



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA MATEMÁTICA DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA  
OPTIMIZAR PRONÓSTICOS DE VENTA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA AIREADOS, EN  
UNA FÁBRICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ESCUINTLA**

**Inga. Laura María Castellanos Falla**

Asesorado por la Msa. Inga. Karen Viviana Gomar Sierra

Guatemala, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA MATEMÁTICA DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA  
OPTIMIZAR PRONÓSTICOS DE VENTA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA AIREADOS, EN  
UNA FÁBRICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**INGA. LAURA MARÍA CASTELLANOS FALLA**  
ASESORADO POR LA MSA. INGA. KAREN VIVIANA GOMAR SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRÍA EN ARTE EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA     | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I    | Ing. José Francisco Gómez Rivera      |
| VOCAL II   | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez   |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran         |
| VOCAL IV   | Br. Luis Diego Aguilar Ralón          |
| VOCAL V    | Br. Christian Daniel Estrada Santizo  |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez       |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |   |
|-------------|---|
| DECANA      | Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADORA | Dra. Aura Marina Rodríguez Pérez            |
| EXAMINADOR  | Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval  |
| DIRECTOR    | Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí         |
| SECRETARIO  | Mtr. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez        |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA MATEMÁTICA DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA OPTIMIZAR PRONÓSTICOS DE VENTA DE PRODUCTOS DE CONFITERIA AIREADOS, EN UNA FÁBRICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado de Ingeniería, con fecha 19 de noviembre de 2016.

**Inga. Laura María Castellanos Falla**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Decanato**  
**Facultad de Ingeniería**  
**24189102 - 24189103**

DTG. 608.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA MATEMÁTICA DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA OPTIMIZAR PRONÓSTICOS DE VENTA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA AIREADOS, EN UNA FÁBRICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ESCUINTLA**, presentado por la Ingeniera Laura María Castellanos Falla, estudiante de la Maestría en Artes en **Gestión Industrial** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, noviembre de 2019

/gdech



**EEPM-1188-2019**

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA MATEMÁTICA DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA OPTIMIZAR PRONÓSTICOS DE VENTA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA AIREADOS, EN UNA FÁBRICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ESCUINTLA”** presentado por la Ingeniera Agroindustrial **Laura María Castellanos Falla** quien se identifica con Carné **200642221**, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial-Escuintla; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

**Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director

**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**



**Guatemala, noviembre de 2019**

**EEPM-1189-2019**

Como Coordinador de la Maestría en Artes en Gestión Industrial-Escuintla doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA MATEMÁTICA DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA OPTIMIZAR PRONÓSTICOS DE VENTA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA AIREADOS, EN UNA FÁBRICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ESCUINTLA”** presentado por la Ingeniera Agroindustrial **Laura María Castellanos Falla** quien se identifica con Carné **200642221**.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*



**Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez**  
Coordinador de Maestría  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, noviembre de 2019

Guatemala, noviembre de 2019

Maestro  
Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
USAC – Facultad de Ingeniería  
Presente.-

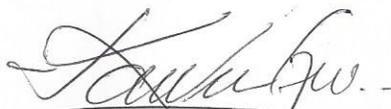
Estimado Mtro. Álvarez:

En mi calidad como Asesora de la Ingeniera Agroindustrial **Laura María Castellanos Falla** quien se identifica con Carné **200642221** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA MATEMÁTICA DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA OPTIMIZAR PRONÓSTICOS DE VENTA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA AIREADOS EN UNA FÁBRICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ESCUINTLA”** quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

*Msa. Ing. Karen Gomar*  
Ingeniera Agroindustrial  
Colegiado No 1895



**Mtra. Inga. Karen Viviana Gomar Sierra**  
**Asesora**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Dios</b>          | Fuente inagotable de amor que me permite alcanzar una meta más.   |
| <b>Mis padres</b>    | Byron Castellanos y Ana María Falla. Por ser mi guía y por todo el amor y apoyo brindado.   |
| <b>Mi esposo</b>     | Edgar de León, por ser mi soporte, apoyarme en todo momento y por tu amor   |
| <b>Mi hijo</b>       | Adrián, por ser la luz de mi vida.  |
| <b>Mis abuelitas</b> | María Luisa Falla (q.e.p.d.), Laura Granillo (q.e.p.d.). Por el amor y consejos que siempre me brindaron y por siempre motivarme a ser mejor. |
| <b>Mis hermanos</b>  | Ana Luisa, Byron y Pedro Castellanos, por su amor y su apoyo incondicional.   |
| <b>Mis sobrinos</b>  | Monserath Medrano, Cristopher Castellanos y Wilson Medrano, por alegrarme mis días con sus lindas sonrisas.                                   |

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por abrirme las puertas del saber y permitirme ser mejor profesional.

**Escuela de Estudios  
de Postgrado**

Por brindarme las herramientas y conocimientos para superarme profesionalmente.

**Mis compañeros  
de estudio**

Por todas las experiencias compartidas y la amistad que forjamos.

**Dra. Aura Marina  
Pérez Rodríguez**

Por todo el apoyo, consejos y conocimientos que me compartió.

**Ing. Kenneth Corado**

Por todo el apoyo brindado durante este tiempo.

**Inga. Karen Gomar**

Por el cariño y el apoyo brindado.



