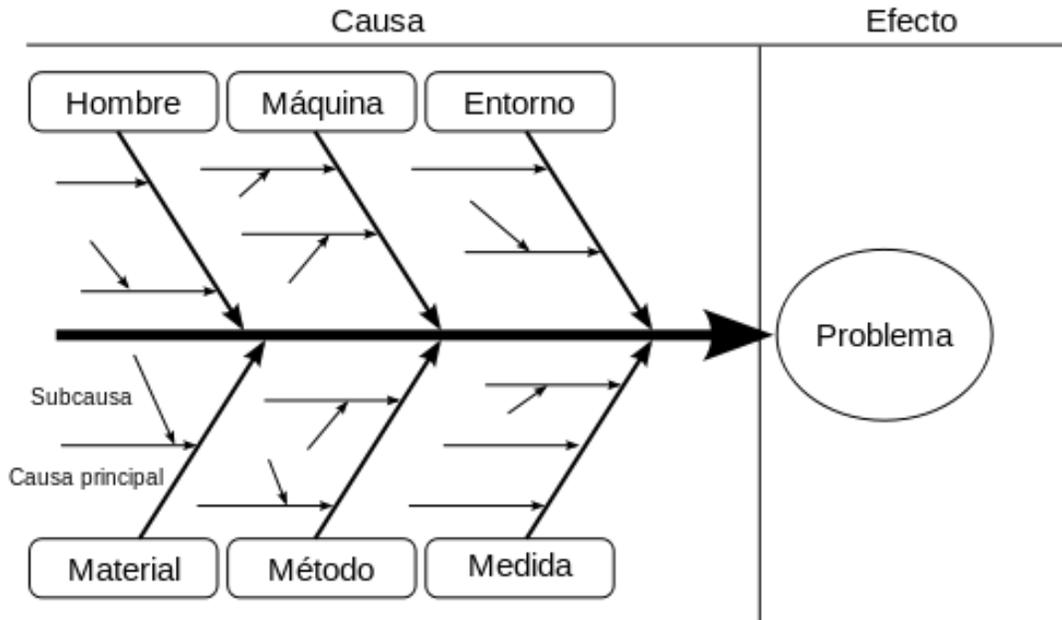
**Figura 1. Aplicación de la calidad en algunas actividades áreas de la empresa. [9]**

## **2.6 Herramientas de calidad**

Las herramientas básicas de calidad son siete técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la solución de un problema. Dichas técnicas están enfocadas a la calidad de los productos, y se les llaman “herramientas básicas” porque son adecuadas para personas con una formación limitada en materia de estadísticas por lo que su uso es muy sencillo [15]. A continuación se describe brevemente cada una de ellas.

1. Diagrama de Ishikawa: También conocido como diagrama de causa-efecto o diagrama de espina de pez. Esta herramienta permite ver de manera relacional una especie de

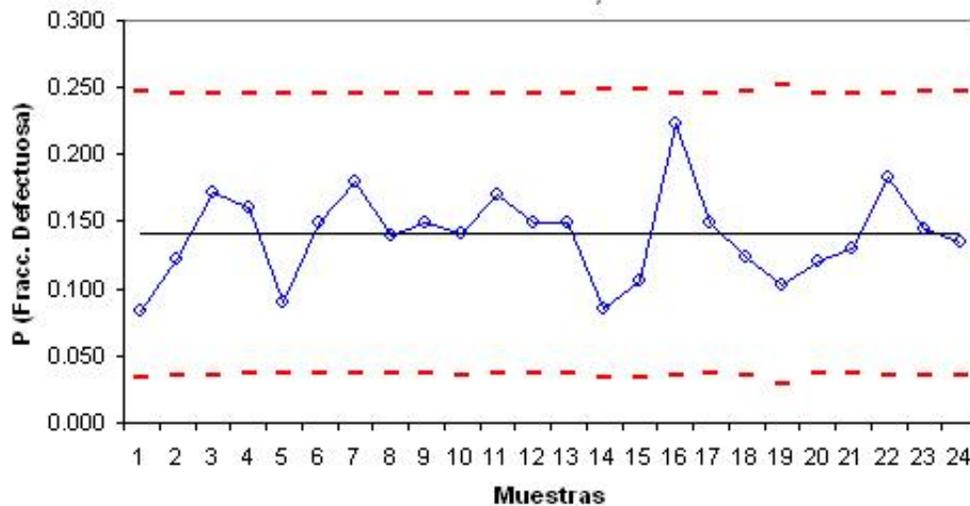
espinas central, que es una línea en un plano horizontal, representando el problema a analizar, dicho problema escribe a su derecha. En la parte superior e inferior se listan las causas del problema.



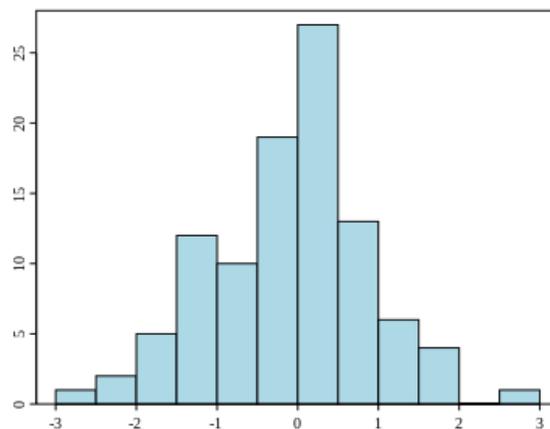
2. Hoja de Verificación: Conocida como hoja de control o de chequeo. Es un impreso con formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos. Esta técnica de registro de datos se prepara de manera que su uso sea fácil y no interfiera con la actividad de quien realiza dicho registro.

HOJA DE VERIFICACIÓN		No. _____															
NOMBRE DEL SERVICIO _____	FECHA: _____																
AREA: _____	DELEGACIÓN: _____																
ESPECIFICACIÓN: _____	UNIDAD DE ADSCRIPCIÓN: _____																
Nº DE INSPECCIONES: _____	NOMBRE DEL EMPLEADO: _____																
OBSERVACIONES: _____	NOMBRE DEL GRUPO: _____																
DIMENSIONES																	
40	1.5	1.6	1.7	1.8	2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3	3.0	3.1
35																	
30																	
25																	
20																	
15																	
10																	
5																	
0																	
	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2
	FRECUENCIA																
	O TOTAL																

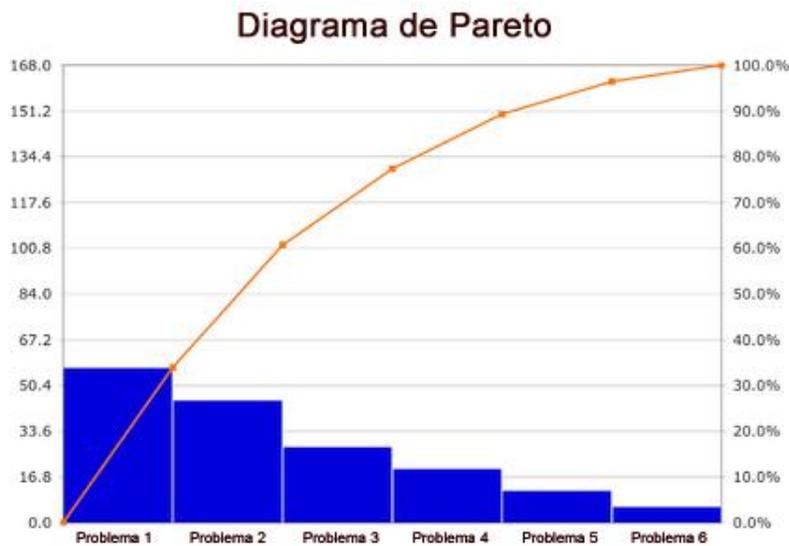
3. Gráfico de control: Es una representación gráfica de los distintos valores que toma una característica o propiedad correspondiente a un proceso. Permite observar la evolución del proceso en el tiempo y compararlo con unos límites de variación fijados de antemano que se usan como base para la toma de decisiones.



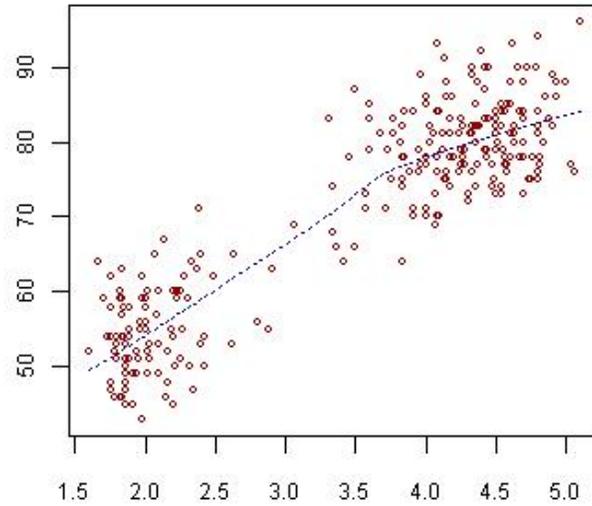
4. Histograma: Es una representación gráfica en forma de barras de una variable. La superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase. Permite la comparación de los resultados de un proceso.



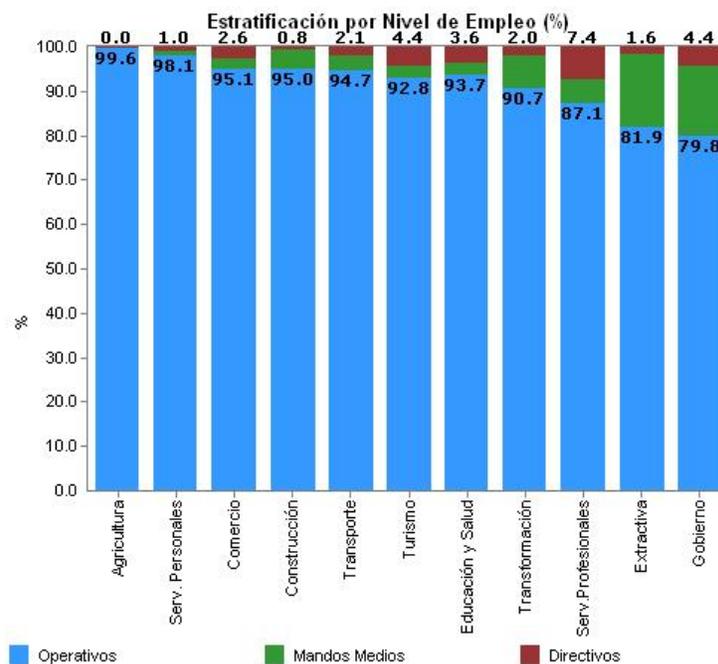
5. Diagrama de Pareto o Curva 80-20: Es una gráfica en la que se organizan los datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades, ya que en el diagrama se muestra gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los “pocos vitales” a la izquierda y los “muchos triviales” a la derecha.



6. Diagrama de Dispersión o Gráfico de Dispersión: este es un tipo de diagrama matemático que utiliza las coordenadas cartesianas para mostrar los valores de dos variables para un conjunto de datos. Los datos se muestran como un conjunto de puntos, cada uno con el valor de una variable que determina la posición en el eje horizontal y el valor de la otra variable determinado por la posición en el eje vertical. Generalmente se lleva a cabo una regresión con los datos, para calcular una función que muestre la tendencia del proceso. También para determinar la tendencia de un proceso se utilizan otras gráficas como series de tiempo o métodos de pronóstico.



7. Muestreo Estratificado o Estratificación: Es una herramienta estadística que clasifica los elementos de una población que tienen afinidad, para así analizarlos y determinar causas comunes de su comportamiento. La estratificación contribuye a identificar las causas principales de la variabilidad, de esta forma se puede obtener una comprensión detallada de la estructura de una población de datos, examinando así la diferencia en los valores promedio y la variación en los diferentes estratos.



Cabe mencionar que en el área de servicio al cliente de la empresa donde se ha realizado este trabajo se utilizan herramientas como el diagrama de Pareto para el análisis estadístico sobre que muestras representan el 80% de todas las solicitudes por parte de los clientes y a su vez saber que clientes son los que más muestras solicitan. Los histogramas son usados para medir el desempeño del sistema de envío de muestras de forma mensual.

También se utilizan hojas de verificación para anotar datos relevantes sobre todas las muestras que son enviadas a los clientes tales como fecha, No. de recurso, lote, cantidad, cliente al que se envía, país de comercialización, ejecutivo de ventas que solicitó la muestra y número de rastreo en caso de que sean enviadas por paquetería.

En apartados posteriores de este trabajo también se hará uso del diagrama de Pareto para analizar que muestras representan el 80% de las solicitudes totales por parte de los clientes durante el tiempo en el que se desarrolló dicho trabajo.

## **2.7 Inventarios**

Como se mencionó en el primer apartado de este documento, el objetivo del trabajo fue establecer el tamaño óptimo de inventario de las muestras de los productos con mayor demanda por parte de los clientes. Por ello, en esta sección se hace una revisión de los modelos más utilizados para determinar el tamaño de inventario idóneo empezando con algunas definiciones de lo que es un inventario, la importancia de controlarlo y los costos que implican hacerlo.

### **2.7.1 Definición de inventarios**

Un inventario se define como la existencia de un recurso dentro de una organización, dicho recurso puede ser materia prima, producto terminado, suministros u otros componentes los cuales se vuelven parte de la producción de una empresa. [17]

Otra definición de inventario que se puede adoptar es, un inventario es un conjunto de mercancías o artículos acumulados en almacén en espera de ser vendidos o utilizados en un proceso productivo. [16]

### **2.7.2 Importancia de los inventarios**

Los inventarios son relevantes porque permiten determinar cuándo es necesario pedir o producir más recursos o piezas, a su vez también es posible calcular en que cantidad hacerlo. Respecto a los beneficios que una empresa gana al adoptar inventarios se resumen en los siguientes tres puntos:

- **Cubrir la variación de la demanda:** En ocasiones no es posible predecir la demanda por completo, por este motivo es importante tener un inventario que asegure satisfacer la demanda ante una variación.
  
- **Protegerse ante una variación en el tiempo de entrega de materia prima:** Cuando se solicita un material a un proveedor pueden ocurrir demoras en el proceso de entrega por lo cual es importante tener un inventario que cubra dichas demoras y evitar el paro del proceso.
  
- **Flexibilidad en los programas de producción:** El tener un inventario permite una planeación de la producción de manera más tranquila y una operación a un costo más bajo pues se pueden fabricar lotes más grandes. [17]

### **2.7.3 Costo de inventarios**

Mantener un inventario en almacén conlleva costos, por ello es deseable determinar un tamaño de inventario que genere el menor de los costos por faltantes o por un tamaño de inventario mayor al necesario. En general los costos asociados son,

- **Mantenimiento y transporte:** Abarcan costos de instalación de almacenamiento, manejo, seguros, desperdicios y daños, impuestos y el costo de oportunidad del

capital. Generalmente los costos de mantenimiento suelen incidir en los niveles de inventario bajos y la reposición frecuente.

- Costos de programación de la producción: En estos se consideran los costos asociados a la adquisición de la materia prima requerida, al arreglo del equipo y la documentación asociada a estos aspectos.
- Costos de pedidos: Estos hacen referencia a los costos administrativos y de oficina por preparar órdenes de compra, de requisiciones o de producción. Incluyen todos los detalles como el registro de piezas o el cálculo de las cantidades a pedir.
- Costos de capital: La existencia de un inventario implica que el dinero que lo constituye no esté disponible para darle otros usos, por este motivo representa un costo de oportunidad.
- Costo de riesgo: Son los costos relacionados al mantenimiento de los recursos en un almacén tales como deterioro, pérdidas o depreciación. [17, 18]

#### **2.7.4 Control de Inventarios**

Para empresas donde el número de materias primas y productos terminados es grande (mayor a 400 diferentes productos), es necesario contar con un estricto control de inventarios para evitar pérdidas por atrasos en la producción, por la entrega a destiempo de productos, pérdidas por caducidad de producto o por la compra innecesaria de materia prima. Por ello, es importante implementar un sistema de control de inventarios, dicho sistema permitirá mantener los bienes en existencia todo el tiempo de manera organizada.

A través de un sistema de control de inventarios es posible pedir y recibir materia prima, establecer en tiempo programas de producción, llevar un registro de lo ya solicitado, así como la cantidad que se solicitará. Por tanto, un sistema de control de inventarios permite:

- Saber si el proveedor recibió el pedido
- Saber si el cliente recibió el producto

- Monitoreo de envíos durante su trayecto
- Verificación de fechas
- Actualización del tamaño inventario
- Tener un historial de datos del movimiento de recursos
- Minimizar la inversión del inventario
- Minimizar los costos de almacenamiento
- Mantener un sistema eficiente de información del inventario
- Hacer pronósticos sobre futuras necesidades del inventario. [17]

En resumen, cuando se ha adoptado un sistema de control de inventarios es posible darle un seguimiento al movimiento de materiales y productos, pero para esto es necesario establecer un modelo de inventario.

### 2.7.5 Modelos de inventarios

Existen distintos tipos de modelos de inventarios, todos ellos están en función de la demanda, en el siguiente diagrama se muestra su clasificación. [19]

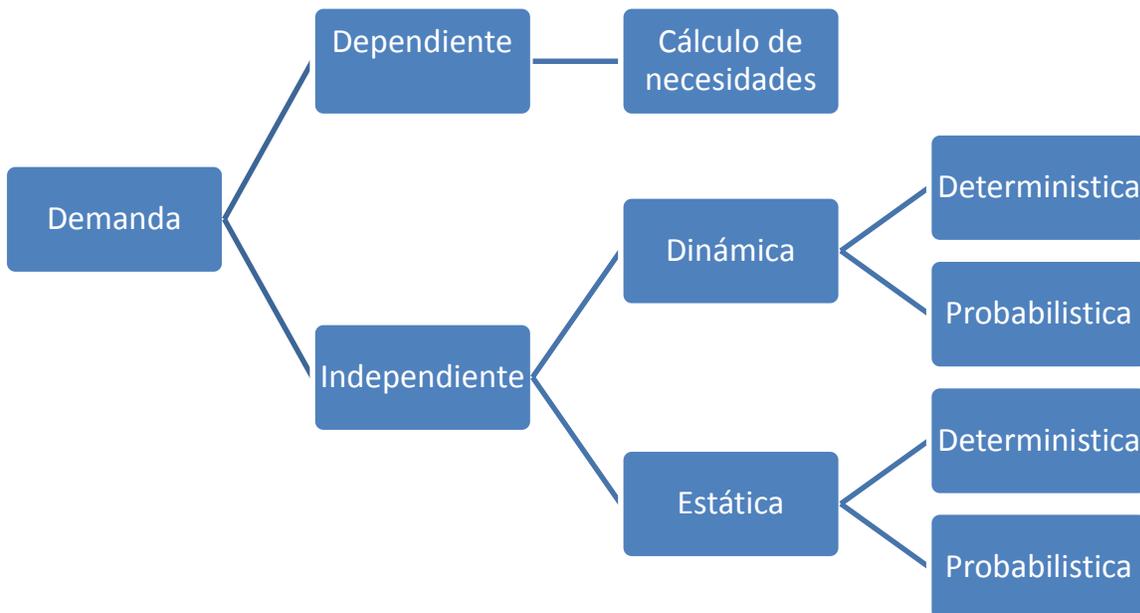


Diagrama.4 Clasificación de modelos de inventarios. [19]

A continuación se cita cuando se utiliza cada uno de los modelos de inventarios,

- a) Modelos de Inventarios con Demanda Determinística Estática: estos modelos se utilizan cuando la demanda es conocida y constante para todos los períodos.
- b) Modelos de Inventarios con Demanda Probabilística Estática: estos modelos se utilizan cuando la demanda es aleatoria y tiene una distribución de probabilidad igual para todos los períodos.
- c) Modelos de Inventarios con Demanda Determinística Dinámica: estos modelos se utilizan cuando la demanda es conocida y constante, pero varía para cada período.
- d) Modelo de Inventarios con Demanda Probabilística Dinámica: estos modelos se utilizan cuando la demanda es probabilística con una distribución de probabilidades variable en cada período.

Como se observa en esta clasificación, básicamente existen dos tipos de demanda, la determinística y la probabilística. A continuación se analizarán algunos de los modelos de inventarios más utilizados tanto para demandas determinísticas como demandas probabilísticas.

#### **a) Modelos de Inventario determinísticos.**

##### Modelo EOQ básico

El modelo de orden económica o lote económico (Economic order Quantity, EOQ), es un modelo muy utilizado por su simplicidad. Para que el tamaño de inventario calculado sea lo más cercano a los requerimientos de la empresa se deben asumir ciertas condiciones:

- No se admiten faltantes
- Existe un costo de mantener guardado el inventario
- Existe un costo de pedir
- Los costos son constantes por lo cual se mantienen
- La reposición del inventario es instantánea, no existe tiempo de demora
- No existen entregas parciales. [21]

Cabe mencionar que cualquier intervalo de tiempo que comienza con la llegada de una orden y termina antes de la llegada de la orden siguiente se denomina ciclo, como se muestra en la siguiente figura. [19]

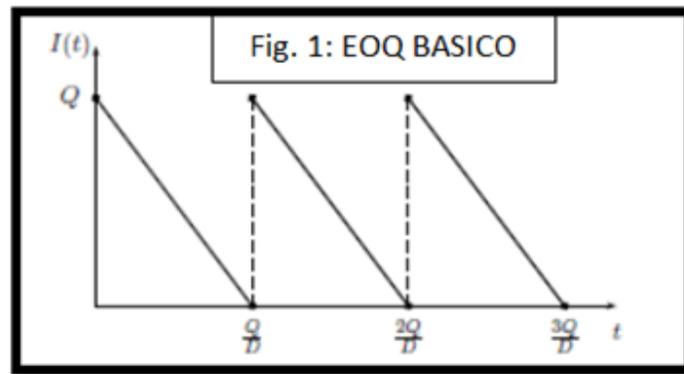


Fig. 2 Comportamiento del modelo EOQ. [19]

Como se observa, la figura 1 consiste en la repetición de ciclos de longitud  $Q/D$ , es decir que cualquier año contiene exactamente el siguiente número de ciclos  $n$ , este valor se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Q}{D} \quad (2.1)$$

Dónde:  $Q =$  Cantidad pedida (Unidades)  
 $D =$  Demanda (Unidades por unidad de tiempo)

En un modelo *EOQ* el nivel medio de inventario corresponde exactamente a la mitad del tamaño de la orden  $Q$ . Este resultado es válido para cualquier modelo que tiene una demanda constante y en el cual no se permite escasez. La ecuación que define este modelo de inventario es la siguiente:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_p}{C_{mi}}} \quad (2.2)$$

Dónde:  $Q^* =$  Cantidad óptima de pedido

$D =$  Demanda (Unidades por unidad de tiempo)

$C_p =$  Costo de ordenar o pedir un pedido  $\left(\frac{\$}{\text{pedido}}\right)$

$C_{mi} =$  Costo de mantener el inventario  $\left(\frac{\$}{\text{unidad} * \text{tiempo}}\right)$

### Modelo $EOQ$ con órdenes pendientes

Es común que en situaciones reales la demanda no puede ser satisfecha a tiempo, en cuyo caso ocurre escasez. Cuando se presenta esta situación se incurre en costos adicionales por pérdida de negocios, órdenes especiales, etc. Para este tipo de situaciones es necesario modificar el modelo básico  $EOQ$ . Para la correcta aplicación de este modelo modificado se deben hacer ciertos supuestos, estos son los siguientes:

- La demanda es constante y conocida
- Se admiten faltantes
- Existe un costo por pedido
- La reposición del inventario es inmediata
- Existen costos por faltantes. [19]

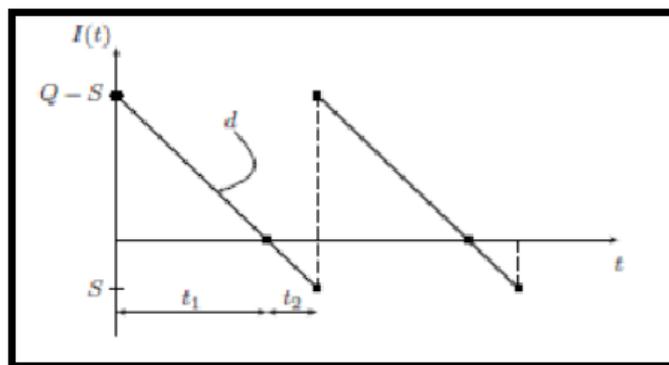


Fig.3 Comportamiento del modelo  $EOQ$  con órdenes pendientes. [19]

A partir del comportamiento de la demanda mostrado en la gráfica anterior, es posible establecer las ecuaciones siguientes:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_p}{C_{mi}} * \sqrt{\frac{C_f + C_{mi}}{C_f}}} \quad (2.3)$$

$$S^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_p}{C_{mi}} * \sqrt{\frac{C_f}{C_f + C_{mi}}}} \quad (2.4)$$

Dónde:

$Q$  = Cantidad de unidades

$S$  = Nivel de inventario justo después de recibir un lote de  $Q$  unidades

$C_p$  = Costo de preparación para ordenar un lote

$C_{mi}$  = Costo de mantener el inventario

$D$  = Demanda del pedido

$C_f$  = Costo de faltantes por unidad faltante

### Modelo $EOQ$ con producción

Para determinar el tamaño de los inventarios, es frecuente que por la naturaleza de la propia empresa, los artículos sean producidos de manera interna en lugar de ser adquiridos a un proveedor. En estos casos puede resultar irreal el hecho de que todos los artículos lleguen al mismo tiempo por lo que se necesita implementar un modelo que tome en cuenta una producción a tasa constante. En este modelo también se asume que se tiene una demanda determinística a tasa constante de unidades por unidad de tiempo, dicha unidad comúnmente son años. También es necesario suponer que en ningún momento se tiene escasez de artículos. [19]

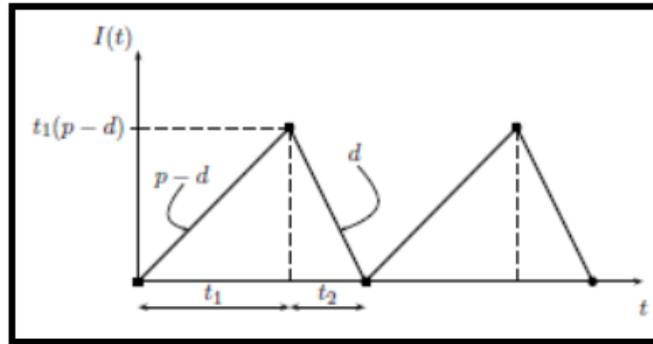


Fig.4 Comportamiento del modelo EOQ con producción. [19]

Mediante un análisis matemático y la gráfica mostrada en la Figura 3, es posible inferir la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{óptimo}} = \sqrt{\frac{2C_{\text{opt}}*D*R}{C_{\text{mi}}*(R-d)}} \quad (2.5)$$

Dónde:

$Q_{\text{óptimo}}$  = Número óptimo de unidades producidas

$C_{\text{mi}}$  = Costo de mantener una unidad en inventario por un año

$R$  = Tasa constante de productos fabricados por unidad de tiempo

$D$  = Demanda anual del producto

$d$  = Demanda por unidad de tiempo

$C_{\text{opt}}$  = Costo de producción

### Modelo LEP con faltantes

El modelo de Lote Económico de Producción (LEP) con faltantes, se puede aplicar a empresas que pueden permitir faltantes en su producción. Para poder aplicar este modelo al igual que los modelos anteriores se requieren hacer ciertos supuestos para su correcto funcionamiento, dichos supuestos se citan a continuación,

- Demanda conocida y constante
- Se produce a una tasa  $R$  la cual siempre es mayor a la demanda
- Existen costos para almacenar en el inventario los cuales son constantes
- Se realiza reposición instantánea

- No existen tiempos de demora. [19]

El comportamiento de este modelo se presenta en la siguiente figura.

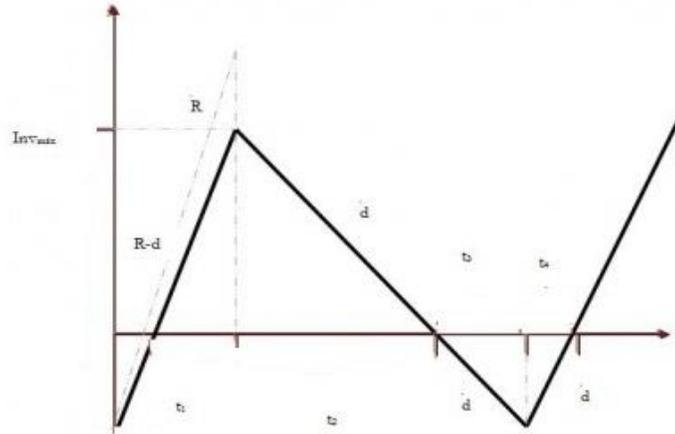


Fig. 5 Comportamiento del modelo LEP con faltantes. [19]

De esta gráfica y mediante un análisis matemático es posible establecer las siguientes ecuaciones.

$$S^* = \sqrt{\frac{2 \cdot C_p \cdot D}{C_f}} * \sqrt{\frac{C_{mi}}{C_f + C_{mi}}} \quad (2.6)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot C_p \cdot D}{C_f}} * \sqrt{\frac{C_f + C_{mi}}{C_{mi}}} \quad (2.7)$$

Donde:

$Q$  = Cantidad de unidades

$S$  = Nivel de inventario justo después de recibir un lote de  $Q$  unidades

$C_p$  = Costo de preparación para ordenar un lote

$C_{mi}$  = Costo de mantener el inventario

$D$  = Demanda del pedido

$C_f$  = Costo de faltantes por unidad faltante

## **b) Modelos de inventario probabilístico**

Este tipo de modelo se utiliza cuando la demanda de un artículo está sujeta a una cierta incertidumbre y variabilidad. El uso de estos modelos recurre al uso de pronósticos [21]. A continuación se citan los principales modelos de inventario de este tipo.

### Métodos de promedios móviles.

Estos métodos consisten en la suavización de datos observados en un lapso de tiempo, consisten en obtener la media aritmética de este subconjunto de datos históricos recientes eliminando los datos históricos más antiguos cada vez que se dispone de un nuevo dato. De tal manera que el promedio se va “desplazando” en el tiempo y basados en el promedio obtenido se calcula el valor estimado para el siguiente periodo, es decir el valor pronosticado para ese periodo.

Generalmente el número de datos a tomar en cuenta para obtener los promedios es una decisión de quién analiza los datos, ya sea por experiencia o por datos de procesos similares, es decir no existe una regla como tal para establecer el tamaño de la población [22]. A continuación se mencionan algunos métodos de promedio móvil para el pronóstico de datos.

### Método de Promedio Simple

Este primer método consiste en atenuar los datos al obtener la media aritmética de cierto número de datos históricos y con esto obtener el pronóstico para el siguiente periodo.

$$P_{t+1} = \sum_{t=1}^n \left( \frac{X_t}{n} \right) \quad (2.8)$$

Dónde:

$P_{t+1}$  = Valor pronosticado para el siguiente periodo

$X_t$  = Valor real observado en el periodo  $t$

$n$  = Número de datos utilizados

### Método de Promedio Móvil Simple

Es posible utilizar esta técnica cuando se quiere dar más importancia a un conjunto de datos más recientes para obtener el pronóstico. Este pronóstico se obtiene al calcular la media aritmética del conjunto de datos más recientes seleccionados. Cuando se tiene una nueva observación se agrega esta al conjunto de datos y se elimina la observación o dato más antiguo.

Es importante resaltar que la sensibilidad a los cambios en el comportamiento de la serie de datos se reduce al utilizar un número mayor de datos. Este modelo no se utiliza cuando los datos presentan una tendencia, el modelo de promedio móvil simple establece la siguiente ecuación:

$$PM_t = \left( \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-n+1}}{n} \right) \quad (2.9)$$

Dónde:

$PM_t$  = Promedio móvil en el periodo  $t$

$X_t$  = Valor real observado en el periodo  $t$

$n$  = Número de datos utilizados

Este método indica que el promedio móvil en el periodo de tiempo  $t$  será igual al valor pronosticado para el siguiente periodo.

$$PM_t = P_{t+1}$$

$P_{t+1}$  = Valor pronosticado para el siguiente periodo

### Método de promedio móvil doble

Este método consiste en calcular un conjunto de promedios móviles y en seguida se calcula un segundo conjunto como promedio móvil del primero. Cabe mencionar que este método generalmente se utiliza para realizar pronósticos de series que presentan una

tendencia lineal. A continuación se explicarán paso por paso este método incluyendo sus respectivas ecuaciones.

El primer paso es calcular el promedio móvil en el periodo  $t$ , media aritmética, con la ecuación 2.9 posteriormente se calcula el segundo promedio móvil con la siguiente expresión.

$$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + M_{t-2} + \dots + M_{t-n+1}}{n} \quad (2.10)$$

Dónde:

$M'_t =$  Segundo promedio móvil

$M_t =$  Valor del promedio móvil en el periodo  $t$

$n =$  Número de datos utilizados

Tener el segundo promedio móvil permite calcular el pronóstico para un determinado número de periodos hacia el futuro con ayuda de dos factores adicionales de ajuste ( $a_t$  y  $b_t$ ) mediante las siguientes ecuaciones.

$$P_{t+p} = a_t b_t p \quad (2.11)$$

$$a_t = 2M_t - M'_t \quad (2.12)$$

$$b_t = 2 \left( \frac{M_t - M'_t}{n-1} \right) \quad (2.13)$$

Dónde:

$P_{t+p} =$  Pronóstico para " $p$ " periodos

$p =$  Número de periodos a pronosticar

### Métodos de suavización exponencial

Las técnicas o métodos de suavización exponencial consideran un mecanismo de autocorrección que permite ajustar pronósticos en dirección opuesta a los errores pasados. El pronóstico se basa en un promedio ponderado tanto de los datos actuales como de datos anteriores, a diferencia de los métodos de promedio móvil donde dichos datos son descartados. A continuación se listan los principales métodos de suavización exponencial.

#### Método de suavización exponencial simple

Este método se basa en la suavización de los valores de la serie de tiempo, obteniendo el promedio de estos de manera exponencial; es decir, en este caso los datos se ponderan dando un mayor peso a las observaciones más recientes y uno menor a las más antiguas. La expresión para realizar el cálculo de la atenuación exponencial es la siguiente.

$$P_{t+1} = \alpha X_t + \alpha(1 - \alpha)X_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 X_{t-2} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{n-1} X_{t-(n-1)} \quad (2.14)$$

Dónde:

$X_t$  = *Valore real observado en el periodo t*

$\alpha$  = *Constante de suavización [0,1]*

$P_{t+1}$  = *Pronóstico para t periodos*

Al peso para ponderar la observación más reciente se le da el valor  $\alpha$ , la observación inmediata anterior se pondera con un peso de  $(1 - \alpha)$ , a la siguiente observación inmediata anterior se le da un peso de ponderación de  $(1 - \alpha)^2$  y así sucesivamente hasta completar el número de valores observados en la serie de tiempo a tomar en cuenta para realizar la atenuación o suavización. Es decir, para calcular el promedio ponderado y la estimación o pronóstico será el valor obtenido del cálculo del promedio. Es importante

mencionar que el valor de  $\alpha$  debe estar en un rango de 0 a 1 donde el valor de 0.5 es uno de los más usados comúnmente ya que le otorga el mismo peso tanto a valores históricos como recientes, sin embargo dependiendo del tipo de datos históricos se pueden realizar varias pruebas hasta encontrar el valor más acorde.

#### Método de suavización exponencial doble

Este método consiste en realizar dos suavizaciones exponenciales, a partir de estas es como se podrá obtener el pronóstico buscado. La primera suavización es aplicada a los valores observados en la serie de tiempo mientras que la segunda suavización se aplica a la serie obtenida mediante la primera atenuación. En este caso, para realizar la primera atenuación se utiliza la siguiente ecuación.

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \quad (2.15)$$

Dónde:

$S_t =$  Valor de la primera atenuación

$X_t =$  Valore real observado en el periodo  $t$

$\alpha =$  Constante de suavización

Una vez calculados los valores de la primera atenuación o suavización se procede a calcular la segunda de forma similar solo que esta vez se utilizan los datos de la primera atenuación en lugar de los valores reales observados. Para este punto se utiliza la siguiente expresión.

$$S'_t = \alpha S_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (2.16)$$

Dónde:

$S'_t =$  Valor de la segunda atenuación

$S_t =$  Valor de la primera atenuación

$\alpha =$  Constante de suavización

Finalmente con los valores de la segunda atenuación es posible calcular los valores que constituyen los pronósticos con la ayuda de dos factores adicionales de ajuste ( $\alpha_t$ ) y ( $b_t$ ), estos factores se definen con las siguientes ecuaciones.

$$a_t = 2S_t - S'_t \quad (2.17)$$

$$b_t = \alpha \left( \frac{S_t - S'_t}{1 - \alpha} \right) \quad (2.18)$$

$$P_{t+m} = a_t + b_t m \quad (2.19)$$

Dónde:

$P_{t+m}$  = Valor del pronóstico

$m$  = Número de periodos hacia el futuro

#### Método de suavización exponencial cuadrática

Este método en particular se utiliza cuando se presenta una tendencia no lineal en la serie de tiempo. Esta técnica es similar a los métodos de suavización antes citados, con la diferencia de que este consiste en realizar tres suavizaciones. Las primeras dos suavizaciones se hacen exactamente igual que el método de suavización exponencial doble.

-Primera suavización  $S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \quad (2.20)$

-Segunda suavización  $S'_t = \alpha S_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (2.21)$

Una vez calculados los valores de la segunda suavización se procede a calcular la tercera esta vez utilizando estos datos.

$$\text{Tercera suavización} \quad S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (2.22)$$

Igual que el método anterior en el método de suavización exponencial cuadrática se utilizan los mismos factores adicionales de ajuste más un tercer factor de no linealidad de segundo orden ( $c_t$ ).

$$a_t = 3S_t - 3S'_t + S''_t \quad (2.23)$$

$$b_t = \left[ \frac{\alpha}{(1-\alpha)^2} \right] [(6 - 5\alpha)S_t - (10 - 8\alpha)S'_t + (4 - 3\alpha)S''_t] \quad (2.24)$$

$$c_t = \left[ \frac{\alpha}{(1-\alpha)^2} \right] [S_t - 2S'_t + S''_t] \quad (2.25)$$

Dónde:

$S''_t =$  Valor de la tercera atenuación

$S'_t =$  Valor de la segunda atenuación

$S_t =$  Valor de la primera atenuación

$\alpha =$  Constante de suavización

Finalmente una vez obtenidos el valor de los tres factores se procede a calcular el valor de un pronóstico para un periodo de tiempo con el uso de la siguiente expresión.

$$P_{t+m} = a_t + b_t m + \frac{1}{2} c_t \quad (2.26)$$

Dónde:

$P_{t+m}$  = Valor del pronóstico

$m$  = Número de periodos hacia el futuro

En este apartado se han citado algunos de los modelos más utilizados para el cálculo de tamaño de inventarios, en el siguiente apartado se abordará otra herramienta útil para tener un inventario con un tamaño óptimo.

## **2.8 Error en los pronósticos**

Todo pronóstico lleva un error consigo, en la medida que el error sea menor se considera que el pronóstico es el más adecuado. El error está definido como la diferencia entre el dato observado y el dato pronosticado, esto es:

$$Error_t = X_t - P_t \quad (2.27)$$

Se han establecido diversas técnicas para comparar los errores entre los pronósticos, sin embargo el de mayor confiabilidad es el conocido como error cuadrado.

### **2.8.1 Error cuadrado**

El error cuadrado (Mean Square Error, MSE) es definido como el promedio de los errores elevados al cuadrado. El MSE hace uso de los errores cuadrados y no de los errores simples porque una suma de errores simples tiende a cancelarse, es decir da como resultado cero. La siguiente expresión define el MSE,

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (2.28)$$

El criterio para escoger el método de pronóstico más adecuado es utilizar aquel que arroje un menor error cuadrado medio, esto significa que mientras más se acerque a cero este valor más certidumbre tendrá el método de pronóstico para inventarios, se debe de considerar en todo momento que al ser el cuadrado de un error los valores comúnmente asociados a errores menores o igual al 10% son menores o igual a 100. Dicho lo anterior para este trabajo se utilizará el error cuadrado como medida para comparar la certeza de los métodos de pronósticos.

## **2.9 Tamaño óptimo de inventario**

El nivel óptimo del tamaño que debe tener un inventario está en función de la flexibilidad operativa que tenga la empresa. Es decir, para determinar un nivel óptimo de inventario la empresa debe equilibrar ciertos aspectos como el nivel de compras, producción y ventas con el costo de mantener un inventario.

La cantidad óptima de un inventario debe considerar las necesidades probabilísticas de materia prima a pedir, productos terminados para vender y algunos suministros. Una empresa puede conocer la cantidad de pedidos que debe hacer o cantidad de artículos que debe producir en base a los modelos de inventario que ya se analizaron en el apartado anterior, sin embargo el aplicarlo a una gran cantidad de artículos pudiera resultar algo tedioso y poco apropiado cuando la demanda es variable y desconocida. Para este tipo de casos se puede utilizar un “punto de pedido”, es decir se emite un nuevo pedido de materia prima o se produce un artículo cuando el inventario llega a una cierta cantidad de unidades o de artículos.

Debido a que la demanda de artículos puede variar siempre existirá probabilidad de que el inventario se agote, por ello el objetivo principal es reducir dicha probabilidad procurando mantener el inventario a un nivel aceptable y para lograr esto es la empresa quien debe

establecer cuál es el porcentaje que considera aceptable de faltantes y sobre eso basarse para calcular el punto de pedido.