|          |   |    |
|----------|---|----|
| 1.4.5.   | Productos aireados .....  | 10 |
| 1.4.5.1. | Bombón o malvavisco .....                                       | 10 |
| 1.4.5.2. | Tipos de malvaviscos .....                                      | 11 |
| 1.4.5.3. | Malvavisco de corte.....  | 12 |
| 1.4.5.4. | Malvavisco depositado .....                                     | 12 |
| 1.4.5.5. | Malvavisco extruido .....                                       | 13 |
| 2.       | PRONÓSTICO DE VENTAS.....                                       | 15 |
| 2.1.     | Importancia de los pronósticos de venta .....                   | 15 |
| 2.2.     | ¿Qué son los canales de venta? .....                            | 16 |
| 2.3.     | Horizonte de planeación del pronóstico .....                    | 17 |
| 2.4.     | Implicaciones en el error de pronóstico.....                    | 18 |
| 2.5.     | Métodos de pronóstico .....                                     | 19 |
| 2.6.     | ¿Cómo mejorar el pronóstico de ventas?.....                     | 20 |
| 2.7.     | Demanda.....  | 21 |
| 2.8.     | Inventarios.....  | 22 |
| 2.8.1.   | Administración de inventarios.....                              | 23 |
| 2.9.     | Costo de quiebre de <i>stock</i> (costo de inexistencias) ..... | 23 |
| 2.10.    | Sobre <i>stock</i> .....  | 24 |
| 2.11.    | Importancia de poseer inventarios .....                         | 24 |
| 2.12.    | <i>Batch</i> óptimo de producción.....                          | 26 |
| 2.13.    | Nivel óptimo de inventarios .....                               | 26 |
| 2.14.    | Inventarios justo a tiempo (JIT) .....                          | 27 |
| 2.15.    | Metodología para calcular pronósticos de ventas .....           | 28 |
| 3.       | METODOLOGÍA MATEMÁTICA DE MÍNIMOS CUADRADOS .....               | 29 |
| 3.1.     | Historia del método .....                                       | 29 |
| 3.2.     | ¿Qué es el método de mínimos cuadrados?.....                    | 29 |
| 3.3.     | Fórmula para calcular mínimos cuadrados .....                   | 30 |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 3.4. | Objetivo de utilizar mínimos cuadrados .....                                   | 31 |
| 3.5. | Por qué utilizar mínimos cuadrados para calcular<br>pronósticos de venta ..... | 32 |
| 4.   | DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....  | 33 |
| 4.1. | Fase 1: revisión documental.....   | 33 |
| 4.2. | Fase 2: análisis de la situación.....  | 33 |
| 4.3. | Fase 3: mejora en la planificación de producción.....                          | 39 |
| 4.4. | Fase 4: error de pronóstico.....   | 39 |
| 5.   | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....  | 41 |
| 6.   | DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....  | 53 |
| 6.1. | Procedimiento de la investigación .....  | 53 |
| 6.2. | Validez y limitantes.....  | 53 |
| 6.3. | Evaluación de las fases de la investigación.....                               | 55 |
|      | CONCLUSIONES .....   | 59 |
|      | RECOMENDACIONES.....   | 61 |
|      | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 63 |
|      | APÉNDICES .....  | 67 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Canal recorrido.....                                       | 17 |
| 2.  | Horizonte de planeación.....                               | 18 |
| 3.  | Error de pronóstico.....                                   | 19 |
| 4.  | Métodos de pronóstico .....                                | 20 |
| 5.  | Ecuación de regresión lineal REF 1 .....                   | 35 |
| 6.  | Ecuación de regresión exponencial REF 1 .....              | 35 |
| 7.  | Ecuación de regresión logarítmica REF 1 .....              | 36 |
| 8.  | Ecuación de regresión lineal REF 2 .....                   | 36 |
| 9.  | Ecuación de regresión exponencial REF 2 .....              | 37 |
| 10. | Ecuación de regresión logarítmica REF 2 .....              | 37 |
| 11. | Ecuación de regresión lineal REF 3 .....                   | 38 |
| 12. | Ecuación de regresión exponencial REF 3 .....              | 38 |
| 13. | Ecuación de regresión logarítmica REF 3 .....              | 39 |
| 14. | Método matemático.....                                     | 43 |
| 15. | Determinando ecuación de regresión lineal REF 1 .....      | 44 |
| 16. | Determinando ecuación de regresión logarítmica REF 1 ..... | 44 |
| 17. | Determinando ecuación de regresión exponencial REF 1 ..... | 45 |
| 18. | Determinando ecuación de regresión lineal REF 2 .....      | 46 |
| 19. | Determinando ecuación de regresión logarítmica REF 2 ..... | 46 |
| 20. | Determinando ecuación de regresión exponencial REF 2 ..... | 47 |
| 21. | Determinando ecuación de regresión lineal REF 3 .....      | 48 |
| 22. | Determinando ecuación de regresión logarítmica REF 3 ..... | 48 |
| 23. | Determinando ecuación de regresión exponencial REF 3 ..... | 49 |

## TABLAS

|      |  |       |
|------|--|-------|
| I.   | Operativización de variables .....   | XXIII |
| II.  | Consolidación de datos.....  | 34    |
| III. | Consolidación de datos de las referencias evaluadas .....                                  | 42    |
| IV.  | Consolidado del modelo matemático evaluando las 3 referencias .....                        | 50    |
| V.   | Cuadro comparativo de los resultados proyectados .....                                     | 52    |
| VI.  | Determinación del error de pronóstico de las 3 referencias con el<br>método evaluado ..... | 52    |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo  | Significado  |
|----------|--|
| °Brix    | Forma como se mide la concentración de azúcares totales de una solución. |
| °C       | Grados Celsius.  |
| N        | Número de medidas.   |
| $\Sigma$ | Sumatoria.   |
| Y        | Variable dependiente.  |
| X        | Variable independiente.  |
| A        | Valor de parámetros de la recta.   |
| B        | Valor de parámetros de la recta.   |



## GLOSARIO

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Acidulante</b>       | Sustancia ácida, generalmente orgánica, que se utiliza en muchos procesos como conservante, modificador de la viscosidad o de la acidez de los alimentos. |
| <b>Agexport</b>         | Asociación Guatemalteca de Exportadores.  |
| <b>Alcalinizante</b>    | Son aquellos alimentos que aumentan el pH del organismo.  |
| <b>Antiaglomerantes</b> | Sustancia capaz de evitar la formación de aglutinamientos en las sustancias existentes en una disolución.   |
| <b><i>Batches</i></b>   | Llevar a cabo una operación de producción de forma automática.  |
| <b><i>Batches</i></b>   | Llevar a cabo una operación de producción de forma automática.  |
| <b>CCFAC</b>            | Comité Codex Alimentarius sobre aditivos Alimentarios y Contaminantes de los alimentos.   |
| <b>CEE</b>              | Comunidad Económica Europea.  |