En este contexto, se debe entender como “punto de pedido” al nivel de inventario en que se debe emitir un pedido para tener la cantidad óptima establecida de artículos, acorde a un modelo establecido. Este punto indica cuando es necesario pedir más materia prima o producir más artículos con una tolerancia de faltantes asumiendo que se agotarían exactamente durante el plazo de espera necesario para recibir el producto [20]. Para determinar el punto de pedido se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$PP = D * E + F\sqrt{D * E * S} \quad (2.29)$$

Dónde:

*PP = Punto de pedido óptimo*

*D = Demanda probable en un periodo de tiempo*

*E = Tiempo de espera probable*

*F = Factor de tolerancia de faltantes*

*S = Promedio de cada salida de inventario(material o producto)*

Para el desarrollo de este trabajo se aplicará la ecuación anterior para calcular el punto de pedido óptimo, debido a que en esta expresión se considera tanto el tiempo de espera y un factor de tolerancia de faltantes, a diferencia de la mayoría de las expresiones definidas para obtener este valor.

## Capítulo 3. Metodología

### 3.1 Justificación

Debido al crecimiento que en los últimos años ha tenido la empresa donde se desarrolló este trabajo, se ha establecido un sistema de gestión de muestras, este sistema consiste en administrar el envío de muestras de colorantes a los distintos clientes de la compañía con el objetivo de que realicen pruebas a nivel laboratorio y planta piloto, para evaluar la calidad de los colorantes.

El sistema de gestión de muestras tiene entre sus objetivos atender las demandas de los clientes en tiempo y forma, y para ello se utiliza una plataforma en intranet donde los ejecutivos de ventas ingresan solicitudes de muestras con especificaciones del producto y datos de los clientes a quienes se les enviarán las muestras. En caso de no tener en inventario la muestra requerida por el cliente se procede a acceder a la base de datos de especificaciones de producto, con el objetivo de encontrar una muestra alternativa que satisfaga dichos requerimientos.

En el caso de que no se tenga un sustituto de la muestra requerida o que el sustituto no haya cubierto las necesidades del cliente, se solicita la muestra al departamento de calidad y se elabora en un tiempo de 3 a 4 días hábiles. Después de elaborada la muestra, si es un envío nacional tarda en llegar al cliente de 2 a 3 días y si es un envío internacional el tiempo de entrega será en promedio una semana más que para los clientes nacionales.

La entrega a destiempo de una muestra provoca que el arranque de las pruebas a nivel laboratorio o planta piloto por parte de los clientes se vea afectado, con ello se retrasa la solicitud de pedidos de colorantes y la entrega en tiempo y forma de éstos. Es decir, el sistema de gestión de muestras ofrecía un servicio de poca calidad a los clientes de la empresa.

Esta situación no se había reconocido como un problema, sin embargo en 2013 se implementa el sistema de gestión de muestras como una estrategia de mejora continua, dando como resultado el análisis de las órdenes de solicitud de muestras y el tiempo de entrega. A partir de este análisis se determinó que durante el primer semestre de 2013 se cancelaron 94 solicitudes de muestra de un total de 617 recursos solicitados, lo que equivale al 15% de solicitudes totales, debido a que no se contaba con la muestra solicitada en el momento. Lo anterior repercutió en la solicitud de pedidos de colorantes de la empresa, pues cada muestra que no es enviada al cliente es una posible compra menos. Además, se determinó que un 20% de las solicitudes se atendieron con retraso ocasionando un ajuste en la logística de las órdenes de producción para poder atender los requerimientos de muestras de colorantes.

Para determinar porqué se atendían a destiempo las solicitudes de muestras primero se analizaron las órdenes de muestras y los niveles de inventarios, y se observó que por tradición en la empresa se había establecido que debía mantenerse un inventario de por lo menos dos frascos por tipo de colorante y si se considera que se tiene un promedio de 400 colorantes diferentes el mantener dicho inventario representaba al menos 800 muestras. Por la capacidad de almacenamiento de muestras generalmente solo se tenían de tres a cinco frascos por colorante.

Para mantener el inventario se estableció de manera informal que, cuando quedaran dos frascos de algún colorante se realizaría una solicitud de surtimiento de esa muestra, asumiendo que el tiempo que el departamento de calidad tardará en surtirla sería el mismo tiempo en el que las dos muestras restantes serán requeridas por algún cliente. Sin embargo, se reconoció que esto no sucede así pues no se sabe exactamente cuándo se agotarán las muestras de determinado colorante provocando un desfase entre las solicitudes de muestras al departamento de calidad, el tiempo para surtirlas y el consumo de muestras por parte de los clientes dando como consecuencia que en un determinado

momento existan más muestras de un cierto colorante que de otro y que no se tuvieran muestras de algunos otros.

Es en este punto cuando se reconoce la necesidad de realizar pronósticos cuantitativos para establecer una cantidad aproximada de muestras de cada tipo de colorante que maneja la compañía. Es decir, se determinó como una solución contar con un tamaño de inventario de muestras completas y funcionales -dado que algunos recursos caducan y deben estar en constante rotación-, que permitiera atender la demanda de los clientes en tiempo y forma. En el siguiente apartado se detallarán cuáles son los métodos que se utilizaron para el cálculo de los inventarios de las muestras de colorantes y con ello establecer un método para el cálculo de los inventarios de dichas muestras.

### **3.2 Uso de métodos para pronósticos**

En el capítulo anterior se analizaron distintos tipos de métodos para establecer pronósticos, los cuales dependiendo de los datos y las tendencias que presenten éstos darán mayor certidumbre al pronóstico. Para realizar los pronósticos de solicitud de muestras se utilizaron cuatro modelos diferentes, los resultados se compararon con la finalidad de saber cuál se ajusta de mejor forma a los datos reales y con ello dar certidumbre al pronóstico calculado. Los datos que se tomaron como base para los cálculos comprenden el periodo de Junio de 2012 a Mayo de 2013 como un adicional también se aplicó el método que resultó más exacto para el segundo semestre del año 2013, con el objetivo de comparar el pronóstico con la demanda real.

La importancia de saber que métodos de pronósticos son los mejores para cada tipo de colorante radica en que con ello se podrá saber la cantidad de colorantes adecuada para el inventario de muestras de la empresa sin tener problemas de muestras faltantes o en exceso. La selección de los métodos de pronóstico se hizo en primera instancia reconociendo que la demanda futura no es constante y no se conoce con exactitud, no se

tiene la capacidad para producir una mayor demanda de la supuesta y que no se pueden realizar reposiciones inmediatas de los faltantes y si es así existen tiempos de demora en la entrega de los faltantes pues el departamento de Calidad programa la producción de las muestras una vez atendidos los pedidos de los clientes.

### 3.2.1 Método 1 suavización exponencial simple

El primer método a utilizar fue el de suavización exponencial simple, definido por la ecuación 2.14. Si el consumo de muestras presentara una tendencia estacionaria durante el año para los distintos tipos de colorantes se podrán obtener resultados con un alto grado de certidumbre (un error porcentual menor al 7%), es decir que la solicitud de muestras a lo largo de los periodos se presentará de manera constante en número y por lo tanto, la solicitud de surtimiento de recursos al almacén de muestras será similar en periodos futuros.

Como se mencionó en el capítulo anterior en este método los datos se ponderan dando un mayor peso a las observaciones más recientes y uno menor a las más antiguas. Para el uso de éste método se realizaron distintas pruebas de valores de alfa entre 0 y 1 siendo que se tomará un valor de la constante de suavización de  $\alpha=0.2$  para el cálculo del pronóstico por haber sido el que mejores resultados generaba con los datos recabados. Para este método se requiere tener el valor del periodo anterior para realizar el pronóstico del periodo siguiente, como ejemplo se tiene que para calcular el pronóstico del mes de Julio de 2012 para colorante tipo laca y se usará el valor correspondiente al número de muestras solicitadas en el mes de Junio de 2012.

A continuación se presentará a manera de ejemplo la forma en que se aplica el método con un primer cálculo.

$$P_{t+1} = \alpha X_t + \alpha(1 - \alpha)X_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 X_{t-2} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{n-1} X_{t-(n-1)} \quad (2.14)$$

$$\alpha = 0.2$$

$$X_{Junio} = 18 \text{ muestras}$$

El método de suavización exponencial simple requiere el pronóstico del periodo anterior para calcular el siguiente; es decir que se necesita saber el pronóstico del mes de Junio, sin embargo como no se cuenta con dicho pronóstico dado que es el primer cálculo de la serie de tiempo, es válido asumir que el valor del pronóstico de Junio de 2012 es igual al número de muestras consumidas en el mes anterior, es decir:

$$X_{\text{Mayo}} = P_{\text{Junio}}$$

Por lo tanto para este mes el pronóstico serían 17 muestras que fueron consumidas durante Mayo de 2012.

$$P_{\text{Junio}} = 17$$

Si se conoce la cantidad de muestras de un cierto colorante que se consumió durante el mes de Junio de 2012 y el pronóstico realizado para ese mismo periodo, es posible pronosticar la cantidad de muestras necesarias para el mes de Julio del mismo año con la ecuación 2.14.

$$P_{\text{Julio}} = (0.2)(18) + (1 - 0.5)(17)$$

$$P_{\text{Julio}} = 12 \text{ Muestras}$$

Por lo tanto para el periodo de Julio de 2012 se necesitarán 12 muestras del colorante en cuestión.

### **3.2.2 Método 2 promedio móvil simple**

El método de promedio móvil simple está dado por la ecuación 2.9 del capítulo anterior y al igual que la suavización exponencial, el pronóstico será mejor cuando se tienen una serie de datos con tendencia estacionaria, con la diferencia de que este promedio toma un

conjunto de datos observados y usa el promedio de esos valores para realizar el pronóstico.

En la empresa donde se desarrolló este trabajo existen un grupo de clientes que solicitan una cantidad de muestras de manera continua que oscila entre 10 y 20 muestras por semana debido a que constantemente realizan pruebas industriales para el desarrollo de nuevos productos, si bien se tiene una aproximación de cuantas muestras serían requeridas para estos clientes durante un lapso de tiempo también podemos ver que el rango de muestras es amplio, además de que el tipo de muestras solicitadas es variable pues no solicitan un único tipo de muestra, además de que las solicitudes del resto de los clientes no presenta una tendencia. Por lo anterior, se ha decidido utilizar el promedio móvil simple como uno de los métodos a probar para el desarrollo de este trabajo.

A continuación se mostrará cómo se utiliza este método realizando el pronóstico para el mes de Julio de 2012 de un determinado colorante. Es importante mencionar que como se cuenta con los valores de Abril, Mayo y Junio de 2012 se pueden usar dichos valores para encontrar el valor del primer pronóstico, es decir el correspondiente al mes de Julio de 2012. En caso de no contar con dichas cifras el valor del primer pronóstico es igual al valor real de un periodo anterior.

$$PM_t = P_{t+1}$$

Para efectos de este trabajo se utilizará un valor de  $n=3$ , es decir se utilizará el promedio de tres datos históricos para calcular el pronóstico siguiente.

$$X_{Abril} = 15 \text{ muestras}$$

$$X_{Mayo} = 17 \text{ muestras}$$

$$X_{Junio} = 18 \text{ muestrrtas}$$

$$PM_t = \left( \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-n+1}}{n} \right) \quad (2.9)$$

$$PM_{Julio} = \frac{15 + 17 + 18}{3}$$

$$PM_{Julio} = 17 \text{ muestras}$$

Para este caso el promedio móvil simple pronostica que para el mes de Julio de 2012 se necesitaran 17 muestras para surtir a clientes de este tipo de colorante.

### 3.2.3 Método 3 suavización exponencial doble

Para utilizar este método se requieren las ecuaciones 2.17, 2.18 y 2.19. Este método implica la realización de dos suavizaciones exponenciales para encontrar nuestro pronóstico. En los métodos anteriores se precisó que podían aplicarse cuando se presentaba un patrón estacionario en la serie de datos histórica, sin embargo en el caso de la suavización exponencial doble se obtienen buenos resultados cuando existe un patrón de tendencia creciente o decreciente.

Actualmente se observa una tendencia en la industria hacia solicitar o producir productos de origen natural dejando de lado los productos fabricados sintéticamente. El caso de los colorantes no es la excepción, pues uno de los tipos de colorantes que más son solicitados son los colorantes de origen natural los cuales van en una tendencia creciente en demanda. Por esta razón el método de suavización exponencial doble pudiera ser útil para pronosticar la cantidad de colorantes a necesitar en periodos futuros.

A continuación aplicaremos el método sustituyendo en las ecuaciones los datos necesarios para poder pronosticar Julio del 2012 de un determinado colorante a manera de ejemplo. Se utilizará tentativamente un valor de  $\alpha = 0.2$  y  $m = 1$ . Cabe mencionar que cuando se calcula un primer periodo y no se cuenta con una suavización anterior se puede asumir que el valor es igual al número de muestras de un periodo atrás es decir:

$$S_t = X_{t-1}$$

Por lo tanto:

$$S_{Junio} = X_{Mayo} = 17 \text{ muestras}$$

$$X_{Junio} = 18 \text{ muestras}$$

Sustituyendo,

$$S_{Julio} = \alpha X_{Junio} + (1 - \alpha)S_{Junio}$$

$$S_{Julio} = (0.2)(18) + (1 - 0.2)(17)$$

$$S_{Julio} = 17.2$$

Ahora se debe realizar la segunda suavización exponencial utilizando el valor de la primera mediante la ecuación:

$$S'_{Julio} = \alpha S_{Julio} + (1 - \alpha)S'_{Junio}$$

Nuevamente por ser el cálculo del primer periodo y no se cuenta con una segunda suavización exponencial anterior tenemos que  $S'_{Junio} = X_{Mayo} = 17 \text{ muestras}$ .

Sustituyendo,

$$S'_{Julio} = (0.2)(17.2) + (1 - 0.2)(17)$$

$$S'_{Julio} = 17.04$$

Una vez obtenidos los valores de las dos suavizaciones para el mes de Julio se utilizarán para calcular el valor de los factores adicionales de ajuste.

Factores adicionales de ajuste

$$\left\{ \begin{array}{l} a_t = 2S_t - S'_t \\ b_t = \alpha \left( \frac{S_t - S'_t}{1 - \alpha} \right) \end{array} \right.$$

$$a_t = 2(17.2) - 17.04 = 17.36$$

$$b_t = 0.2 \left( \frac{17.2 - 17.04}{1 - 0.2} \right) = 0.04$$

Por último, sustituimos en la ecuación final para obtener el pronóstico de muestras perteneciente a Julio de 2012.

$$P_{Julio} = a_{Julio} + b_{Julio}m \quad (2.16)$$

$$P_{Julio} = 17.36 + (0.04)(1)$$

$$P_{Julio} = 17 \text{ muestras}$$

Para el mes de Julio de 2012 se ha pronosticado que se necesitarán 17 muestras de un determinado colorante mediante la suavización exponencial doble, si bien el resultado es 17.4 se redondea el número a 17 muestras.

#### **3.2.4 Método 4 promedio móvil doble**

El cuarto método a utilizar es promedio móvil doble que como ya se ha explicado consisten en la suavización de datos observados en un lapso de tiempo y está dado por la ecuación 2.11 de este trabajo, tal y como se mencionó en el apartado anterior en ocasiones las tendencias respecto a las muestras que los clientes necesitan cambian con el tiempo. Sin embargo, no es sencillo predecir que muestras serán las más requeridas en el futuro debido a su gran variedad, por ese motivo se ha decidido utilizar el promedio móvil doble en este trabajo pues si existiera una tendencia en incremento o decremento en algún tipo de muestra de las solicitudes durante 2012 este método arrojaría buenos resultados.

Es importante recordar que la importancia de elegir el método de pronóstico más exacto radica en que de esa forma se podrá determinar el tamaño óptimo de inventario de muestras de los distintos tipos de colorantes analizados en este trabajo.

A continuación se realizará un cálculo del método, a modo de ejemplo, haciendo el pronóstico para Julio de 2012 tal y como se hizo en el apartado anterior. Cabe mencionar que para este trabajo es posible utilizar el promedio móvil doble gracias a que se disponen de valores históricos de todo el año 2012 pues se requieren de varios periodos atrás para aplicarlo.

El primer paso es calcular el promedio móvil simple del mes de Julio de 2012 y para poder obtener el segundo promedio móvil es necesario obtener el primer promedio de los meses Abril, Mayo y Junio. Para ello necesitamos la cantidad de muestras solicitadas durante los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Junio de 2012.

$$X_{Enero} = 13 \text{ muestras}$$

$$X_{Febrero} = 20 \text{ muestras}$$

$$X_{Marzo} = 25 \text{ muestras}$$

$$X_{Abril} = 15 \text{ muestras}$$

$$X_{Mayo} = 17 \text{ muestras}$$

$$X_{Junio} = 18 \text{ muestras}$$

$$n = 3$$

$$M_{Julio} = \left( \frac{15+17+18}{3} \right) = 16.7$$

Con estos datos es posible sustituirlos en la ecuación del promedio móvil simple.

$$M_{Abril} = \left( \frac{13+20+25}{3} \right) = 19.33$$

$$M_{\text{Mayo}} = \left( \frac{20+25+15}{3} \right) = 20$$

$$M_{\text{Junio}} = \left( \frac{25+15+17}{3} \right) = 19$$

Con los promedios móviles simples de Abril, Mayo y Junio obtenemos el promedio móvil doble para el mes de Julio.

$$M'_{\text{Julio}} = \left( \frac{19.33+20+19}{3} \right) = 19.44$$

El siguiente paso es calcular los factores de ajuste con los valores de las suavizaciones obtenidas.

Factores adicionales de ajuste

$$\left\{ \begin{array}{l} a_t = 2M_t - M'_t \\ b_t = 2 \left( \frac{M_t - M'_t}{n-1} \right) \end{array} \right.$$

$$a_t = 2(16.7) - 19.44 = 13.96$$

$$b_t = 2 \left( \frac{16.7 - 19.44}{3 - 1} \right) = -1.37$$

Ahora ya es posible realizar el pronóstico de promedio móvil doble para el mes de Julio mediante la ecuación 2.12.

$$P_{t+m} = a_t + b_t m \quad (2.12)$$

$$P_{\text{Julio}} = (13.96) + (-1.37)(0.5)$$

$$P_{\text{Julio}} = 13.2 \text{ muestras} = 13 \text{ muestras}$$

Es importante mencionar que en este trabajo tanto para el método de promedio móvil simple como para el doble se utilizará un valor de  $n=3$ , es decir se utilizará el promedio de tres datos históricos para calcular el pronóstico siguiente. Este criterio se toma en base a lo reportado en la literatura, donde se señala que un promedio de 3 periodos para pronosticar el siguiente valor nos brinda un seguimiento más cercano a la tendencia que se esté presentando. [19]

Para tener un adecuado manejo de los valores de frecuencia de consumo de muestras se integrará una base de datos compuesta por cinco distintos tipos de colorantes manejados por la compañía en base a sus propiedades, dichos colorantes son colorantes sintéticos, colorantes naturales, lacas, dispersiones y oleorresinas. Con los datos de estas cinco familias se llevarán a cabo los cálculos de pronóstico aplicando los cuatro métodos de pronósticos descritos anteriormente, con el objetivo de determinar cuál es el tipo de pronóstico más exacto para cada especie de colorante. En el siguiente subcapítulo se detallará como está constituida esta base de datos y su aplicación.

### **3.3 Base de datos**

Para el uso de los cuatro métodos de pronósticos es necesario contar con una base de datos sobre las muestras que fueron requeridas en un lapso de tiempo. Como se mencionó antes, para efectos de este trabajo se utilizarán datos sobre las muestras requeridas por los clientes para poder pronosticar de Junio del 2012 a Mayo de 2013. Es importante mencionar que este lapso de tiempo está dividido en meses es decir se cuentan con 12 periodos en los cuales se registraron la cantidad de muestras que fueron requeridas por parte de los clientes para después ser comparados con el consumo real de muestras para estos mismos periodos y de esa manera determinar que método de pronóstico de inventario es más certero.

Con el objetivo de establecer un orden en los resultados de este trabajo nuestra base de datos está dividida en los distintos tipos de colorantes manejados por la compañía. Como se mencionó en otro apartado, el catálogo disponible para los clientes contiene 400 colorantes y cada uno de ellos pertenece a una categoría en función de su origen (colorantes sintéticos o naturales) y de sus propiedades (pH, solubilidad, estabilidad a la temperatura, sensibilidad a la luz, tamaño de partícula, tipo de base para su aplicación). En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los colorantes que se producen en la empresa, dicha clasificación es la establecida en el área de Calidad.

**Tabla No.3 Clasificación de colorantes solicitada por los clientes. Fuente: Propia**

<b>TIPO DE COLORANTE</b>
<b>Colorantes sintéticos</b>
<b>Colorantes naturales</b>
<b>Colorantes en lacas</b>
<b>Colorantes en dispersiones</b>
<b>Colorantes en oleorresinas y aceites</b>

La frecuencia con la que fueron solicitadas las muestras de los colorantes antes clasificados se observan en las siguientes tablas.