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>DE</b>              | Dextrosa equivalente.   |
| <b>Disacáridos</b>     | Tipo de glúcidos formados por la condensación de dos azúcares monosacáridos iguales o distintos.  |
| <b>Edulcorante</b>     | Sustancia química que se añade a un alimento o medicamento para darle sabor dulce.  |
| <b>Emulsificantes</b>  | Sustancia que hace posible una emulsión sirviendo como agente dispersante al adicionarse en la mezcla de dos fases no miscibles entre sí.                                       |
| <b>Estabilizante</b>   | Sustancia que se añade a una disolución para mantener plenamente mezclados sus componentes.   |
| <b>Gelificante</b>     | Agente que permite la formación de un gel.  |
| <b>Glúcidos</b>        | Son bio-moléculas orgánicas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno.  |
| <b>Grados baumé</b>    | Son los grados de la escala baumé, que miden la densidad de cualquier líquido. Habitualmente se utilizan para medir la azucaridad, salinidad o grados de alcohol de un líquido. |
| <b>Higroscopicidad</b> | Propiedad de algunos cuerpos inorgánicos, y de todos los orgánicos, de absorber la humedad.   |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Kosher</b>              | Etiqueta que reciben ciertos productos alimenticios para indicar que respetan los preceptos de la religión judía.  |
| <b>Monosacáridos</b>       | Llamados azúcares simples son los glúcidos más sencillos, no se hidrolizan, no se descomponen en otros compuestos más simples.   |
| <b><i>Shadow price</i></b> | Precio sombra, es un precio de referencia que se establecería para cualquier bien en condiciones de competencia perfecta, incluyendo los costos sociales además de los privados. |
| <b>SIN</b>                 | Sistema Internacional de Numeración.   |
| <b><i>Sobrestock</i></b>   | Son los productos generados por excedentes en la producción de una fábrica.  |



## RESUMEN

El trabajo de investigación se originó planteando el problema: ¿Cómo ayudará el método matemático de mínimos cuadrados a optimizar los pronósticos de venta de los productos de confitería aireados?; el primer paso consistió en realizar una revisión documental descriptiva, para obtener conocimientos del tema investigado.

Como objetivo principal se propuso evaluar una metodología matemática de mínimos cuadrados, para optimizar los pronósticos de venta en productos de confitería aireados; se procedió a la recolección de toda la información necesaria, entre ella conocer la metodología actual de colocación de pronósticos de venta, la cual se realiza mediante un tendencial de venta comparativo contra el año anterior y basándose en el criterio del gerente.

El diseño del estudio es de tipo descriptivo y transversal, porque se realizó una observación y descripción del proceso de cálculo de pronósticos de venta, a partir de ello, se procedió a evaluar la metodología propuesta para optimizar los mismos. El tipo de variable es cuantitativa ordinal debido a que se expresa mediante un cálculo aritmético.

Con la metodología matemática utilizada, se realizó un análisis comparativo de la sistemática de la empresa con la propuesta de este trabajo, en la cual se observa una mejora en la disminución del error de pronóstico de un 17 % inicial a un 9 %, lo cual equivale aproximadamente a \$7,400.

Como otros beneficios, se observa la mejora de la planeación de la producción colocando las necesidades más acordes a fluctuación de la demanda, esto se puede observar en los cartones reportados como agotados, debido a que inicialmente se reportaba 865 car como agotados al utilizar la propuesta de este trabajo, se redujo a 465 cartones, es decir, 400 car menos a lo inicial, mejorado el nivel de inventarios en las bodegas.

Durante este estudio, se determinó que el indicador de error de pronóstico puede disminuir aún más si se considera un plan de mercadeo mensual (promociones, descuentos, impulsos y apoyos) que se den a este producto. Por ello se recomienda elaborar anualmente un plan de mercadeo para tomarlo en cuenta en las variables de porcentaje de crecimiento utilizando el modelo matemático y mejorar la asertividad de los pronósticos a calcular.

Se sugiere aplicar esta metodología a todos los productos del portafolio de la empresa, para mejorar la planeación de pronósticos y tener mayor certeza de los pronósticos brindados.

# **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS**

## **Planteamiento del problema**

No se tiene una herramienta adecuada para realizar el cálculo del pronóstico de venta óptimo, para los productos de confites aireados.

## **Descripción del problema**

La empresa en la cual se realizó el presente trabajo, es una industria dedicada a la fabricación de confites y galletas. Es líder en la marca de confitería, y se encuentra ubicada en la Costa Sur, donde inició operaciones hace ya 15 años y cuenta con su casa matriz en Colombia. Fundamenta su unidad de negocio en la diversificación y gama de sabores que ofrece en cada uno de los confites.

En el proceso de definir los pronósticos de venta para los productos de confites aireados, se utiliza el criterio personal del gerente de ventas del país, basándose en el tendencial mensual de ventas. No se tiene implementada una metodología adecuada que realmente tenga mayor exactitud para definir los mismos.

Todo esto se traduce a varios problemas, como, por ejemplo, se incrementa la venta pérdida de estos productos, lo cual no es más que generar agotados en los canales de venta, perdiendo así posibles y potenciales clientes, por no tener el producto necesario.

También se afronta la problemática de una inadecuada planificación de producción de la línea de productos aireados, debido a no tomar en cuenta estos cambios drásticos en la demanda. A nivel de planta de producción se genera ineficiencia en el proceso operativo por no tener batches óptimos de producción.

Este problema se ve reflejado en inventarios insuficientes para cubrir los requerimientos de las ventas, o bien, sobrestock de productos en la bodega de producto terminado generando bajas (mermas) por motivo de baja rotación.

### **Formulación del problema**

#### **Pregunta central**

¿Cómo ayudará el método matemático de mínimos cuadrados a optimizar los pronósticos de venta de los productos de confitería aireados?

#### **Preguntas auxiliares**

¿Cómo implementar el método de mínimos cuadrados utilizando la información actual de ventas?

¿Qué áreas se optimizarán al utilizar el método de mínimos cuadrados para los pronósticos de venta?

¿Qué beneficio se obtendrá implementando un modelo matemático para el cálculo de pronósticos de venta?

## **Delimitación del problema**

La investigación se realizó, en una fábrica de confites aireados ubicada en el Municipio de Escuintla, departamento de Escuintla, en un período de tiempo de febrero a diciembre del año 2016.

## **Viabilidad**

Se cuenta con los recursos necesarios para realizar la presente investigación:

- Información sujeta al proceso, tales como tendencias de venta, reportes de venta pérdida, reporte de error de pronóstico con el apoyo de la empresa.
- Recurso tiempo y recurso financiero por parte del investigador.