**Tabla No.4 Frecuencia sintéticos**

Sintéticos	
Mes	Frecuencia
Ene-12	64
Feb-12	37
Mar-12	33
Abr-12	57
May-12	40
Jun-12	35
Jul-12	49
Ago-12	39
Sep-12	51
Oct-12	39
Nov-12	41
Dic-12	44
Ene-13	42
Feb-13	37
Mar-13	39
Abr-13	43
May-13	39

**Tabla No.5 Frecuencia naturales**

Naturales	
Mes	Frecuencia
Ene-12	10
Feb-12	27
Mar-12	32
Abr-12	23
May-12	27
Jun-12	26
Jul-12	24
Ago-12	22
Sep-12	35
Oct-12	37
Nov-12	26
Dic-12	23
Ene-13	25
Feb-13	20
Mar-13	14
Abr-13	23
May-13	22

**Tabla No.6 Frecuencia lacas**

Lacas	
Mes	Frecuencia
Ene-12	13
Feb-12	20
Mar-12	25
Abr-12	15
May-12	17
Jun-12	18
Jul-12	12
Ago-12	9
Sep-12	23
Oct-12	15
Nov-12	17
Dic-12	14
Ene-13	10
Feb-13	12
Mar-13	17
Abr-13	20
May-13	13

**Tabla No.7 Frecuencia dispersiones**

Dispersiones	
Mes	Frecuencia
Ene-12	3
Feb-12	0
Mar-12	7
Abr-12	9
May-12	5
Jun-12	4
Jul-12	3
Ago-12	1
Sep-12	3
Oct-12	6
Nov-12	5
Dic-12	7
Ene-13	0
Feb-13	6
Mar-13	6
Abr-13	0
May-13	7

**Tabla No. 8 Frecuencia oleos y aceites**

Oleos y aceites	
Mes	Frecuencia
Ene-12	18
Feb-12	20
Mar-12	17
Abr-12	8
May-12	13
Jun-12	7
Jul-12	6
Ago-12	5
Sep-12	5
Oct-12	15
Nov-12	10
Dic-12	6
Ene-13	14
Feb-13	6
Mar-13	6
Abr-13	5
May-13	12

Como se mencionó, con las tablas de frecuencia de muestras consumidas fue posible realizar pronósticos aplicando los cuatro métodos elegidos para los periodos señalados y subsecuentes para cada tipo de colorante. Cabe señalar que aunque estas tablas se datan cifras desde Enero de 2012 los pronósticos de inventarios se realizarán a partir de Mayo de 2012, mientras que los datos anteriores a esta fecha fueron utilizados para aplicar los métodos pues algunos de ellos requieren el uso de cifras anteriores al periodo a pronosticar.

Es importante mencionar que para cumplir con el objetivo de este trabajo los promedios de error cuadrado medio no deben ser mayores al valor de 50 pues esto quiere decir que el error simple será cercano al valor de 7, siendo esto producto de restar el valor real menos el valor pronosticado y es esta diferencia la que nos indica si el método a utilizar es el ideal, es importante señalar que el valor de 7 se fijó en base a las políticas de calidad del

departamento (Sistema de Gestión de Muestras), donde se señala que se acepta hasta un 10% de error en el tamaño de inventario de muestras. Esto nos garantiza tener una certidumbre aceptable al momento de calcular el tamaño de inventario.

Un punto más a tomar en cuenta será la columna de nivel de muestras en inventario, dicha columna será posible calcularla tomando en cuenta la cantidad de muestras pronosticadas para un periodo. Si dicho nivel de muestras es lo suficientemente grande como para cumplir con la demanda y a su vez existe un remanente de éstas, se tomarán en cuenta para el siguiente periodo y con esto se garantiza el poder cumplir con la demanda por parte de los clientes a excepción de que dicha demanda sea lo suficientemente grande. En la empresa se sabe que el departamento de calidad guarda una determinada cantidad de muestras de retención cuando libera un producto, en situaciones de emergencia es posible que calidad pueda surtir un máximo de 5 frascos tomando el colorante de las muestras de retención con ello es posible poder cumplirle a la demanda de los clientes de forma inmediata si en los resultados se llegará a presentar la situación de que la cantidad de muestras solicitadas por parte de los clientes es lo suficientemente grande como para no poder cubrirla con las muestras en inventario.

En el siguiente capítulo se expondrán los resultados de aplicar los cuatro métodos a los cinco tipos de colorantes y se elegirá el más adecuado.

## Capítulo 4. Resultados

En este capítulo se mostrarán los resultados de haber aplicado los métodos de pronósticos a los cinco tipos de colorantes en un periodo de Junio de 2012 a Mayo de 2013. Una vez realizados los pronósticos y sean recabados los valores reales se hará una comparación mediante el análisis de los porcentajes de error que cada uno haya registrado, con base a estos errores se determinará cual es el mejor método para calcular el tamaño de inventario, a su vez también se realizará el cálculo del nivel de muestras en el inventario a lo largo de los periodos convenidos tal y como se detalló en la metodología. Adicionalmente, una vez elegido el método más exacto para cada colorante se realizará el pronóstico de tamaño de inventario para el segundo semestre de 2013.

### 4.1 Pronósticos para dispersiones

a) Promedio móvil simple

L		3			
MES	FRECUENCIA	PRONÓSTICO	ERROR	ERROR <sup>2</sup>	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
mar-12	7	-	-	-	-
abr-12	9	-	-	-	-
may-12	5	-	-	-	-
jun-12	4	7	-3.00	9.00	3
jul-12	3	6	-3.00	9.00	6
ago-12	1	4	-3.00	9.00	9
sep-12	3	3	0.33	0.11	9
oct-12	6	2	3.67	13.44	5
nov-12	5	3	1.67	2.78	3
dic-12	7	5	2.33	5.44	1
ene-13	0	6	-6.00	36.00	7
feb-13	6	4	2.00	4.00	5
mar-13	6	4	1.67	2.78	3
abr-13	0	4	-4.00	16.00	7
may-13	7	4	3.00	9.00	4
				9.71	MSE

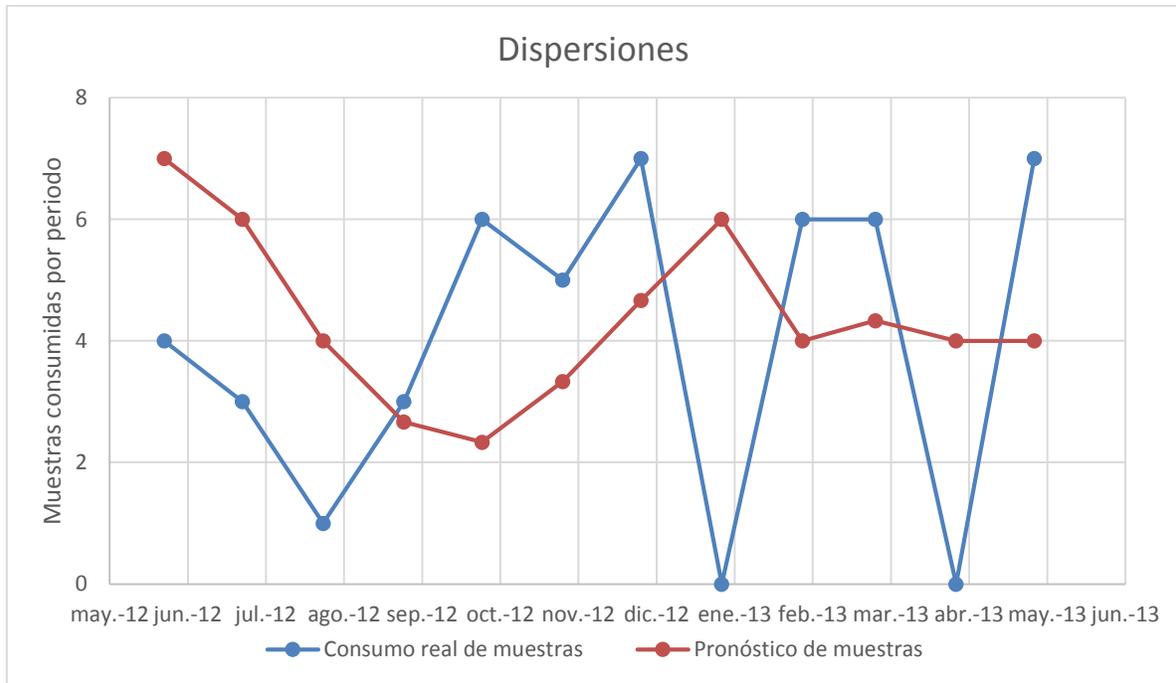


Grafico No.1. Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de dispersiones

b) Suavización exponencial simple

$\alpha$ 0.2					
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-12	5	-	-	-	-
jun-12	4	5	-1.00	1.00	1
jul-12	3	5	-1.80	3.24	3
ago-12	1	4	-3.44	11.83	6
sep-12	3	4	-0.75	0.57	7
oct-12	6	4	2.40	5.75	5
nov-12	5	4	0.92	0.84	4
dic-12	7	4	2.73	7.48	1
ene-13	0	5	-4.81	23.16	6
feb-13	6	4	2.15	4.62	4
mar-13	6	4	1.72	2.96	2
abr-13	0	5	-4.62	21.38	7
may-13	7	4	3.30	10.90	4
				7.81	MSE

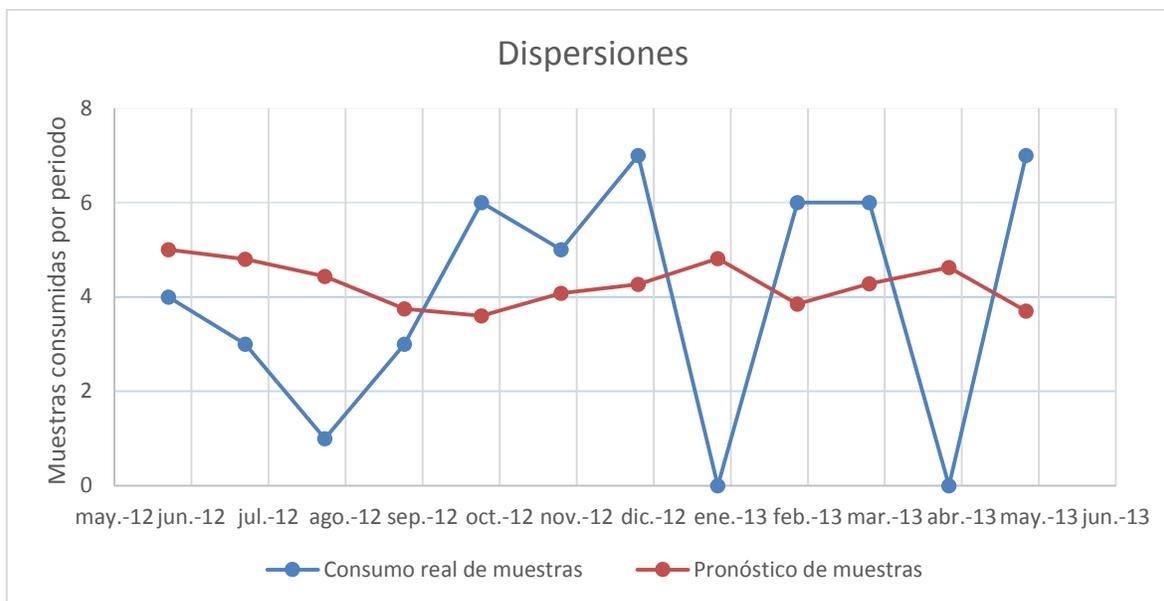


Grafico No.2. Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de dispersiones

c) Promedio móvil doble

MES	m 0.5		2da suavización	a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
	Frecuencia	1er suavización							
ene-12	3	-	-	-	-	-	-	-	-
feb-12	0	-	-	-	-	-	-	-	-
mar-12	7	1.5	-	-	-	-	-	-	-
abr-12	9	3.33	-	-	-	-	-	-	-
may-12	5	5.3	-	-	-	-	-	-	-
jun-12	4	7.0	3.4	10.6	3.6	12	-8.42	70.84	8
jul-12	3	6.0	5.2	6.8	0.8	7	-4.17	17.36	12
ago-12	1	4.0	6.1	1.9	-2.1	1	0.17	0.03	12
sep-12	3	2.7	5.7	-0.3	-3.0	-2	4.83	23.36	7
oct-12	6	2.3	4.2	0.4	-1.9	-1	6.50	42.25	1
nov-12	5	3.3	3.0	3.7	0.3	4	1.17	1.36	0
dic-12	7	4.7	2.8	6.6	1.9	8	-0.50	0.25	1
ene-13	0	6.0	3.4	8.6	2.6	10	-9.83	96.69	11
feb-13	6	4.0	4.7	3.3	-0.7	3	3.00	9.00	8
mar-13	6	4.3	4.9	3.8	-0.6	4	2.50	6.25	6
abr-13	0	4.0	4.8	3.2	-0.8	3	-2.83	8.03	9
may-13	7	4.0	4.1	3.9	-0.1	4	3.17	10.03	6
								23.79	MSE

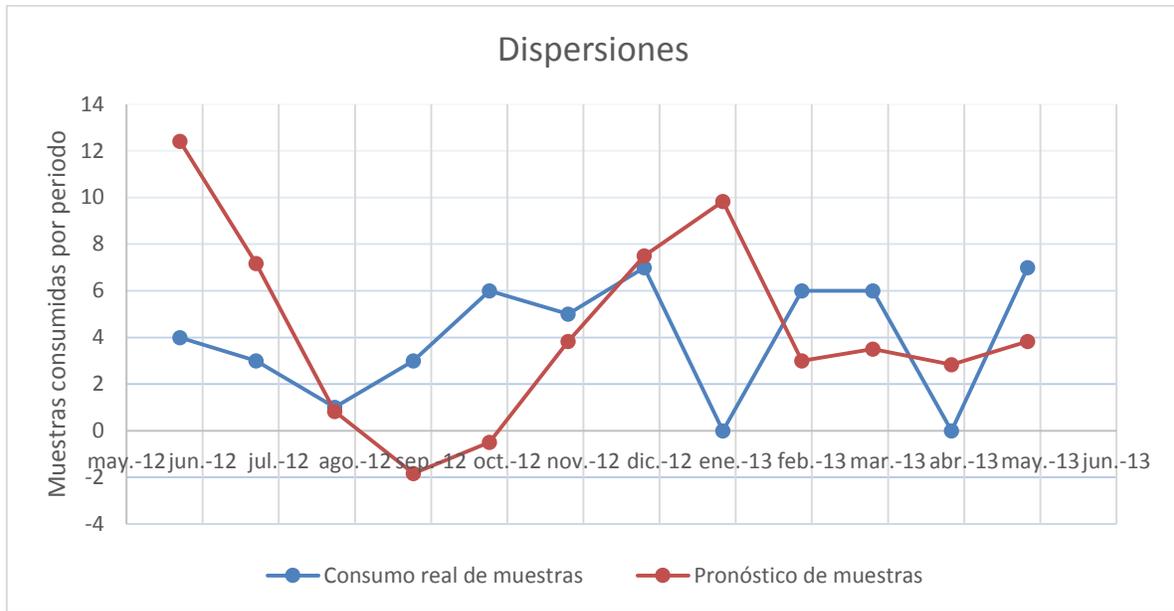


Grafico No.3. Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de dispersiones

d) Suavización exponencial doble

$\alpha$	0.2	m		1					
MES	0	1er suavización	2da suavización	a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR <sup>2</sup>	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-12	5	5.0	5.0	5.0	0.0	-	-	-	-
jun-12	4	4.8	5.0	4.6	0.0	5	-1.0	1.0	1
jul-12	3	4.4	4.9	4.0	-0.1	5	-1.6	2.6	3
ago-12	1	3.8	4.6	2.9	-0.2	4	-2.9	8.5	6
sep-12	3	3.6	4.4	2.8	-0.2	3	0.4	0.1	6
oct-12	6	4.1	4.4	3.8	-0.1	3	3.4	11.8	3
nov-12	5	4.3	4.3	4.2	0.0	4	1.3	1.6	2
dic-12	7	4.8	4.4	5.2	0.1	4	2.8	8.0	-1
ene-13	0	3.8	4.3	3.4	-0.1	5	-5.3	27.9	4
feb-13	6	4.3	4.3	4.2	0.0	3	2.7	7.5	1
mar-13	6	4.6	4.4	4.9	0.1	4	1.8	3.1	-1
abr-13	0	3.7	4.2	3.2	-0.1	5	-4.9	24.4	4
may-13	7	4.4	4.3	4.5	0.0	3	4.0	15.8	0
								9.4	MSE

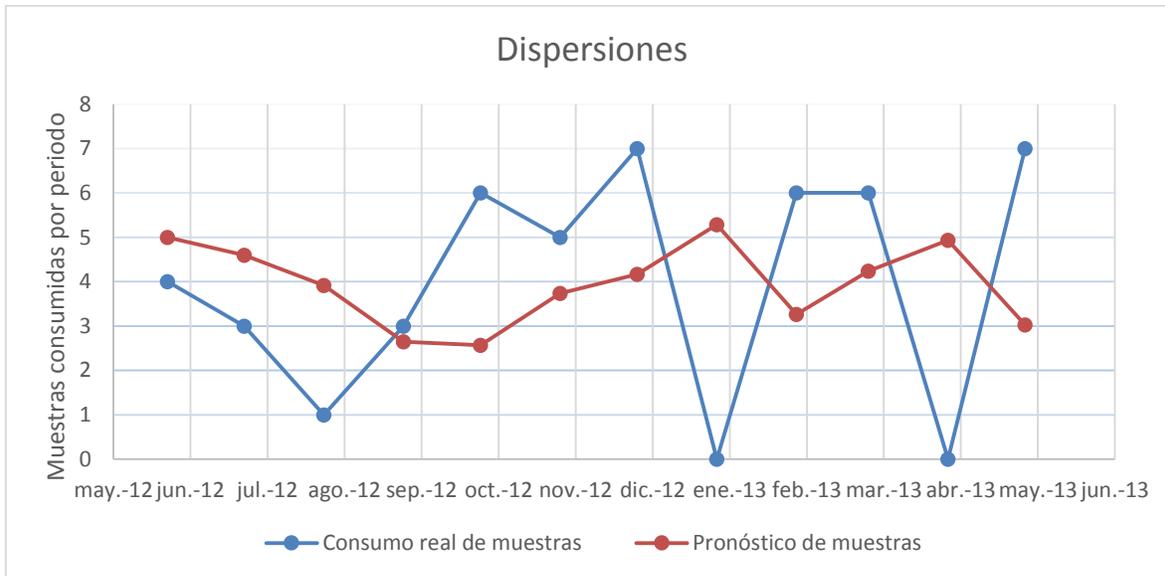


Grafico No.4. Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de dispersiones

Tras haber aplicado los cuatro métodos de pronósticos para dispersiones podemos resumir los resultados en la siguiente tabla.

Tabla No. 9 Comparativa de MSE para dispersiones

Método de pronóstico	Promedio error cuadrado (MSE)
Promedio móvil simple	9.71
Suavización exponencial simple	7.81
Promedio móvil doble	23.79
Suavización exponencial doble	9.4

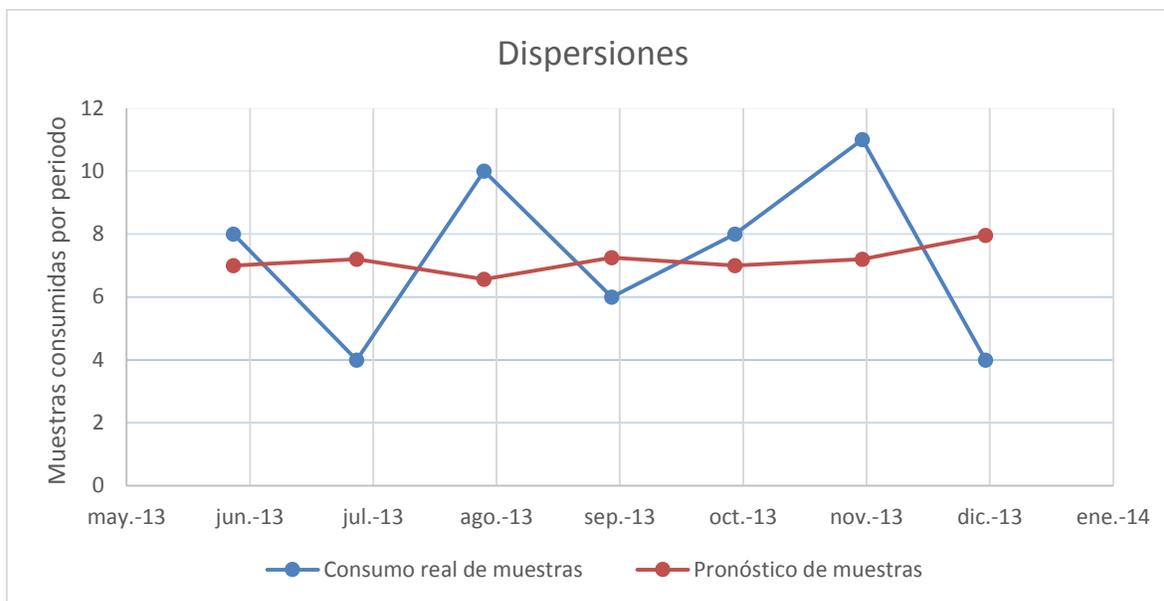
El método más exacto fue la suavización exponencial simple seguido de la suavización exponencial doble, ambos métodos funcionan mejor con patrones donde los datos se mantienen con cierta estacionalidad. Si se observan las gráficas No.2 y No.4 el número de muestras oscila entre 3 y 5 muestras, que por espacio físico en el almacén es un número aceptable. Además de que en ambos métodos se arrojan valores de promedios de error bajos, al analizar los niveles de muestras de inventario encontraremos que para el método de suavización exponencial simple durante ningún periodo se registran valores negativos de muestras en los niveles de inventario lo que nos indica que no habrá escasez de

muestras habiendo siempre un remanente pudiendo responder de forma efectiva la demanda de los clientes.

Por otro lado, de acuerdo al comportamiento de los métodos de promedio móvil doble y promedio móvil simple (gráficas No. 1 y 3), si bien el porcentaje de error no es mayor al fijado, es posible concluir que la estimación del tamaño de inventario no se ajusta a la demanda real presentando una menor certidumbre respecto a los dos métodos mencionados anteriormente en este trabajo. Al analizar el gráfico No.3 correspondiente al método de promedio móvil doble, podemos ver pronósticos negativos a lo largo de los periodos de Septiembre y Octubre del año 2012, esto únicamente nos indica que para estos periodos no es necesario surtir muestras al inventario, es decir con el inventario generado en los periodos anteriores se puede surtir la demanda, sin embargo para continuar con los cálculos registraremos niveles de cero muestras.

Como se había dicho al inicio de este capítulo adicionalmente se calcularía el pronóstico para el segundo semestre del año 2013 con el método que haya dado mejores resultados y en este caso se aplicó suavización exponencial simple para pronosticar el número de muestras a surtir, para mantener el inventario del mes de Junio a Diciembre de 2013.

$\alpha$ 0.2					
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR <sup>2</sup>	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-13	7	-	-	-	2
jun-13	8	7	1.00	1.00	1
jul-13	4	7	-3.20	10.24	4
ago-13	10	7	3.44	11.83	1
sep-13	6	7	-1.25	1.56	2
oct-13	8	7	1.00	1.00	1
nov-13	11	7	3.80	14.45	-3
dic-13	4	8	-3.96	15.67	1
				7.97	MSE



**Grafico No.5. Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de dispersiones segundo semestre de 2013**

Como podemos ver en el cuadro de resultados se ha obtenido un promedio de error cuadrado de solo 7.97 siendo este un resultado aceptable, aunque si observamos el nivel de inventario de muestras a lo largo de los periodos veremos que para el periodo de Noviembre existe una cifra negativa esto significa que en teoría para este periodo no se alcanzaría a cubrir la demanda de muestras de dispersiones por parte de los clientes. En este punto es importante resaltar que cuando en la empresa surgen peticiones de muestras por parte de los clientes y no se encuentran en el inventario, el departamento de calidad tiene una capacidad de respuesta de entrega de muestras en el mismo día siempre y cuando la cantidad solicitada no exceda la cantidad de cinco muestras ya que en caso contrario el tiempo de entrega tarda varios días.

Dicho lo anterior, dado que el periodo donde el máximo de muestras faltantes es de tres es posible atender esta demanda de forma oportuna, haciendo que este método sea el ideal para los colorantes del tipo dispersión.

## 4.2 Pronósticos lacas

a) Promedio móvil simple

L		3			
MES	Frecuencia	PRONÓSTICO	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
mar-12	25	-	-	-	-
abr-12	15	-	-	-	-
may-12	17	-	-	-	-
jun-12	18	19	-1.00	1.00	1
jul-12	12	17	-4.67	21.78	6
ago-12	9	16	-6.67	44.44	13
sep-12	23	13	10.00	100.00	3
oct-12	15	15	0.33	0.11	3
nov-12	17	16	1.33	1.78	2
dic-12	14	18	-4.33	18.78	6
ene-13	10	15	-5.33	28.44	11
feb-13	12	14	-1.67	2.78	13
mar-13	17	12	5.00	25.00	8
abr-13	20	13	7.00	49.00	1
may-13	13	16	-3.33	11.11	4
				25.35	MSE

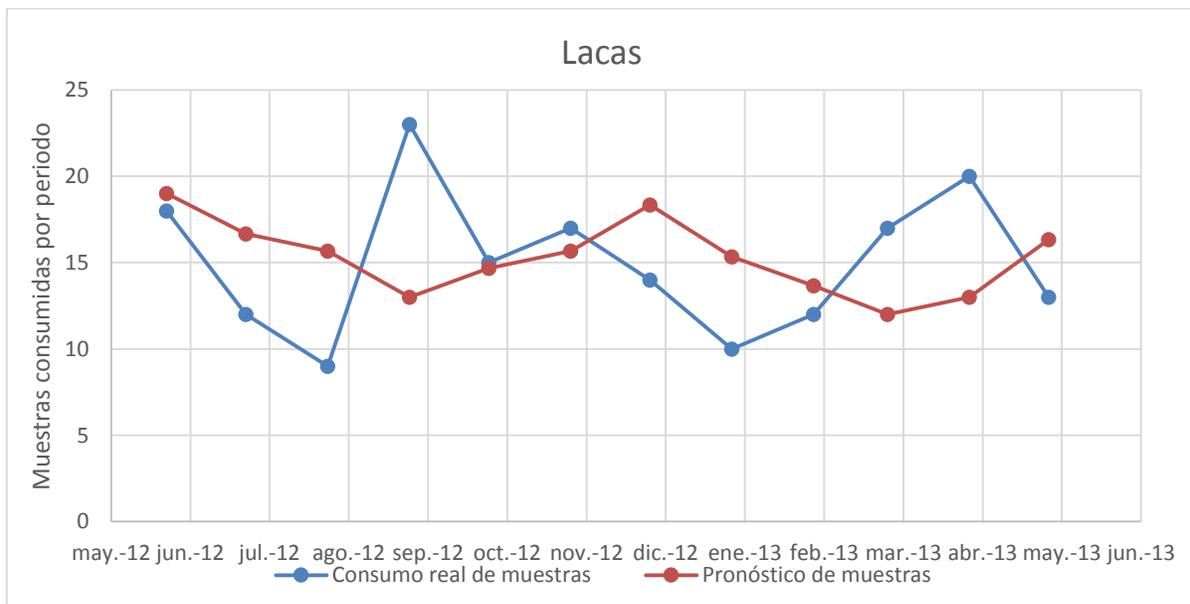


Gráfico No.6. Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de lacas

b) Suavización exponencial simple

α		0.2			
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-12	17				-
jun-12	18	17	1.00	1.00	-1
jul-12	12	17	-5.20	27.04	4
ago-12	9	16	-7.16	51.27	11
sep-12	23	15	8.27	68.43	3
oct-12	15	16	-1.38	1.91	4
nov-12	17	16	0.89	0.80	1
dic-12	14	16	-2.28	5.22	3
ene-13	10	16	-5.83	33.96	9
feb-13	12	15	-2.66	7.09	12
mar-13	17	14	2.87	8.24	9
abr-13	20	15	5.30	28.05	4
may-13	13	16	-2.76	7.63	7
				20.05	MSE

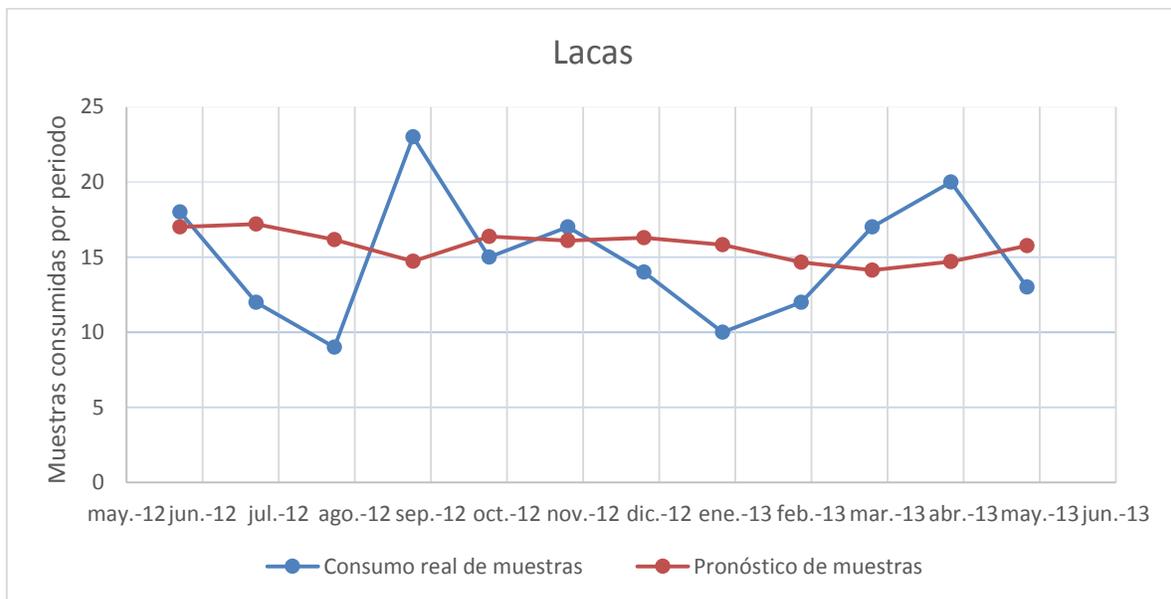


Gráfico No.7. Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de lacas

c) Promedio móvil doble

MES	m 0.5		a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO	
	Frecuencia	1er suavización							2da suavización
ene-12	13	-	-	-	-	-	-	-	
feb-12	20	-	-	-	-	-	-	-	
mar-12	25	16.5	-	-	-	-	-	-	
abr-12	15	19.33	-	-	-	-	-	-	
may-12	17	20.0	-	-	-	-	-	-	
jun-12	18	19.0	18.6	19.4	0.4	20	-1.58	2.51	2
jul-12	12	16.7	19.4	13.9	-2.8	13	-0.50	0.25	3
ago-12	9	15.7	18.6	12.8	-2.9	11	-2.33	5.44	5
sep-12	23	13.0	17.1	8.9	-4.1	7	16.17	261.36	-11
oct-12	15	14.7	15.1	14.2	-0.4	14	1.00	1.00	-12
nov-12	17	15.7	14.4	16.9	1.2	18	-0.50	0.25	-11
dic-12	14	18.3	14.4	22.2	3.9	24	-10.17	103.36	-1
ene-13	10	15.3	16.2	14.4	-0.9	14	-4.00	16.00	3
feb-13	12	13.7	16.4	10.9	-2.8	10	2.50	6.25	1
mar-13	17	12.0	15.8	8.2	-3.8	6	10.67	113.78	-10
abr-13	20	13.0	13.7	12.3	-0.7	12	8.00	64.00	-18
may-13	13	16.3	12.9	19.8	3.4	22	-8.50	72.25	-9
							53.87	MSE	

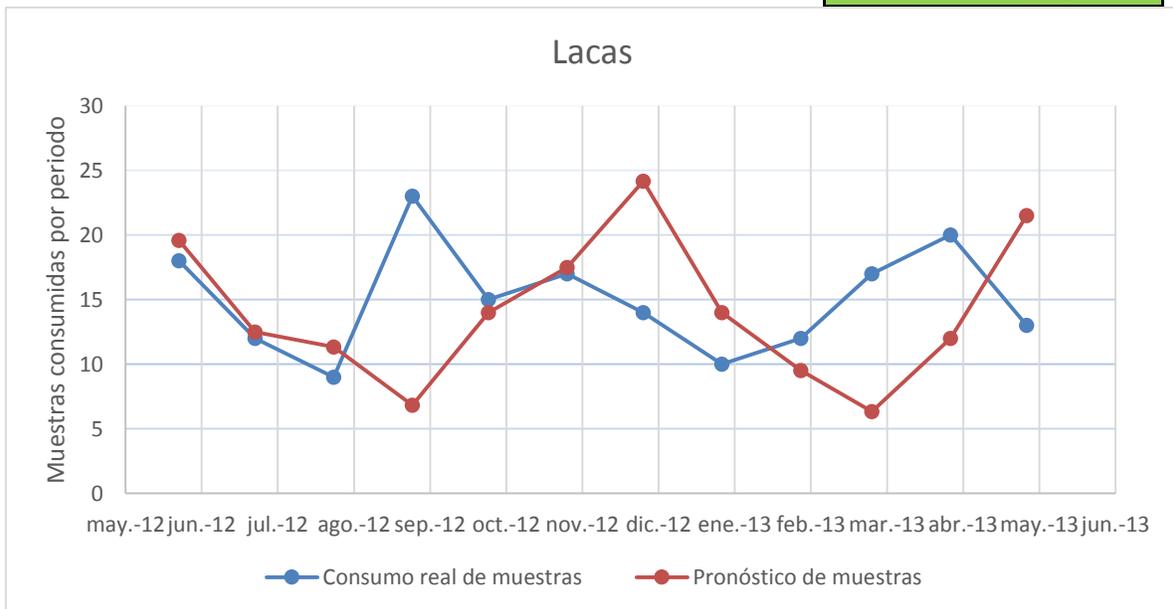


Gráfico No.8. Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de lacas

d) Suavización exponencial doble

$\alpha$	0.2	m	1							
MES	Frecuencia	1er suavización	2da suavización	a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR <sup>2</sup>	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO	
may-12	17	17.0	17.0	17.0	0.0	-	-	-	-	
jun-12	18	17.2	17.0	17.4	0.0	17	1.0	1.0	-1	
jul-12	12	16.2	16.9	15.5	-0.2	17	-5.4	29.2	4	
ago-12	9	14.7	16.4	13.0	-0.4	15	-6.3	39.4	10	
sep-12	23	16.4	16.4	16.3	0.0	13	10.4	108.3	0	
oct-12	15	16.1	16.4	15.8	-0.1	16	-1.3	1.8	1	
nov-12	17	16.3	16.3	16.2	0.0	16	1.2	1.5	0	
dic-12	14	15.8	16.2	15.4	-0.1	16	-2.2	4.9	2	
ene-13	10	14.7	15.9	13.4	-0.3	15	-5.3	28.2	7	
feb-13	12	14.1	15.6	12.7	-0.4	13	-1.1	1.2	8	
mar-13	17	14.7	15.4	14.0	-0.2	12	4.7	21.8	3	
abr-13	20	15.8	15.5	16.1	0.1	14	6.2	37.9	-3	
may-13	13	15.2	15.4	15.0	-0.1	16	-3.1	9.8	0	
								23.7	MSE	

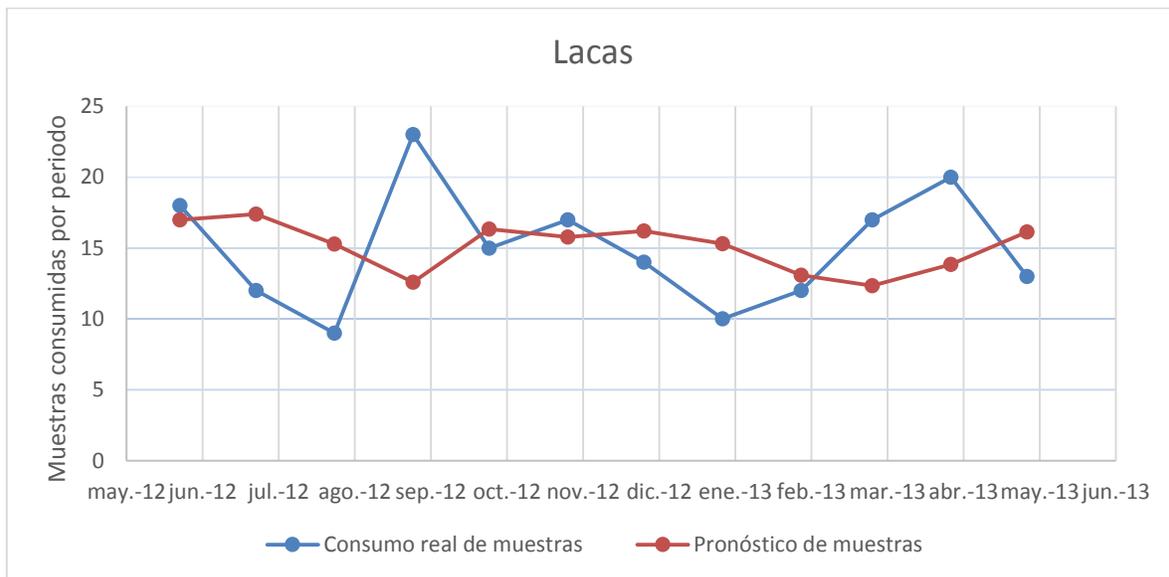


Gráfico No.9. Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de lacas

Tal y como se hizo que en el caso anterior, se presenta un cuadro comparativo de promedio de errores cuadrados para los cuatro métodos de pronósticos aplicados a colorantes del tipo laca.

**Tabla No. 10 Comparativa de MSE para lacas**

<b>Método de pronóstico</b>	<b>Promedio error cuadrado (MSE)</b>
<b>Promedio móvil simple</b>	25.35
<b>Suavización exponencial simple</b>	20.05
<b>Promedio móvil doble</b>	53.87
<b>Suavización exponencial doble</b>	23.7

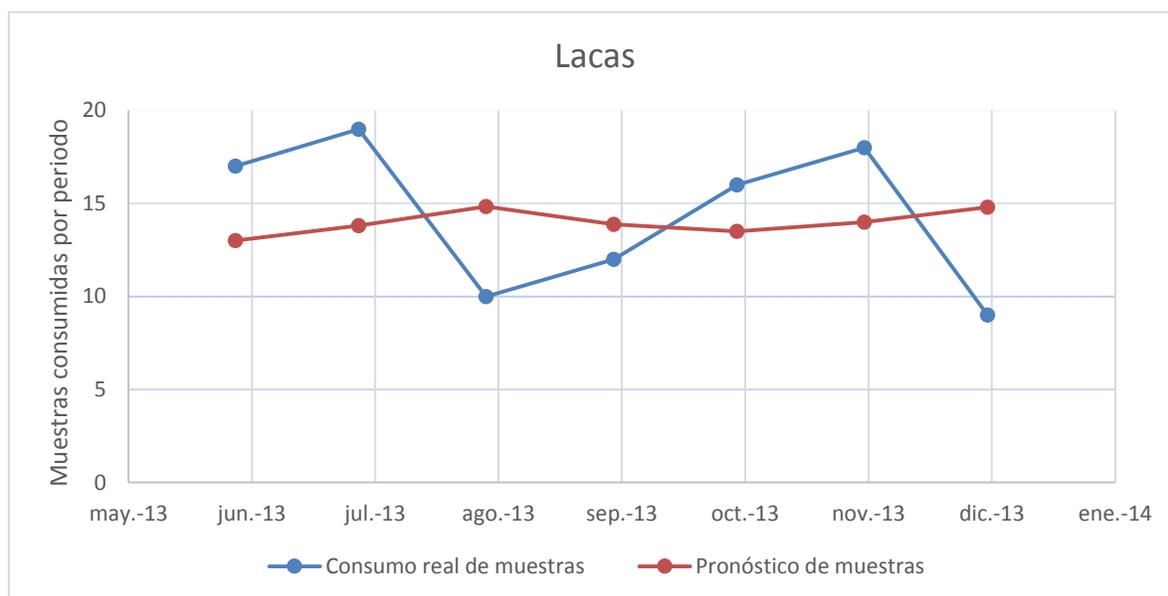
El método que arroja el promedio de error cuadrado más bajo es el de suavización exponencial simple, seguido por un margen mínimo de la suavización exponencial doble. Al observar los niveles de muestras en inventario con el método de suavización exponencial simple observaremos que solo en el periodo de Junio de 2012 existe un desabasto en la cantidad de muestras de colorante respecto a la demanda, sin embargo como ya se ha mencionado el departamento de calidad puede surtir la muestra el mismo día por tratarse de menos de 5 muestras las requeridas.

Mientras que al hacer el mismo ejercicio para el método de promedio móvil simple veremos que en ningún periodo tendremos inventarios en cero pero habrá un excedente de muestras, ya que habrá meses donde habrá hasta 13 muestras extras siendo esto innecesario tomando en cuenta que algunas de estas muestras caducan pronto y que el objetivo de este trabajo también es evitar inventarios excesivos. Por ello es posible concluir que el mejor método para lacas es la suavización exponencial simple.

Mientras que el método con el margen de error más grande es el promedio móvil doble con un valor de 53.87, dejando esta cifra fuera de los límites de error establecidos para este trabajo además de que registra niveles de inventario negativos en varios meses.

A continuación se realizará el pronóstico para el segundo semestre de 2013 con el método de suavización exponencial simple el cual tuvo la menor incertidumbre.