## **Consecuencias de la investigación**

Al realizar esta investigación se brinda una solución a los pronósticos errados de venta, esto evita que se sigan reportando productos agotados, inventarios insuficientes, *sobrestock* y mermas en bodega. Lo cual repercute en una mejora de la planeación y programación de la línea de confites aireados, solicitando productos que si tendrán rotación en el mercado, haciendo más eficientes las operaciones en planta y satisfaciendo al cliente.

Si no se realiza este proyecto, seguirán los problemas descritos en el párrafo anterior, lo cual se traduce en baja rentabilidad, clientes insatisfechos, pérdida de dinero por productos agotados y mermas en la bodega.



# OBJETIVOS

## General

Evaluar una metodología matemática de mínimos cuadrados, para optimizar los pronósticos de venta en productos de confitería aireados.

## Específicos

1. Identificar la situación de la empresa para implementar un método matemático.
2. Determinar el rango de error de pronóstico, para la línea de confites aireados utilizando una metodología de mínimos cuadrados.
3. Analizar la planeación de producción, para evitar productos faltantes y lograr los inventarios justo a tiempo.



## **RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO**

La investigación realizada tuvo un enfoque mixto cuantitativo ordinal, ya que fue expresado mediante un cálculo aritmético, el cual fue la herramienta matemática del método de mínimos cuadrados, la cual intenta encontrar la función continua dentro de un conjunto de datos (variables dependiente e independiente), que se aproxime mejor a los datos, brindando un mejor ajuste, basándose en el criterio de mínimo error cuadrático.

La información que se tiene de los históricos de pronósticos de venta y ventas reales fue la utilizada para evaluar la metodología matemática y hacer un comparativo contra la metodología utilizada actualmente y determinar así las diferencias y verificar si existe una disminución en el error de pronóstico.

### **Diseño del estudio**

El diseño es no experimental, debido a que no se manipulan variables en laboratorio.

### **Tipo de estudio**

El estudio es de tipo descriptivo y transversal, porque se realizará una observación y descripción del proceso de cálculo de pronósticos de venta para confites aireados, a partir de ello se procederá a evaluar una metodología matemática de mínimos cuadrados para optimizar los mismos, se pretende establecer una relación de variables al evaluar la metodología que se tiene

implementada actualmente (criterio personal del gerente de ventas) con la metodología de mínimos cuadrados.

También el estudio es de carácter transversal, porque se va a medir en un período determinado de tiempo, de febrero a noviembre del año 2016.

### **Variables**

El tipo de variable es cuantitativa ordinal. Porque se expresa mediante un cálculo aritmético.

Variable dependiente:

- Pronóstico de venta

Variable Independiente:

- Venta total del mes

Indicador

- Error de pronóstico (120 - 80 %)

Se tomará el error de pronóstico con un +/- 20 % de X, donde X será la venta comparada al pronóstico.

## Resumen de variables

Tabla I. Operativización de variables

| Objetivo   | Variable  | Indicador                          | Control                           |
|--|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| Determinar la cantidad estimada de venta del mes de cada referencia de confites aireados.<br>Minimizar el indicador de error de pronóstico | <b>Independiente</b><br>Venta total del mes       | % Cumplimiento de facturado al mes | Observación Consolidado de ventas |
|  | <b>Dependiente</b><br>Cumplimiento del pronóstico | Error de pronóstico                | Reporte de error de pronóstico    |

Fuente: elaboración propia.

## Fases

Las fases en las cuales se constituye el estudio son las siguientes:

### Fase 1: revisión documental

En esta fase, el investigador realizó una revisión documental descriptiva para elaborar el marco teórico. La técnica a empleada fue de textos consultados, información en línea, con su respectiva bibliografía. Todo esto realizó al inicio de la elaboración del plan de investigación.

### Fase 2: análisis de la situación

Se procedió a realizar un análisis de la situación actual de la empresa, para obtener conocimientos relacionados al tema de estudio, así evaluar un

método matemático que se adaptó a los requerimientos exigidos del mercado para calcular pronósticos de venta de productos aireados.

### **Fase 3: mejora en la planificación de producción**

Se mejoró la planificación de producción de la línea de confites aireados, con el objetivo de evitar productos faltantes y agotados en el mercado, para lograr mantener un nivel adecuado de inventarios.

### **Fase 4: error de pronóstico**

Se minimizó el indicador de rango de error de pronóstico, para la línea de confites aireados, utilizando una metodología de mínimos cuadrados para calcular el pronóstico de venta de estas referencias.

### **Ensayo de solución**

En esta etapa se evaluaron los datos obtenidos en las fases descritas anteriormente, aplicando una metodología matemática de mínimos cuadrados para calcular los pronósticos de venta, con base a los datos obtenidos en el tendencial de venta.

Posterior a ellos, se verificó el error de pronóstico para conocer si al aplicar esta metodología se obtuvo una reducción del mismo.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se encuentra enfocado a brindar una solución a un problema que sufren la mayoría de industrias a nivel mundial, siendo éste el error de cálculo de los pronósticos de ventas.

Este estudio surge con base a la necesidad de afinar y darle mayor certeza a los pronósticos de venta de una línea de productos aireados de confitería de una industria, ubicada en el municipio de Escuintla, debido a que el margen de error es amplio y en la mayoría de casos se encuentra fuera de rango hasta en un 200 %, provocando productos agotados en los puntos de venta, inventarios insuficientes y/o algunas veces exceso en inventarios de ciertas referencias, dando como resultados mermas en la bodega de producto terminado.

El objetivo de esta investigación fue evaluar una metodología de cálculo matemático, siendo ésta la de mínimos cuadrados, dado a que este método ajusta la información a una recta que sea representativa de cada uno de los puntos, para proporcionar un valor más exacto. Este método se utilizó con el objetivo de reducir el margen de error de pronóstico, brindando así pronósticos más certeros que permitan realizar una planificación óptima en la planta de confites aireados, para contar con el producto justo a tiempo en los canales de venta.

Para aplicar la metodología descrita, fue necesario utilizar la metodología de investigación, que en este caso se basó en la metodología matemática de mínimos cuadrados, la cual es una herramienta que permite mediante cálculos

aritméticos brindar un valor más exacto del pronóstico de ventas. El primer paso fue realizar una revisión documental descriptiva, basándose en consulta de textos con su respectiva bibliografía.

La metodología de investigación propuesta tiene un enfoque descriptivo y transversal, porque se realizó mediante un proceso de observación y descripción de los procesos. El tipo de variable fue cuantitativo ordinal, dado a que se expresa mediante un cálculo aritmético.

Para ampliar el conocimiento y llegar a una mejor comprensión del tema a evaluar, se definen ciertos aspectos, que están detallados en el marco teórico.

El primer capítulo que es el marco teórico, se expone acerca de la industria confitera a nivel mundial, describiendo los tipos de confites que existen y las materias primas utilizadas para la elaboración de ellos, hasta llegar a explicar sobre productos aireados, los cuales son los malvaviscos. También se define lo que es un pronóstico de ventas y las diversas metodologías que existen para calcularlos, se explica qué son los inventarios y la importancia de los mismos. Luego se desarrolla la historia del método a evaluar, -el de mínimos cuadrados-, el objetivo de utilizar la metodología propuesta y porqué son utilizados para el cálculo de pronósticos de venta.

En el segundo capítulo, que es la presentación de resultados, se realizó un análisis de la situación actual de la empresa, determinando que el método utilizado para el cálculo de pronósticos no brinda exactitud en los mismos, debido a que es un método subjetivo. Luego se procedió a tomar tres referencias como muestras sobre un total de población de doce referencias. Con estas referencias determinadas, se procedió a observar las ventas diarias de las referencias indicadas, recolectando el dato final de ellas cada mes.

Luego se procedió a evaluar el método propuesto en este estudio, y el método utilizado actualmente para verificar la diferencia entre ambos, determinándose inicialmente un porcentaje de error de pronóstico de 17 %, utilizando el modelo matemático, se determinó como porcentaje de error 9 %.

En el tercer capítulo, discusión de resultados, se determinó que se obtiene una mejora en la planeación de producción, esto se observó en la reducción del porcentaje de error de pronóstico, debido a que el 9 % de error que se logró al final del proyecto, permitió una mejora en la cantidad de cartones reportados como faltantes. Inicialmente se tenía reportado 865 car agotados y con la mejora en la planeación utilizando el método de mínimos cuadrados se redujo a 465 cartones, es decir, 400 cartones menos a lo inicial, mejorando el nivel de inventarios en las bodegas.

En la última parte, se concluye que al utilizar la metodología matemática de mínimos cuadrados, se logró optimizar los pronósticos de venta en productos de confitería aireados, brindando mayor certeza a los volúmenes requeridos de producción mejorando así la cobertura de inventario, lo cual se traduce a una disminución de producto reportado como agotado.

Así mismo, es necesario realizar un plan de mercadeo y *trade marketing* anual, para utilizar esta variable en el método matemático, así elevar el nivel de certeza de los pronósticos, disminuyendo aún más el porcentaje de error.



# 1. INDUSTRIA CONFITERA

## 1.1. Origen de la confitería

Se pueden considerar como productos de confitería todos aquellos preparados cuyo ingrediente fundamental es el azúcar (sacarosa) u otros azúcares comestibles (glucosa, fructosa) junto a una serie de productos alimenticios tales como harinas, huevos, nata, chocolate, grasa y aceites, zumos de fruta.

Se ha determinado que la caña de azúcar procede probablemente de Nueva Guinea, donde hace 8,000 años ya se utilizaba como planta de adorno en los jardines. También se cortaba y masticaba por su sabor agradable. Desde allí se extendió su cultivo y consumo por numerosas islas del Pacífico, llegando hasta la India, donde diez siglos antes del comienzo de la era cristiana empezaron a cultivarse, obteniéndose a partir de ella una miel de caña que sustituyó la miel de abeja en la elaboración de dulces.

La producción de dulces se originó en los países europeos a nivel familiar desde la época antigua (con el comienzo de la Edad Media), se asegura que el origen de las tiendas de pastelería y confitería actuales, surgieron a partir de las farmacias, debido a que a los remedios se les añadía azúcar o miel para cubrir su gusto poco agradable. Dirección Nacional de Alimentos (2007).

## **1.2. Industria de confites**

La confitería se caracteriza por su consumo generalizado, en los países más industrializados más del 90 % de la población compra dulces con regularidad. De hecho, la confitería es el primer tipo de "alimento ocasional", por lo que es un producto que no necesita preparación y puede comerse como una refacción.

“Hoy en día, aproximadamente la mitad de la producción mundial de confitería procede de Europa occidental y una cuarta parte de Norteamérica, si bien en los últimos años la instalación de esta industria comienza a esparcirse hacia el sureste de Asia y Sudamérica e incluso a Arabia Saudita.

A partir del inicio de este siglo, el mercado mundial de confites crece en tamaño y complejidad y es en este marco que la producción guatemalteca debe estar preparada con una mejor capacitación para hacer frente al incremento en la demanda.

Para ocupar un lugar en esta industria, el nivel de calidad y originalidad de las nuevas creaciones -sabores, colores, figuras, presentaciones y envolturas-, son de los elementos básicos a tomar en cuenta para competir en los mercados internacionales, cuyos consumidores son cada vez más exigentes.” (Ministerio de Economía, Agexport & Cámara de Industria de Guatemala, 2015. p. 20.).

Es muy importante la innovación en este tipo de industrias, para lograr alcanzar niveles más elevados de rentabilidad, abarcar nuevos mercados y sobre todo, acoplarse a todos los cambios en ellos.

“También hay que mantenerse al tanto de las nuevas modas. Así, por ejemplo, en los productos para niños la tendencia es fortificar el producto con vitaminas y minerales o prebióticos y fibras.

En lo que se refiere a los chocolates, se nota una preferencia por los productos de origen orgánico, fortificados con calcio y magnesio, que se han vuelto populares en Europa, así como los reducidos en azúcar y los kosher.

El mercado de la confitería puede dividirse fundamentalmente en 3 subsectores: la confitería de azúcar, la confitería de chocolate y la confitería de chicles. Dentro de cada uno de estos apartados pueden diferenciarse las siguientes líneas de producto.” Ministerio de Economía, Agexport & Cámara de Industria de Guatemala (n.d.)