$\alpha$ 0.2					
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-13	13	-	-	-	6
jun-13	17	13	4.00	16.00	2
jul-13	19	14	5.20	27.04	-3
ago-13	10	15	-4.84	23.43	2
sep-13	12	14	-1.87	3.50	4
oct-13	16	13	2.50	6.26	1
nov-13	18	14	4.00	16.02	-3
dic-13	9	15	-5.80	33.62	3
				17.98	MSE



**Gráfico No.10. Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de lacas segundo semestre de 2013**

Como podemos observar en el gráfico No. 10 la tendencia de muestras pronosticadas para el segundo semestre de 2013 oscilan entre 13 y 15 muestras arrojando un promedio de error de 17.98, al igual que en el caso anterior con las dispersiones se obtienen niveles de

inventario negativos en dos periodos pero que no mermarían la capacidad de respuesta de muestras a los clientes si consideramos que el departamento de calidad podría surtirnos de forma inmediata un máximo de cinco muestras en cada periodo.

### 4.3 Pronósticos de colorantes naturales

a) Promedio móvil simple

L 3					
MES	Frecuencia	PRONÓSTICO	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
mar-12	32	-	-	-	-
abr-12	23	-	-	-	-
may-12	27	-	-	-	-
jun-12	26	27	-1.33	1.78	1
jul-12	24	25	-1.33	1.78	3
ago-12	22	26	-3.67	13.44	7
sep-12	35	24	11.00	121.00	-4
oct-12	37	27	10.00	100.00	-14
nov-12	26	31	-5.33	28.44	-9
dic-12	23	33	-9.67	93.44	1
ene-13	25	29	-3.67	13.44	5
feb-13	20	25	-4.67	21.78	10
mar-13	14	23	-8.67	75.11	19
abr-13	23	20	3.33	11.11	16
may-13	22	19	3.00	9.00	13
				40.86	MSE

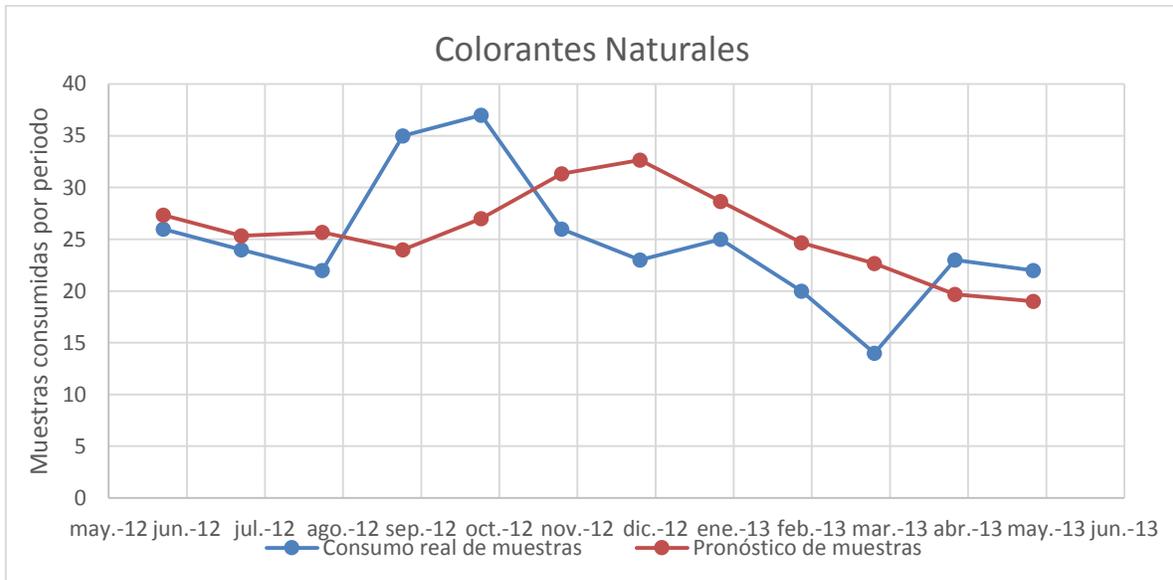
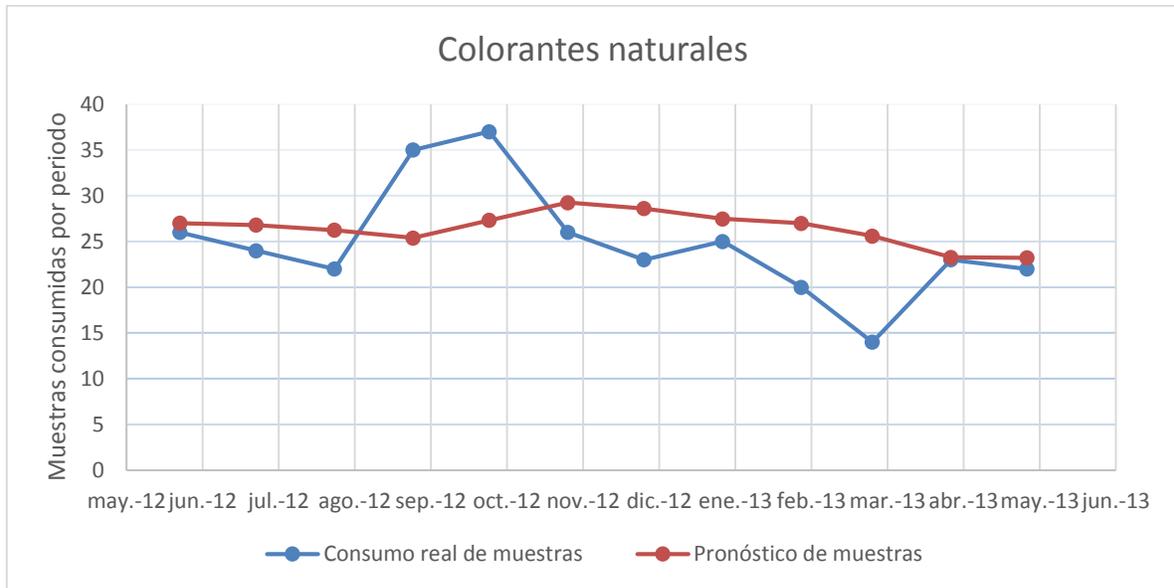


Gráfico No.11. Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de colorantes naturales

b) Suavización exponencial simple

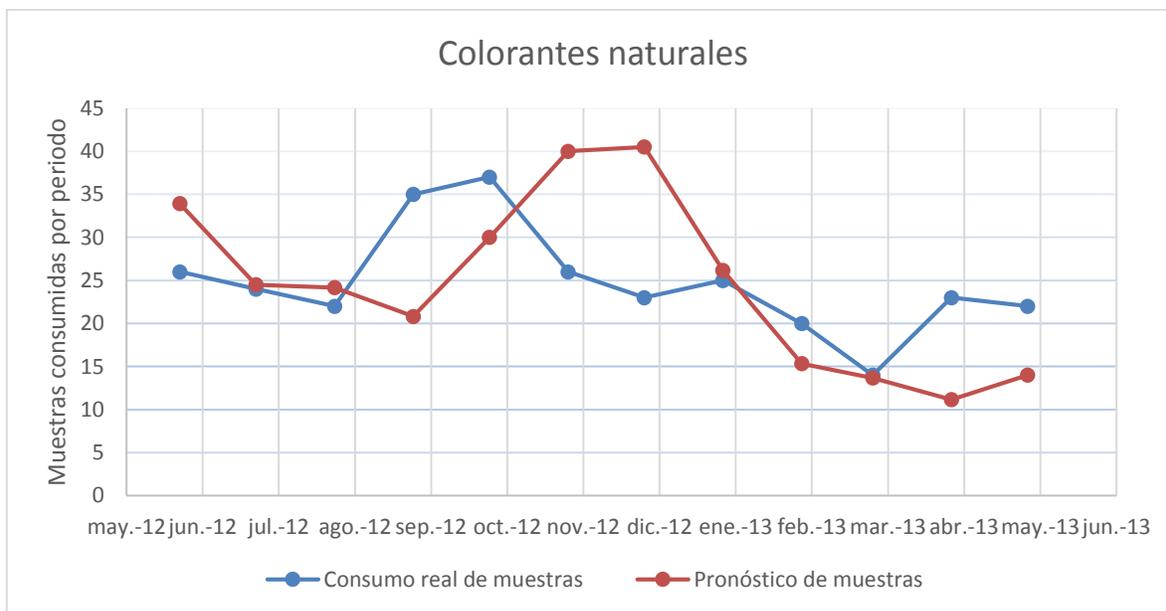
$\alpha$ 0.2					
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR <sup>2</sup>	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-12	27	-	-	-	-
jun-12	26	27	-1.00	1.00	1
jul-12	24	27	-2.80	7.84	4
ago-12	22	26	-4.24	17.98	8
sep-12	35	25	9.61	92.31	-2
oct-12	37	27	9.69	93.83	-12
nov-12	26	29	-3.25	10.57	-9
dic-12	23	29	-5.60	31.37	-3
ene-13	25	27	-2.48	6.15	-1
feb-13	20	27	-6.98	48.78	6
mar-13	14	26	-11.59	134.27	18
abr-13	23	23	-0.27	0.07	18
may-13	22	23	-1.22	1.48	19
				37.14	MSE



**Gráfico No.12. Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de colorantes naturales**

c) Promedio móvil doble

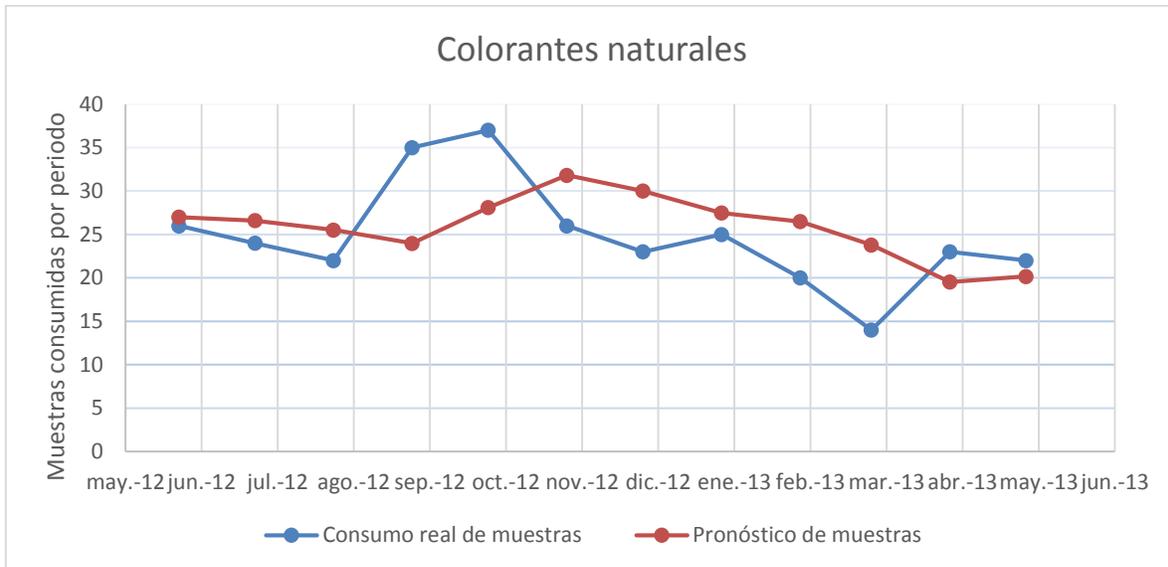
MES	m		2da suavización	a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
	Frecuencia	0.5 1er suavización							
ene-12	10	-	-	-	-	-	-	-	-
feb-12	27	-	-	-	-	-	-	-	-
mar-12	32	18.5	-	-	-	-	-	-	-
abr-12	23	23.00	-	-	-	-	-	-	-
may-12	27	27.3	-	-	-	-	-	-	-
jun-12	26	27.3	22.9	31.7	4.4	34	-7.92	62.67	8
jul-12	24	25.3	25.9	24.8	-0.6	25	-0.50	0.25	9
ago-12	22	25.7	26.7	24.7	-1.0	24	-2.17	4.69	11
sep-12	35	24.0	26.1	21.9	-2.1	21	14.17	200.69	-3
oct-12	37	27.0	25.0	29.0	2.0	30	7.00	49.00	-10
nov-12	26	31.3	25.6	37.1	5.8	40	-14.00	196.00	4
dic-12	23	32.7	27.4	37.9	5.2	41	-17.50	306.25	22
ene-13	25	28.7	30.3	27.0	-1.7	26	-1.17	1.36	23
feb-13	20	24.7	30.9	18.4	-6.2	15	4.67	21.78	18
mar-13	14	22.7	28.7	16.7	-6.0	14	0.33	0.11	18
abr-13	23	19.7	25.3	14.0	-5.7	11	11.83	140.03	6
may-13	22	19.0	22.3	15.7	-3.3	14	8.00	64.00	-2
								87.24	MSE



**Gráfico No.13. Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de colorantes naturales**

d) Suavización exponencial doble

$\alpha$ 0.2		m 1							
MES	Frecuencia	1er suavización	2da suavización	a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR <sup>2</sup>	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-12	27	27.0	27.0	27.0	0.0	-	-	-	-
jun-12	26	26.8	27.0	26.6	0.0	27	-1.0	1.0	1
jul-12	24	26.2	26.8	25.7	-0.1	27	-2.6	6.8	4
ago-12	22	25.4	26.5	24.3	-0.3	26	-3.5	12.4	8
sep-12	35	27.3	26.7	27.9	0.2	24	11.0	121.7	-3
oct-12	37	29.3	27.2	31.3	0.5	28	8.9	79.3	-12
nov-12	26	28.6	27.5	29.7	0.3	32	-5.8	33.8	-6
dic-12	23	27.5	27.5	27.5	0.0	30	-7.0	49.0	1
ene-13	25	27.0	27.4	26.6	-0.1	27	-2.5	6.2	3
feb-13	20	25.6	27.0	24.2	-0.4	26	-6.5	42.1	9
mar-13	14	23.3	26.3	20.3	-0.8	24	-9.8	95.9	19
abr-13	23	23.2	25.7	20.8	-0.6	20	3.5	12.1	16
may-13	22	23.0	25.1	20.8	-0.5	20	1.8	3.4	14
								38.6	MSE



**Gráfico No.14. Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de colorantes naturales**

**Tablas No. 11 Comparativa de MSE para colorantes naturales**

Método de pronóstico	Promedio error cuadrado (MSE)
Promedio móvil simple	40.86
Suavización exponencial simple	37.14
Promedio móvil doble	87.24
Suavización exponencial doble	38.6

A diferencia de los colorantes anteriores, los colorantes naturales presentan una tendencia variable de muestras que va desde 14 hasta 37 muestras a lo largo de los periodos, produciendo errores más altos en los pronósticos si se comparan con los cálculos anteriores. Sin embargo, a excepción del promedio móvil doble los valores de error del resto de los métodos de pronóstico están dentro del intervalo fijado por el departamento, siendo la suavización exponencial simple el método con menor incertidumbre con un valor de 37.14.

Si se observa el nivel de muestras en inventario para colorantes naturales y el gráfico No. 12 es posible identificar que si bien todos los pronósticos son positivos es decir, que en todos los periodos se deben de surtir una determinada cantidad de muestras, veremos

que en Octubre y Noviembre de 2012 no fueron suficientes pues un incremento en la demanda provocó un déficit de 11 y 8 muestras respectivamente, siendo esta cantidad alta para poder responder a la demanda de forma inmediata en estos periodos. Para situaciones como esta, las muestras faltantes se surtirían en un pedido que tardaría de 3 a 5 días. A pesar de ello, este método resulta ser el que mejores resultados otorga de los cuatro aplicados en este trabajo, a continuación se presentan los resultados para el segundo semestre de 2013.

α		0.2			
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-13	22	-	-	-	20
jun-13	26	22	4.00	16.00	16
jul-13	24	23	1.20	1.44	15
ago-13	29	23	5.96	35.52	9
sep-13	35	24	10.77	115.95	-2
oct-13	37	26	10.61	112.67	-13
nov-13	25	29	-3.51	12.31	-9
dic-13	19	28	-8.81	77.56	0
				53.06	MSE

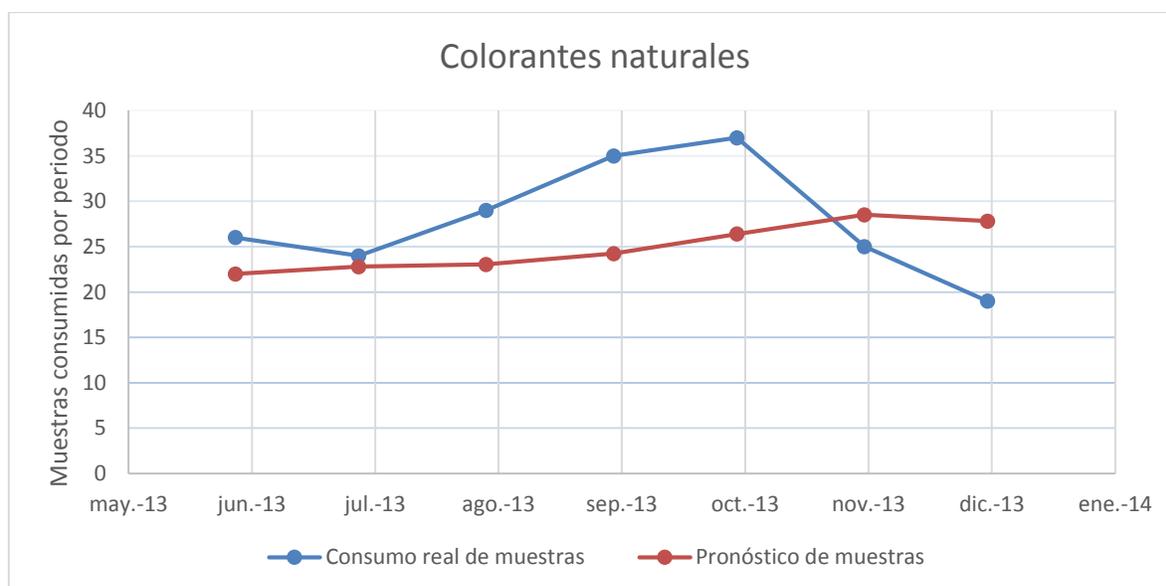


Gráfico No.15. Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de colorantes naturales segundo semestre de 2013

En el gráfico No.15 se observa que el consumo de muestras durante el segundo semestre de 2013 oscila entre las 19 y 37 muestras produciendo un error de 53.06, causado principalmente por la variación en la demanda de muestras que este tipo de colorante presentó durante el año, si revisamos el nivel de muestras en inventario para Octubre de 2013 no se podría cubrir la demanda de muestras en su totalidad. Se puede concluir que la variación de muestras de colorantes naturales a lo largo de los periodos ocasiona que en general los métodos de pronósticos arrojen valores de error alto siendo el método de suavización exponencial simple el más acorde.