La confitería abarca la producción industrial o artesana de alimentos a base de azúcar (dulces, caramelos, chocolates, pasteles, etc.). En ella se utilizan materias primas variadas (harinas, huevos, azúcar, frutos secos) que son trabajadas por diferentes tipos de maquinarias como calderas, máquinas de moler, batir, amasar, laminar, cortar con los respectivos riesgos. Orozco (2012).

### **1.3. La confitería**

“De forma sencilla, la confitería puede definirse como el arte de elaborar dulces y, por simple que parezca, esta definición abarca tal cantidad de aspectos que, reunidos, reflejan todo lo que es. El término arte tiene una acepción inmensa; es un sentido amplio involucra cualquier actividad que pueda ser realizada por el ser humano y que, además, se desarrolla de forma creativa, con esmero y dedicación, así, se convierte en un medio de expresión particular atendiendo al individuo que la realiza.

La confitería surge como un arte, a través de la evolución del hombre y de su capacidad para construir, desarrollar y perfeccionar, se transforma hasta convertirse en tecnología, haciendo uso de la ciencia y la técnica sin perder todos los elementos aportados por el oficio.

A través de la tecnología, la producción en la industria de la confitería actualmente puede ser abordada con toda la modernidad que la Revolución Industrial ha traído, permitiendo una diversidad de productos muy extensa, elaborada aplicando los conocimientos científicos y procedimientos técnicos idóneos y accediendo además al desarrollo de nuevas opciones, a través del uso de ingredientes, tanto tradicionales como funcionales, así como de tecnologías mejoradas, pero sin perder de vista su origen y esencia". Ramírez Gómez & Orozco Sánchez (2011).

La tecnología confitera, entonces, aborda el estudio de todo el proceso de fabricación de los dulces considerando íntegramente las operaciones involucradas en él hasta el momento mismo en que el producto está listo para su consumo, debiendo garantizar, además, que sea elaborado como un producto de calidad e inocuo, que satisfaga las expectativas del consumidor.

#### **1.4. Componentes de los productos de confitería**

Se puede dividir los componentes de estos productos en cuatro grupos generales:

- Sacarosa (azúcar) y otros edulcorantes
- Agua
- Ingredientes adicionales
- Aditivos alimentarios

### **1.4.1. Agua**

Muchos de los procesos productivos de la confitería han evolucionado hacia tecnologías que permiten una mayor calidad en los productos terminados, por ello, es muy importante considerar la calidad de las materias primas que serán empleadas y hacer especial hincapié en el agua para proceso.

En este sentido, es frecuente que se requiera un agua con bajos contenidos de minerales en disolución, ya que su efecto en grandes concentraciones es generalmente nocivo en la mayoría de los procesos de fabricación de alimentos. Por ejemplo, un agua dura en productos como caramelos macizos favorece la inversión de azúcares, con lo que la higroscopicidad de los productos se incrementa y consecuentemente la vida de anaquel se ve reducida; igualmente, el empleo de aguas duras provoca que algunos agentes aireantes sean poco estables, por lo que pierden en poco tiempo la capacidad de retener el gas atrapado en sistemas como los del malvavisco y su textura esponjosa se ve afectada en breve tiempo, lo que repercute en su vida útil.

De esta manera, el agua juega un papel muy importante en la confitería, debido a que influye en el adecuado desarrollo de los procesos, como en las propiedades finales del producto, definiendo además su duración.

### **1.4.2. Ingredientes adicionales**

Se consideran como ingredientes adicionales de los productos de confitería una amplia variedad de materias primas, como las frutas frescas, secas y deshidratadas, los granos y semillas, la leche y sus derivados, la miel, el huevo, el chile, la sal, así como otros productos alimenticios diversos que no

tienen ninguna restricción para su uso en formulación, siempre que se trate de materiales que cumplan con los requisitos sanitarios establecidos en la legislación correspondiente.

Todos estos ingredientes pueden aportar a los productos variedad de sabores, colores y texturas, además de cubrir, en ciertos casos, funciones tecnológicas, aunque en general estas últimas no se comparan en importancia con las de la sacarosa y los edulcorantes de uso común.

### **1.4.3. Aditivos alimentarios**

Las preparaciones de confitería no podrían estar completas sin la participación de otras sustancias que juegan un papel primordial, ya que proporcionan efectos específicos deseables en los productos finales; estas sustancias son los aditivos alimentarios.

Como aditivo alimentario debe entenderse toda sustancia, natural o sintética, que no constituye por sí sola un alimento y que es adicionada directamente y de manera intencional a un producto en cualquier etapa de su proceso de elaboración, con un fin tecnológico u organoléptico: para mejorar el proceso, proporcionar o intensificar el aroma, el color, el sabor, o mejorar su estabilidad, conservación o aceptación, entre otras funciones.

A través del tiempo, los aditivos han sido utilizados con mayor frecuencia, y puesto que algunos representan ciertos riesgos para la salud, se ha generado una estricta reglamentación legal para su empleo.

La forma universal de identificar los aditivos alimentarios se denomina Sistema Internacional de Numeración (SIN) y tiene su origen en el sistema de la

Comunidad Económica Europea (CEE), denominados Códigos o números E. Ha sido elaborado por el Comité del Codex Alimentarius sobre aditivos Alimentarios y contaminantes de los alimentos (CCFAC por sus siglas en inglés).

La manera más práctica de clasificar los aditivos es en función de los usos a que se destinan y los efectos que pueden producir. Así, pueden catalogarse como:

- Aditivos que modifican las características sensoriales (edulcorantes artificiales, colorantes, aromas, potenciadores del sabor).
- Aditivos que mejoran características físicas (estabilizantes, espesantes, gelificantes, emulsificantes, antiaglomerantes, entre otros).
- Aditivos que mejoran o corrigen propiedades (acidulantes, alcalinizantes, neutralizantes).
- Aditivos que evitan alteraciones químicas y biológicas (antioxidantes, conservadores, secuestrantes, entre otros).