#### 4.4 Pronósticos colorantes sintéticos

##### a) Promedio móvil simple

L		3			
MES	Frecuencia	PRONÓSTICO	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
mar-12	33	-	-	-	-
abr-12	57	-	-	-	-
may-12	40	-	-	-	-
jun-12	35	43	-8.33	69.44	8
jul-12	49	44	5.00	25.00	3
ago-12	39	41	-2.33	5.44	5
sep-12	51	41	10.00	100.00	-5
oct-12	39	46	-7.33	53.78	2
nov-12	41	43	-2.00	4.00	4
dic-12	44	44	0.33	0.11	4
ene-13	42	41	0.67	0.44	3
feb-13	37	42	-5.33	28.44	8
mar-13	39	41	-2.00	4.00	10
abr-13	43	39	3.67	13.44	6
may-13	39	40	-0.67	0.44	7
				25.38	MSE

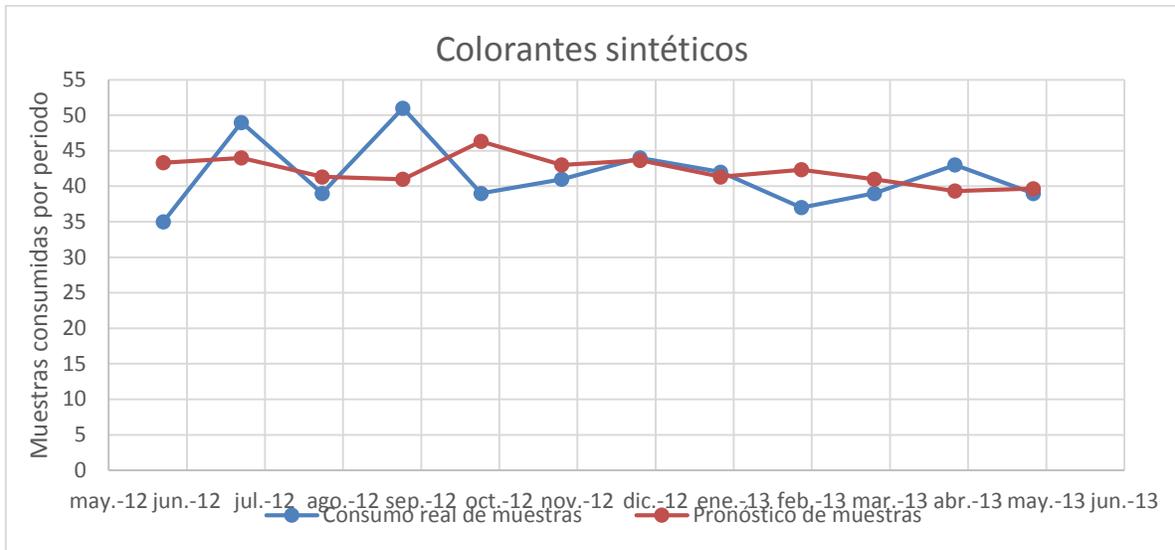
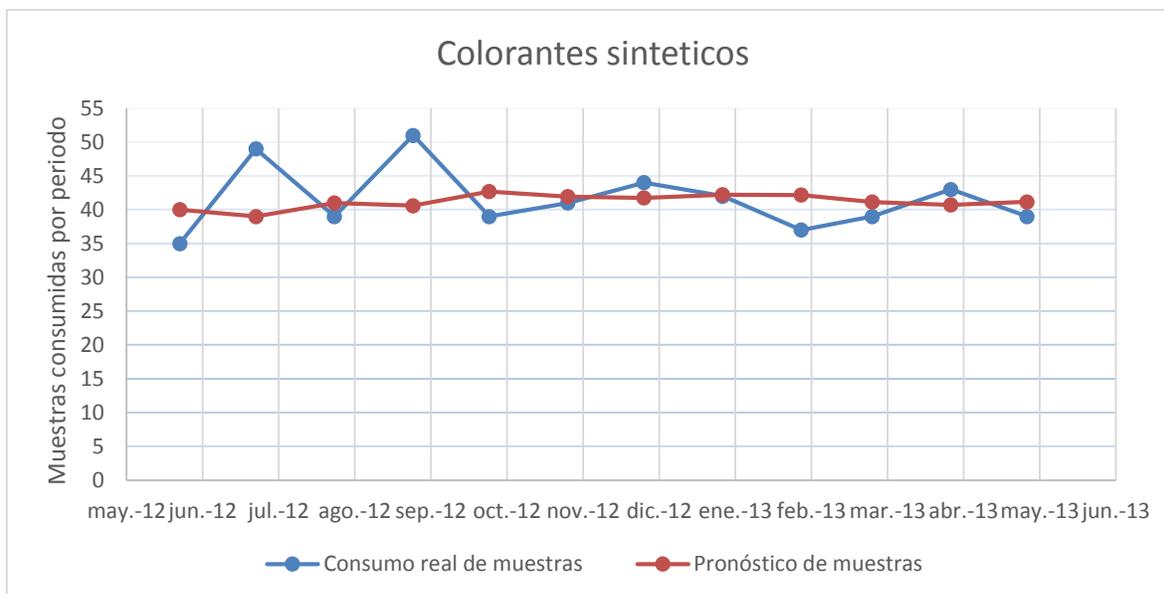


Gráfico No.16. Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de colorantes sintéticos

b) Suavización exponencial simple

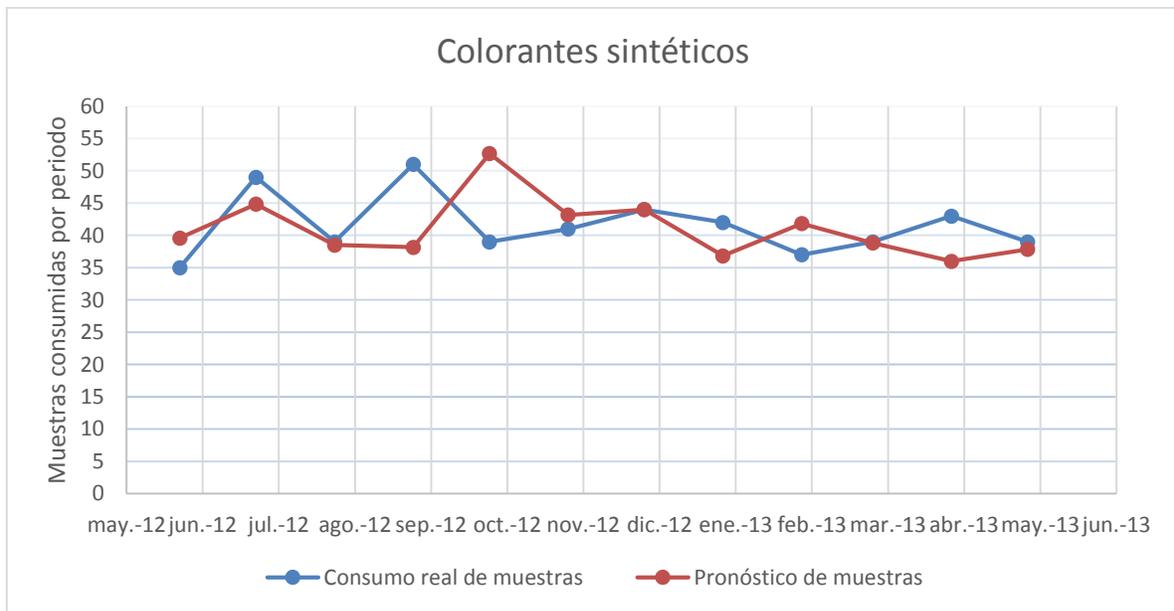
$\alpha$ 0.2					
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR <sup>2</sup>	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-12	40	-	-	-	-
jun-12	35	40	-5.00	25.00	5
jul-12	49	39	10.00	100.00	-5
ago-12	39	41	-2.00	4.00	-3
sep-12	51	41	10.40	108.16	-13
oct-12	39	43	-3.68	13.54	-9
nov-12	41	42	-0.94	0.89	-8
dic-12	44	42	2.24	5.04	-10
ene-13	42	42	-0.20	0.04	-10
feb-13	37	42	-5.16	26.66	-5
mar-13	39	41	-2.13	4.54	-3
abr-13	43	41	2.30	5.27	-5
may-13	39	41	-2.16	4.68	-3
				24.82	MSE



**Gráfico No.17. Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de colorantes sintéticos**

c) Promedio móvil doble

MES	m 0.5		2da suavización	a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
	Frecuencia	1er suavización							
ene-12	64	-	-	-	-	-	-	-	-
feb-12	37	-	-	-	-	-	-	-	-
mar-12	33	50.5	-	-	-	-	-	-	-
abr-12	57	44.67	-	-	-	-	-	-	-
may-12	40	42.3	-	-	-	-	-	-	-
jun-12	35	43.3	45.8	40.8	-2.5	40	-4.58	21.01	5
jul-12	49	44.0	43.4	44.6	0.6	45	4.17	17.36	1
ago-12	39	41.3	43.2	39.4	-1.9	39	0.50	0.25	1
sep-12	51	41.0	42.9	39.1	-1.9	38	12.83	164.69	-12
oct-12	39	46.3	42.1	50.6	4.2	53	-13.67	186.78	2
nov-12	41	43.0	42.9	43.1	0.1	43	-2.17	4.69	4
dic-12	44	43.7	43.4	43.9	0.2	44	0.00	0.00	4
ene-13	42	41.3	44.3	38.3	-3.0	37	5.17	26.69	-1
feb-13	37	42.3	42.7	42.0	-0.3	42	-4.83	23.36	4
mar-13	39	41.0	42.4	39.6	-1.4	39	0.17	0.03	4
abr-13	43	39.3	41.6	37.1	-2.2	36	7.00	49.00	-3
may-13	39	39.7	40.9	38.4	-1.2	38	1.17	1.36	-4
								41.27	MSE



**Gráfico No.18. Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de colorantes sintéticos**

d) Suavización exponencial doble

$\alpha$	0.2	m		1		a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR <sup>2</sup>	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
MES	Frecuencia	1er suavización	2da suavización								
may-12	40	40.0	40.0	40.0	0.0	-	-	-	-	-	-
jun-12	35	39.0	39.8	38.2	-0.2	40	-5.0	25.0	5		
jul-12	49	41.0	40.0	42.0	0.2	38	11.0	121.0	-6		
ago-12	39	40.6	40.2	41.0	0.1	42	-3.2	10.2	-3		
sep-12	51	42.7	40.7	44.7	0.5	41	9.8	96.8	-13		
oct-12	39	41.9	40.9	43.0	0.3	45	-6.2	38.5	-7		
nov-12	41	41.8	41.1	42.4	0.2	43	-2.2	5.0	-5		
dic-12	44	42.2	41.3	43.1	0.2	43	1.4	2.0	-6		
ene-13	42	42.2	41.5	42.8	0.2	43	-1.3	1.8	-5		
feb-13	37	41.1	41.4	40.9	-0.1	43	-6.0	36.2	1		
mar-13	39	40.7	41.3	40.1	-0.1	41	-1.8	3.2	3		
abr-13	43	41.2	41.2	41.1	0.0	40	3.0	9.0	0		
may-13	39	40.7	41.1	40.3	-0.1	41	-2.1	4.2	2		
										29.4	MSE

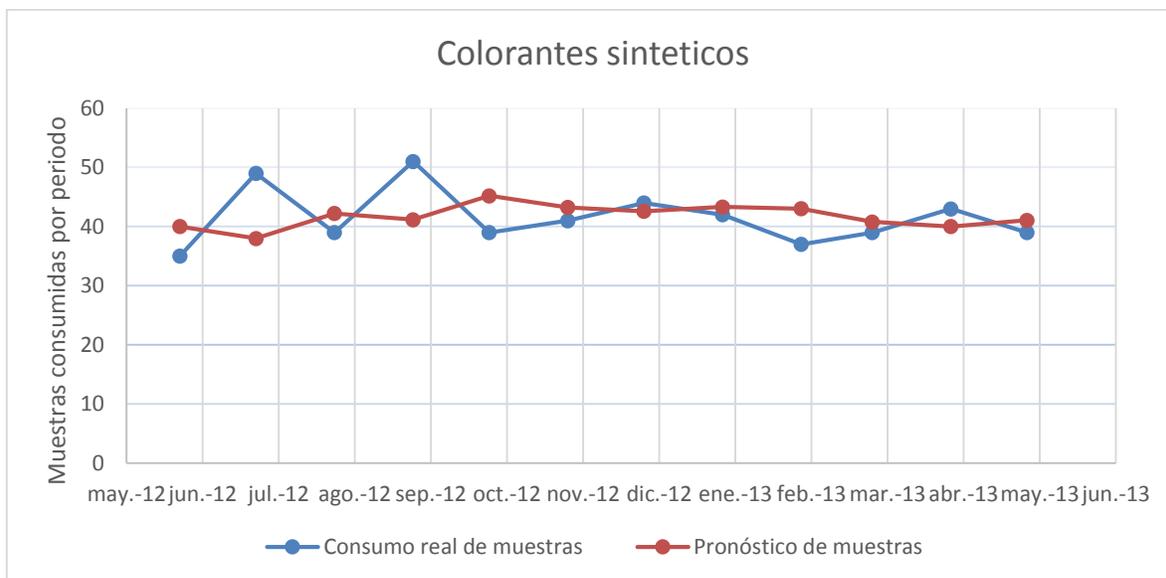


Gráfico No.19. Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de colorantes sintéticos

Tabla No. 12 Comparativa de MSE para colorantes sintéticos

Método de pronóstico	Promedio error cuadrado (MSE)
Promedio móvil simple	25.38
Suavización exponencial simple	24.82
Promedio móvil doble	41.27
Suavización exponencial doble	29.4

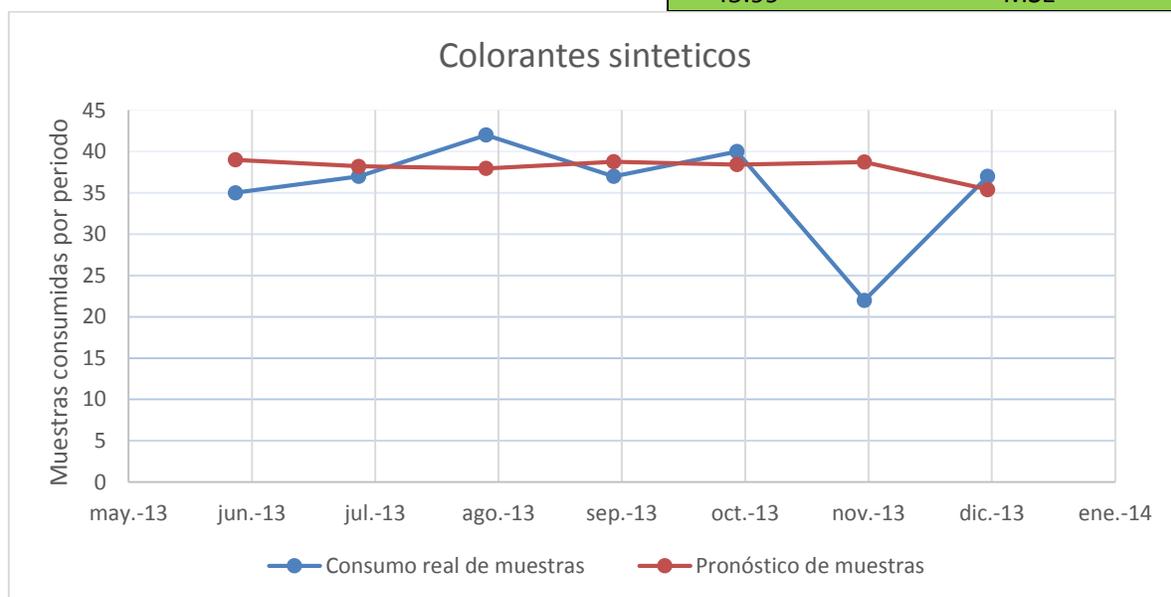
En la Tabla No.12 se puede apreciar que la suavización exponencial simple es el método más exacto al generar el menor error cuadrado con un 24.82, mientras que el promedio móvil doble ha producido el error más grande con un 41.27 quedando cerca del límite permisible.

Para los colorantes sintéticos con ningún método se obtuvieron pronósticos negativos, lo que indica que en todos los periodos será necesario surtir muestras para poder satisfacer la demanda de colorantes. Si se observa el nivel de muestras en inventario notaremos que el método de suavización exponencial simple no es el que mantiene los mejores niveles puesto que existen varios periodos donde la cantidad de muestras pronosticadas no es suficiente existiendo un desabasto de muestras de hasta 13 faltantes.

Por otro lado el método de promedio móvil simple es el que evidentemente es el método más certero y el único que logra satisfacer la demanda de muestras durante todos los periodos, aun cuando para Septiembre de 2012 faltan 5 muestras pues como ya se ha comentado en apartados anteriores este faltante de muestras es posible cubrirlo con las muestras de retención que calidad reserva.

Dicho lo anterior se muestran los resultados de haber pronosticado el segundo semestre de 2013 para colorantes sintéticos con el método de promedio móvil simple acorde a lo establecido de utilizar el método con un error menor.

$\alpha$ 0.2					
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-13	39	-	-	-	-3
jun-13	35	39	-4.00	16.00	1
jul-13	37	38	-1.20	1.44	2
ago-13	42	38	4.04	16.32	-2
sep-13	37	39	-1.77	3.13	0
oct-13	40	38	1.59	2.51	-2
nov-13	22	39	-16.73	279.94	15
dic-13	37	35	1.61	2.61	13
				45.99	MSE



**Gráfico No.20. Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de colorantes sintéticos segundo semestre de 2013**

El promedio de error obtenido es de 45.99 estando dentro del rango establecido, si se analiza el gráfico No. 20 observaremos que en el periodo de Noviembre de 2013 la demanda de colorantes sintéticos cayó drásticamente con una demanda de solo 22 muestras, a pesar de ello el método de suavización exponencial simple garantiza una respuesta pronta de muestras a los clientes pese a que en el periodo de Agosto y Octubre existen niveles negativos de inventario faltando 2 muestras en dichos periodos.

Es posible concluir de este apartado que el método de suavización exponencial simple y el método de promedio móvil simple fueron los mejores métodos de pronósticos para los colorantes sintéticos de acuerdo a las demandas de consumo por parte de los clientes presentadas en 2012 y 2013.

#### 4.5 Pronósticos de aceites y oleorresinas

##### a) Promedio móvil simple

L 3					
MES	Frecuencia	PRONÓSTICO	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
mar-12	17	-	-	-	-
abr-12	8	-	-	-	-
may-12	13	-	-	-	-
jun-12	7	13	-5.67	32.11	6
jul-12	6	9	-3.33	11.11	9
ago-12	5	9	-3.67	13.44	13
sep-12	5	6	-1.00	1.00	14
oct-12	15	5	9.67	93.44	4
nov-12	10	8	1.67	2.78	2
dic-12	6	10	-4.00	16.00	6
ene-13	14	10	3.67	13.44	2
feb-13	6	10	-4.00	16.00	6
mar-13	6	9	-2.67	7.11	9
abr-13	5	9	-3.67	13.44	13
may-13	12	6	6.33	40.11	7
				21.67	MSE

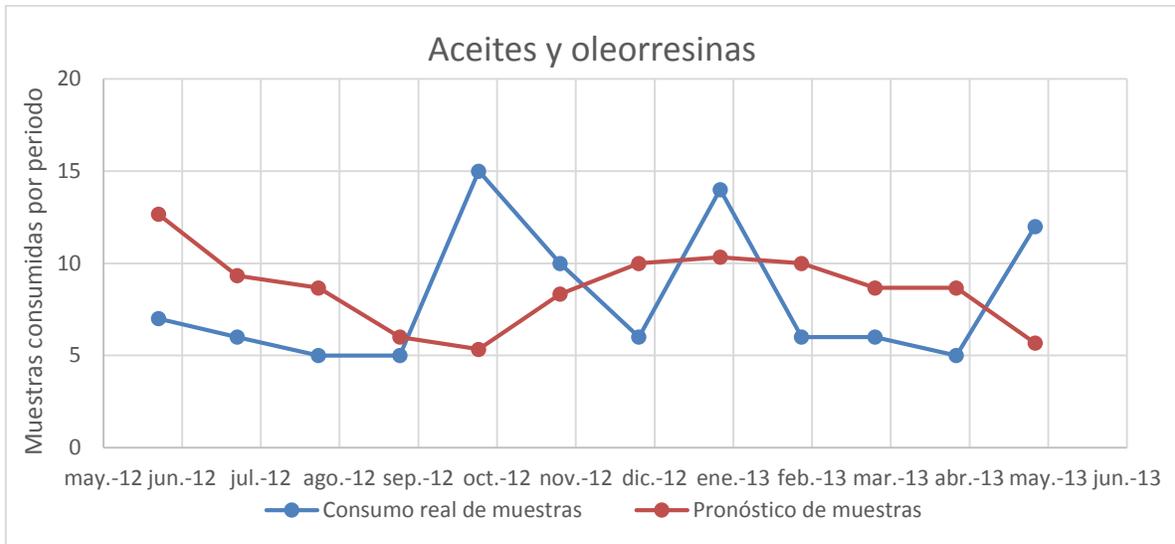
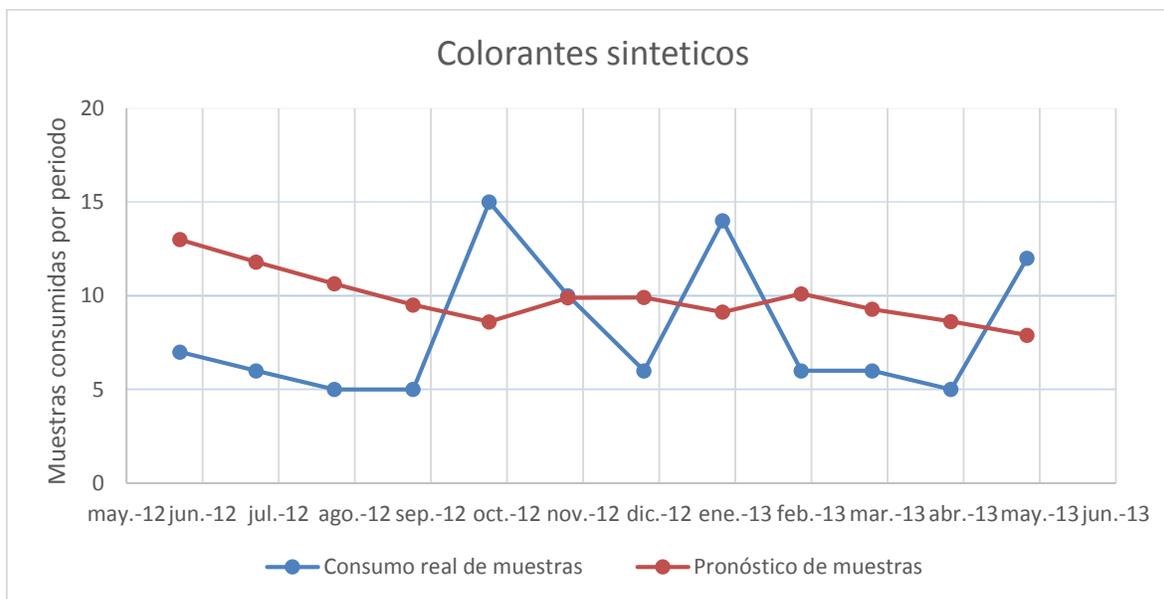