Además del uso de aditivos, en la confitería es frecuente la presencia de otro grupo de sustancias o materiales que no son considerados aditivos y se emplean, con el fin de facilitar los procesos: se trata de los coadyuvantes de elaboración que se utilizan con alguna finalidad tecnológica y aunque no se agregan en formulación pueden estar presentes en los productos finales. Ejemplo de estas sustancias pueden ser el almidón nativo, que se utiliza como agente de moldeo para fabricación de gomitas y malvaviscos, o algunas grasas que se aplican en la maquinaria para favorecer el flujo de las pastas. Ramírez Gómez & Orozco Sánchez (2011).

#### **1.4.4. Tipos de confites**

Los confites están divididos prácticamente en dos grupos: caramelos duros y suaves.

##### **1.4.4.1. Caramelos duros o macizos**

Se les llama caramelos duros o macizos a aquellos productos elaborados, a partir de una solución sobresaturada de sacarosa adicionada con agentes anticristalizantes (jarabe de maíz o crémor tártaro), la cual es cocinada y llevada a altas temperaturas (valores entre 135- 160°C) incorporando esencias de frutas y otros ingredientes como colorantes y acidulantes, lo que permite una gran variedad en colores y sabores. Al enfriarse, estos productos muestran un estado vítreo o forma de cristal, siendo quebradizos al impacto; usualmente se presentan en pequeñas porciones. Los caramelos duros son quizás los dulces más populares y de mayor consumo en el mundo.

##### **1.4.4.2. Tipos de caramelos duros o macizos**

Los tipos básicos de caramelos que pueden fabricarse son los de sabores frutales, los de leche, los que pueden denominarse especiales (con algún sabor muy particular) y los que se elaboran sin “azúcar”, además de que todos pueden confeccionarse con y sin relleno.

##### **1.4.4.3. Caramelos suaves o blandos**

Los caramelos suaves o blandos son productos de confitería elaborados a base de azúcares (mono y disacáridos), jarabe de maíz, agua, grasas y emulsificantes llevados a puntos de cocción más bajos que el caramelo macizo,

pudo emplearse valores comprendidos en el rango de 114-122 °C (aunque existen excepciones de caramelos muy suaves con valores de cocción de 110 °C) además, se caracterizan por su contenido, en algunos casos, de leche, mantequilla, frutos secos, frutos deshidratados o granos y semillas.

#### **1.4.4.4. Tipos de caramelos suaves o blandos**

Pueden clasificarse en tres grupos principales, uno de ellos se divide a su vez en dos grupos, atendiendo en este último caso a los tipos de textura que puedan lograrse. Así, puede encontrar los siguientes tipos: toffees, fudges y caramelos suaves, estos pueden ser de textura masticable o de textura elástica.

#### **1.4.4.5. Productos gelificados y aireados**

Los gelificados son productos de confitería elaborados básicamente con sacarosa y jarabes de maíz, que se caracterizan por ser llevados a temperaturas de cocción entre 106-118°C, a los cuales se les añaden diferentes sustancias o agentes de gelificación. Comúnmente, estos productos se conocen como gomitas y jaleas.

Para los procesos de fabricación de gomitas y jaleas, la elección de los agentes gelificantes dependerá básicamente de ciertos parámetros, como costos, texturas y vidas de anaquel. En función de lo anterior, los agentes de empleo más comunes son la grenetina, los almidones modificados, la pectina, el agar-agar y la goma arábica. Ramírez Gómez & Orozco Sánchez (2011).

#### **1.4.5. Productos aireados**

Esta línea de productos se utiliza básicamente para generar materias primas que servirán para elaboración de otros productos. Como ejemplo de estos materiales pueden citarse el fondant, los turrone, el fondant crema, el frappé, las espumas, etc, todos empleados para elaborar una amplia gama de productos en combinación con otros materiales; por ello, en la preparación continua de estos productos, se emplea la misma línea de fabricación, adaptando solamente las variables del proceso a las características específicas del producto en cuestión. La única excepción de lo anterior es el **malvavisco**, que normalmente se utiliza como producto final.

##### **1.4.5.1. Bombón o malvavisco**

El malvavisco (denominado así porque en sus recetas originales se elaboraba con el extracto de la raíz mucilaginoso de una planta llamada malvavisco) es un producto de confitería elaborado con sacarosa y jarabe de maíz, adicionado con agentes aireantes, y gelificantes en algunos casos, al que se incorpora un gas (generalmente aire) a presión para crear una estructura de partículas microscópicas, que aumenta el volumen y reduce el peso (y el precio); así, se obtiene un material de baja densidad o ligero.

Las materias primas básicas para elaboración de estos productos son la sacarosa, los jarabes de maíz de 40 y 63 DE, agentes aireantes y agentes gelificantes. Las razones del empleo de jarabes de glucosa de 63 DE, favorece vidas de anaquel prolongadas.

El valor de dextrosa equivalente (DE) de un jarabe de maíz indica el contenido de azúcares reductores totales y se calcula en función del porcentaje

total de materia seca del jarabe de maíz; este valor refleja las propiedades específicas del propio jarabe, atendiendo a su grado de conversión. Por tanto, el uso de un jarabe de maíz de 63DE en el malvavisco tiene dos funciones: primero, mantener el malvavisco suave por más tiempo. Segundo, mantener la humedad relativa de equilibrio; de esta manera es posible un intercambio entre la humedad del ambiente y la humedad residual del producto. Si no se logra esto último, se puede llegar a presentar higroscopicidad en el producto, dando como resultado malvaviscos pegajosos.

Otro factor importante en la fabricación de estos productos es el tipo de agua que se emplee, ya que se debe tener presente que sus características tendrán una influencia definitiva en la formación y estabilidad de las espumas, particularmente, porque las proteínas se emplean como agentes para este fin. Por ello, se recomienda el uso de aguas que han sido tratadas (suavizadas, con valores de menos de 75 mg/L  $\text{CaCO}_3$  y desmineralizadas).

Para elaborar este producto existen dos métodos de fabricación en función del tipo de aireado que se practica, uno es el aireado por lotes o batch y otro el aireado por presión continua.

#### **1.4.5.2. Tipos de malvaviscos**

Además de las variantes de producto que pueden lograrse de acuerdo a método de aireado, los malvaviscos pueden agruparse en esencialmente en tres tipos, atendiendo a la manera en la que el producto se forma o moldea: malvavisco de corte, malvavisco depositado y malvavisco extruido.