Gráfico No.21. Pronóstico promedio móvil simple vs consumo real de aceites y oleorresinas

b) Suavización exponencial simple

$\alpha$ 0.2					
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-12	13	-	-	-	-
jun-12	7	13	-6.00	36.00	6
jul-12	6	12	-5.80	33.64	12
ago-12	5	11	-5.64	31.81	18
sep-12	5	10	-4.51	20.36	23
oct-12	15	9	6.39	40.84	17
nov-12	10	10	0.11	0.01	17
dic-12	6	10	-3.91	15.29	21
ene-13	14	9	4.87	23.74	16
feb-13	6	10	-4.10	16.83	20
mar-13	6	9	-3.28	10.77	23
abr-13	5	9	-3.63	13.14	27
may-13	12	8	4.10	16.81	23
				21.60	MSE



**Gráfico No.22. Pronóstico suavización exponencial simple vs consumo real de aceites y oleorresinas**

c) Promedio móvil doble

MES	m 0.5		2da suavización	a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
	Frecuencia	1er suavización							
ene-12	18	-	-	-	-	-	-	-	-
feb-12	20	-	-	-	-	-	-	-	-
mar-12	17	19.0	-	-	-	-	-	-	-
abr-12	8	18.33	-	-	-	-	-	-	-
may-12	13	15.0	-	-	-	-	-	-	-
jun-12	7	12.7	17.4	7.9	-4.8	6	1.50	2.25	-2
jul-12	6	9.3	15.3	3.3	-6.0	0	5.67	32.11	-8
ago-12	5	8.7	12.3	5.0	-3.7	3	1.83	3.36	-10
sep-12	5	6.0	10.2	1.8	-4.2	0	5.33	28.44	-15
oct-12	15	5.3	8.0	2.7	-2.7	1	13.67	186.78	-29
nov-12	10	8.3	6.7	10.0	1.7	11	-0.83	0.69	-28
dic-12	6	10.0	6.6	13.4	3.4	15	-9.17	84.03	-19
ene-13	14	10.3	7.9	12.8	2.4	14	0.00	0.00	-19
feb-13	6	10.0	9.6	10.4	0.4	11	-4.67	21.78	-14
mar-13	6	8.7	10.1	7.2	-1.4	7	-0.50	0.25	-13
abr-13	5	8.7	9.7	7.7	-1.0	7	-2.17	4.69	-11
may-13	12	5.7	9.1	2.2	-3.4	1	11.50	132.25	-22
								41.39	MSE

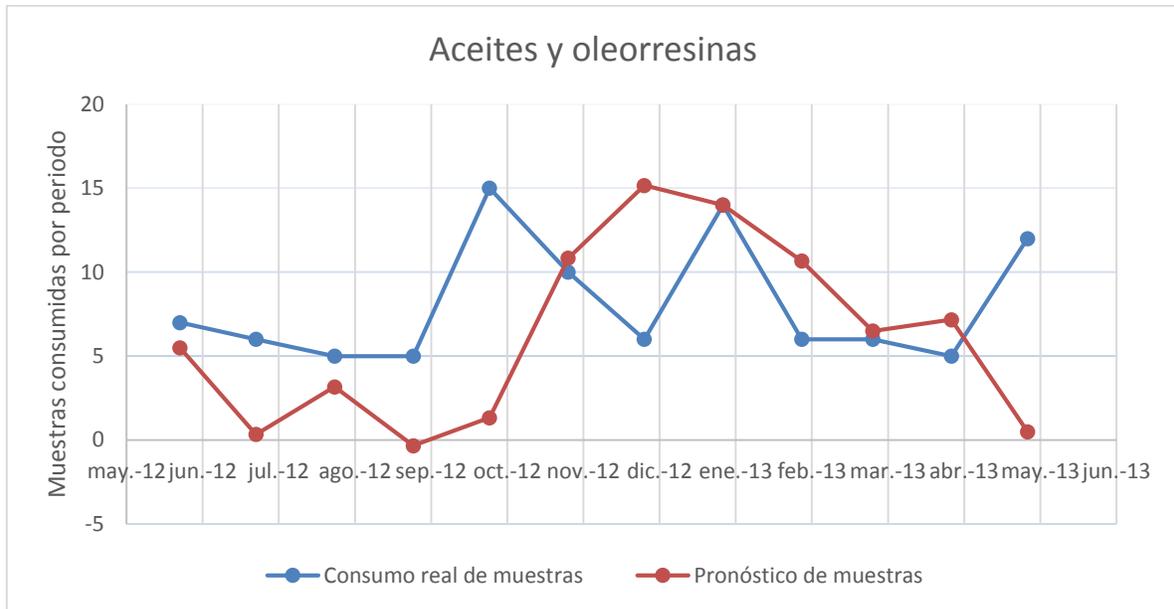
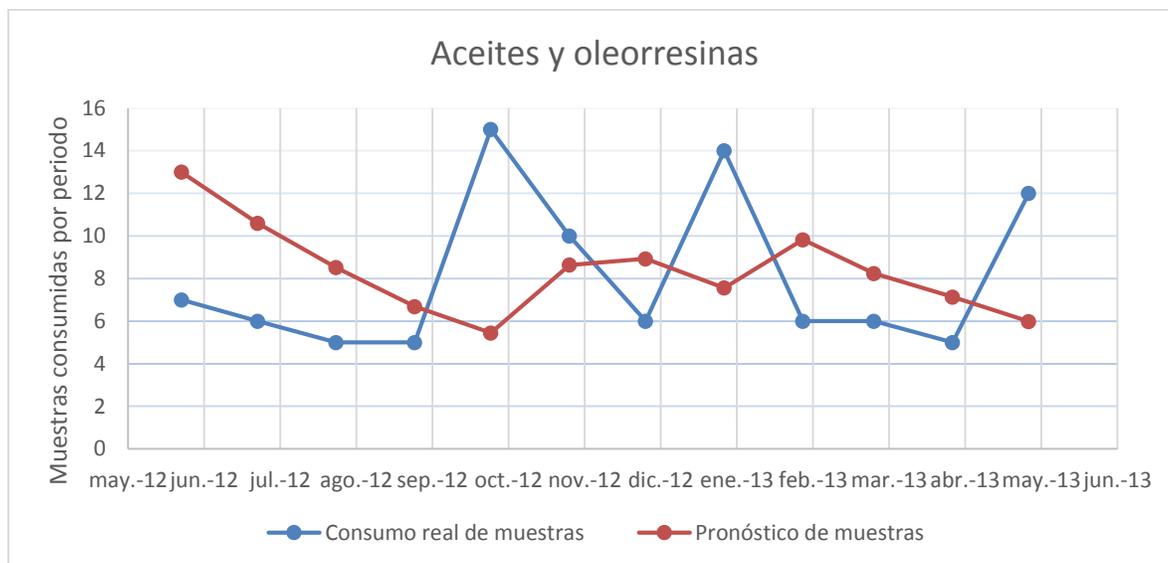


Gráfico No.23. Pronóstico promedio móvil doble vs consumo real de aceites y oleorresinas

d) Suavización exponencial doble

$\alpha$	0.2	m		1						
MES	Frecuencia	1er suavización	2da suavización	a	b	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO	
may-12	13	13.0	13.0	13.0	0.0	-	-	-	-	
jun-12	7	11.8	12.8	10.8	-0.2	13	-6.0	36.0	6	
jul-12	6	10.6	12.3	8.9	-0.4	11	-4.6	21.2	11	
ago-12	5	9.5	11.8	7.3	-0.6	9	-3.5	12.4	15	
sep-12	5	8.6	11.1	6.1	-0.6	7	-1.7	2.8	17	
oct-12	15	9.9	10.9	8.9	-0.3	5	9.6	91.2	7	
nov-12	10	9.9	10.7	9.1	-0.2	9	1.4	1.9	6	
dic-12	6	9.1	10.4	7.9	-0.3	9	-2.9	8.6	9	
ene-13	14	10.1	10.3	9.9	-0.1	8	6.4	41.4	3	
feb-13	6	9.3	10.1	8.4	-0.2	10	-3.8	14.6	7	
mar-13	6	8.6	9.8	7.4	-0.3	8	-2.2	5.0	9	
abr-13	5	7.9	9.4	6.4	-0.4	7	-2.1	4.6	11	
may-13	12	8.7	9.3	8.1	-0.1	6	6.0	36.2	5	
								23.0	MSE	



**Gráfico No.24. Pronóstico suavización exponencial doble vs consumo real de aceites y oleorresinas**

A continuación se muestra la comparativa de los promedios de error cuadrado entre los distintos métodos.

**Tabla No. 13 Comparativa de MSE para aceites y oleorresinas**

Método de pronóstico	Promedio error cuadrado (MSE)
Promedio móvil simple	21.67
Suavización exponencial simple	21.60
Promedio móvil doble	41.39
Suavización exponencial doble	23.0

Para los colorantes del tipo oleorresina se puede apreciar que en general los promedios de error cuadrado son aceptables pues el error más grande es el generado por el promedio móvil doble con un 41.39. Si se observa el gráfico No. 21 veremos que los valores de muestras pronosticadas oscilan entre 6 y 13 muestras, manteniéndose una tendencia estacionaria en el centro del gráfico, dicho comportamiento hace que la suavización exponencial doble sea el método más exacto. Mientras que si analizamos el gráfico No. 24 notaremos que los valores pronosticados llevan una tendencia creciente y decreciente a lo largo de los periodos, ya que la suavización exponencial doble funciona mejor cuando se tienen tendencias ascendentes o descendientes de forma continua y el

hecho de que la demanda real tenga un comportamiento de altibajos puede hacer parecer que el pronóstico está desfasado.

Por ese motivo la suavización exponencial simple y el promedio móvil simple se muestra como el método que mejor se adapta a las demandas de oleorresinas siguiendo como ya se ha establecido los resultados de haber pronosticado el segundo semestre del año 2013.

$\alpha$ 0.2					
MES	Frecuencia	Pronóstico	ERROR	ERROR^2	NIVEL DE MUESTRAS EN INVENTARIO
may-13	12	-	-	-	5
jun-13	6	12	-6.00	36.00	11
jul-13	20	11	9.20	84.64	2
ago-13	10	13	-2.64	6.97	5
sep-13	13	12	0.89	0.79	4
oct-13	19	12	6.71	45.03	-3
nov-13	22	14	8.37	70.03	-11
dic-13	19	15	3.69	13.65	-15
				36.73	MSE

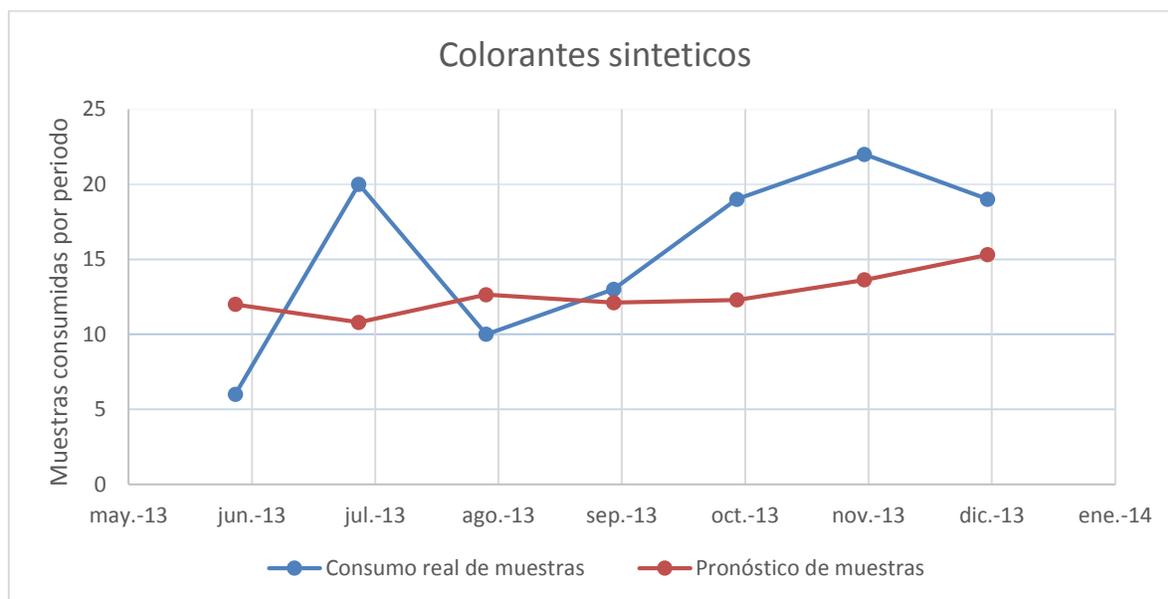


Gráfico No.25. Pronóstico suavización exponencial simple del segundo semestre de 2013 para aceites y oleorresinas

Para el segundo semestre de 2013 el pronóstico de muestras de aceites y oleorresinas ha tenido un promedio de error cuadrado de 36.73 con valores de pronóstico que van de las 11 a las 15 muestras, solamente los periodos de Noviembre y Diciembre registran desabasto de muestras como resultado de un incremento en la demanda a partir de Agosto tal y como se puede apreciar en el gráfico No. 25 donde se demuestra una tendencia ascendente.

Una vez definidos los mejores métodos de pronóstico de tamaño de inventario para cada tipo de colorante, se procedió a elaborar las hojas técnicas correspondientes, para que los encargados del área pudieran solicitar en tiempo y forma las muestras necesarias. Además, con las hojas de cálculo es posible realizar un ajuste en el pronóstico si por alguna situación fuera de lo común algún tipo de colorante tuviera un incremento o decremento significativo en su demanda.

En resumen, como se ha visto en este capítulo se han aplicado los cuatro métodos de pronósticos a los cinco tipos de colorantes producidos por la compañía, donde los resultados han evidenciado la ventaja de un método de pronóstico respecto a los otros, para cada tipo de colorante.

También como resultado se ha propuesto un formato de solicitud de muestras simplex como parte del sistema de gestión de calidad de la empresa y conforme a la misión de la norma ISO, dicho formato tiene el objetivo de garantizar la estandarización en el proceso de surtimiento de muestras de colorantes mediante el orden y la sistematización de las solicitudes que se entregan a el área de calidad y servicio técnico responsables de surtir muestras al almacén de Simplex para su envío a clientes. Dicho formato se puede encontrar en el anexo 1 de este trabajo.

## Conclusiones

Tras el análisis de los resultados es posible concluir que la suavización exponencial simple es el método de pronóstico más adecuado para poder estimar una cantidad de muestras que debe tener el inventario de colorantes en la empresa para la cual se realizó este trabajo. En los cinco distintos tipos de colorantes abordados en este trabajo se encontró que el método de suavización exponencial simple es el que mejor se adapta para poder pronosticar la demanda de muestras de colorantes por parte de los clientes en el año 2012 y 2013, esto se debe a que en general el comportamiento de la demanda de muestras tiene un comportamiento estacionario, es decir a lo largo de los periodos la cantidad de muestras en promedio se mantiene en un rango estable dentro de cada tipo de colorante.

Dicho lo anterior se puede establecer que el trabajo ha cumplido con su cometido, que fue poder pronosticar el tamaño de las muestras de colorantes que son solicitadas por los clientes a lo largo de los meses, siendo esto muy útil al tener una mejor planificación de la solicitud de las muestras al departamento de calidad y de esa manera se podrán surtir muestras de colorantes en tiempo y forma. Otro beneficio será que con ello se evitará que exista un tamaño de inventario grande que dé como resultado que muestras de colorantes sin ser utilizadas y los colorantes naturales expiren rápidamente. Es importante destacar que si bien el tener muestras almacenadas en el almacén de Simplex genera costos de inventario despreciables siempre será importante tener almacenadas la cantidad mínima indispensable de muestras en stock.

La implementación de la base de cálculo para el tamaño de inventarios permitirá al área de Simplex, encargada del envío de muestras, dar un servicio más rápido evitando los inventarios excesivos y la escasez de muestras traduciéndose esto a un servicio de calidad para los clientes quienes no tendrán problemas por atrasos para poder efectuar sus pruebas piloto, empatando esto con la definición de calidad dadas por los gurús de la calidad Edwards Deming y Arman V. Feigenbaum quienes definen la calidad en base al grado de satisfacción del cliente.

# ANEXO 1 Formato de solicitudes de muestras Simplex

## FORMATO DE SURTIMIENTO DE MUESTRAS SIMPLEX

FOLIO	XXX
-------	-----

Fecha de solicitud de muestras \_\_\_\_\_

Área que surte las muestras \_\_\_\_\_

Responsable de solicitud \_\_\_\_\_

Responsable de muestreo \_\_\_\_\_

Firma de solicitante \_\_\_\_\_

Firma de responsable \_\_\_\_\_

No.	Cliente	Código de recurso	Nombre del recurso	Lote	Cantidad solicitada	Cantidad surtida	Fecha de muestreo	Certificado de calidad
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

OBSERVACIONES

REVISÓ Y AUTORIZÓ

JEFE DE SIMPLEX

JEFE DE CALIDAD

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Colorantes [Página de internet], 2013 [Consulta Septiembre 2013]. Disponible en <http://www.definicion.org/colorantes>
- [2] Colorantes [Página de internet], 2013 [Consulta Septiembre 2013]. Disponible en <http://www.elergonomista.com/color.htm>
- [3] Los colorantes [Página de internet], Argentina; 2013 [Consulta Septiembre 2013]. Disponible en <http://www.pasqualinonet.com.ar/Colorantes.htm>
- [4] Colorantes alimentarios [Página de internet], Cuba, 2013 [Consulta Septiembre 2013]. Disponible en [http://www.ecured.cu/Colorante\\_alimentario#Colorantes\\_artificiales](http://www.ecured.cu/Colorante_alimentario#Colorantes_artificiales)
- [5] Jorge Enrique Devia Pineda, Pulverización de colorantes naturales por secado por atomización. 2005; 62:6-7
- [6] Procedimiento de operación Sensient Colors, [Manual], México, 2013 [Consulta Octubre 2013].
- [7] Las normas ISO [Página de internet], Argentina, 2006 [Consulta Agosto 2013]. Disponible en <http://www.ucongreso.edu.ar/>
- [8] Sistemas de gestión de calidad, historia y definición [Página de internet], EU, 2011. [Consultado Agosto 2013]. Disponible en <http://www.sistemasycalidadtotal.com/>
- [9] Beneficios de un sistema de gestión de calidad [Página de internet], México, 2012. [Consultado Agosto de 2013]. Disponible en <http://gestionintegra.com/7-beneficios-de-un-sistema-de-gestion-de-calidad>
- [10] Beneficios de un sistema de calidad ISO 9000:2008 [Página de internet], México, 2004. [Consultado en Agosto 2013]. Disponible en <http://www.sayce.com.mx/index.php?id=32>
- [11] Etapas para la implementación y desarrollo de un sistema de gestión de calidad [Página de internet], Consultado en Agosto de 2013]. Disponible en <http://www.sistemasycalidadtotal.com/calidad-total/15-etapas-implementacion-sistema-gestion-de-calidad-iso-9001/>
- [12] ¿Qué es calidad? [Página de internet], Costa Rica, 2001 [Consulta Agosto 2013]. Disponible en <http://www.hacienda.go.cr/>

[13] Compendio de definiciones normalizadas sobre calidad [Página de internet], Costa Rica, 2013 [Consulta Agosto 2013]. Disponible en <http://www.binasss.sa.cr/>

[14] V. Feigenbaum Armand. Control total de la calidad. 3ra Ed. México: CECSA; 2007.

[15] Las 7 herramientas de la calidad [Página de internet], México, 2013 [Consultado Agosto 2013]. Disponible en <http://spcgroup.com.mx/>

[16] Inventarios [Página de internet], México, 2013 [Consulta Septiembre 2013]. Disponible en <http://www.economia48.com/spa/d/inventario/inventario.htm>

[17] Chase B. Armand, Jacobs F. Robert. Administración de operaciones: Producción y cadena de suministro. 12va Ed. México, Mc Graw Hill; 2009.

[18] Gestión de inventarios [Página de internet], Ecuador, 2013 [Consultado en Octubre 2013]. Disponible en [http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/743/4/Capitulo\\_III.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/743/4/Capitulo_III.pdf)

[19] Modelos de inventarios [Página de internet], México, 2011 [Consultado en Octubre 2013]. Disponible en <http://induoperacionesdos.blogspot.mx/p/modelos-de-inventarios.html>

[20] Determinación del punto de pedido [Página de internet], México, 2013 [Consultado en Octubre de 2013]. Disponible en <http://www.gestion-stocks/curso/Lecc-37.htm>

[21] Tipos de demanda [Página de internet], México, 2013 [Consultado en Octubre de 2013]. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/82576260/Demanda-deterministica>

[22] Modelos de pronósticos [Página de internet], México, 2013 [Consultado en Octubre 2013]. Disponible en <http://paginasprodigy.com/sylsr/ingenierias/pronosticos.html>