### **1.4.5.3. Malvavisco de corte**

Esta técnica es la más sencilla de todas, ya que después de haber concluido el batido o aireado el producto se vacía en una plancha o charola previamente azucarada o almidonada, procurando una distribución de grosor homogéneo. Después, se coloca encima una capa de almidón o de sacarosa. Se deja reposar por dos horas, después de las cuales la placa puede ser cortada, ya sea con cortadores de diversas formas o bien realizando cortes simétricos para obtener trozos homogéneos, empacándose inmediatamente. Este malvavisco tiene vidas de anaquel relativamente cortas, de 3 a 4 meses.

### **1.4.5.4. Malvavisco depositado**

Se pueden emplear tres sistemas de depositado:

- El primero es totalmente artesanal: simplemente se hace pasar la masa de malvavisco por una manga con duya y se deposita para su formato.
- El segundo es de tipo industrial: la masa de malvavisco se deposita en tolvas tipo mogul, que a su vez depositan el producto en cofres con almidón, donde se puede obtener cualquier tipo de figura.
- El tercer sistema también es de tipo industrial: emplea una dosificadora movable en donde la masa de malvavisco se coloca para ser transformada. A su vez, esta tolva deposita el malvavisco en bandas de silicón previamente almidonadas o engrasadas. La ventaja de este sistema es que permite elaborar cualquier figura con sólo ajustar la posición y los tiempos del movimiento de la tolva.

#### **1.4.5.5. Malvavisco extruido**

La masa del bombón se deposita en cabezales, que pueden ser de tubos o de placas de colado o extruido, el cabezal está conformado por un número determinado de boquillas de diferentes diámetros. Así, el malvavisco se bombea a este cabezal llenándolo y éste a su vez dosifica en cada una de las boquillas o placas de colado; el producto va cayendo de forma continua en una banda sanitaria previamente almidonada: al final del enfriamiento pasa por cuchillas o hilos, los cuales cortarán el bombón de un tamaño predeterminado; un ejemplo clásico de esta técnica son los malvaviscos en forma de cilindros con diferentes diámetros o malvavisco trenzados bicolors.

Estos tres tipos de malvavisco (de corte, depositados y extruido) son los que dominan los volúmenes de producción industrial y son los de fabricación más común en el mundo.

El malvavisco o bombón es uno de los productos de confitería más complicados de elaborar, sobre todo en lo que a control de vida de anaquel se refiere, pues además de los materiales tradicionales para la elaboración de productos de confitería que se emplean, como el jarabe de sacarosa- jarabe de maíz y la presencia de materiales específicos para formar las espumas (agentes aireantes y gelificantes), se incorpora aire, lo que dificulta un control preciso en la elaboración, así como en la determinación de su vida de anaquel. Ramírez Gómez & Orozco Sánchez (2011).



## **2. PRONÓSTICO DE VENTAS**

El pronóstico de ventas es una estimación de las ventas futuras (ya sea en términos físicos o monetarios) de uno o varios productos (generalmente todos) para un período de tiempo determinado.

Realizar el pronóstico de ventas permite elaborar el presupuesto de ventas, a partir de éste, elaborar los demás presupuestos, tales como el de producción, el de compra de insumos o mercadería, el de requerimiento de personal, el de flujo de efectivo, entre otros.

En otras palabras, hacer el pronóstico de ventas permite saber cuántos productos vamos a producir, cuánto necesitamos de insumos o mercadería, cuánto personal vamos a requerir, cuánto vamos a requerir de inversión, etc., y, de ese modo, lograr una gestión más eficiente del negocio, permitiéndonos planificar, coordinar y controlar actividades y recursos.

Asimismo, el pronóstico de ventas permite conocer las utilidades de un proyecto (al restarle los futuros egresos a las futuras ventas), y, de ese modo, conocer la viabilidad del proyecto; razón por la cual el pronóstico de ventas suele ser uno de los aspectos más importantes de un plan de negocios. Salazar, B. (2012)

### **2.1. Importancia de los pronósticos de venta**

Las previsiones de demanda constituyen una parte fundamental de los sistemas de planeación, por ende, de la economía en general. Los pronósticos

de la demanda ejercen una gran influencia en la determinación de factores claves de los procesos, factores como lo son la capacidad instalada (equipos, almacenes, plantas), requerimientos financieros (inventarios, flujo de caja), estructura organizativa (personas, sistemas, servicios), contratos con terceros (compras, operadores), entre otros.

A causa de la extensa influencia del *forecasting* en cualquier sistema productivo, se considera que la gestión de la demanda constituye un factor fundamental para el éxito de cualquier organización.

"Toda actividad requiere algún sistema de estimación del volumen que se va a manejar dentro de ésta. Los estimados son el resultado de predicciones y pronósticos" Salazar, B. (2012)

## **2.2. ¿Qué son los canales de venta?**

Es el circuito a través del cual los fabricantes (productores) ponen a disposición de los consumidores (usuarios finales) los productos para que los adquieran.

El punto de partida del canal de distribución es el productor. El punto final o de destino es el consumidor. El conjunto de personas u organizaciones que están entre productor y usuario final son los intermediarios ó vendedores.

Los intermediarios o vendedores son los que realizan las funciones de distribución, son empresas de distribución situadas entre el productor y el usuario final; en la mayoría de los casos son organizaciones independientes del fabricante.

Figura 1. **Canal recorrido**



Autor: *Canales de distribución, canal de ventas, canal de marketing*. Recuperado de: <https://prezi.com/bn3wt60nylx7/canales-de-distribucion-canal-de-ventas-canal-de-marketing/>.(2018).

### 2.3. Horizonte de planeación del pronóstico

Uno de los interrogantes más frecuentes al generar un pronóstico corresponde a cuál es el período de la demanda que precisamos calcular. Es decir, si queremos calcular la demanda de un mes, un trimestre, un semestre, un año... Al período de tiempo que cubrirá el pronóstico se le conoce como horizonte de planeación, y su idoneidad depende de cuál sea nuestro objetivo al emplear la previsión de la demanda. Es muy común en la gestión de la demanda establecer horizontes de planeación no mayores a 18 meses, dado que se considera que, según los cambios que afectan constantemente los procesos, los sistemas y los entornos, un período mayor arrojaría resultados muy poco confiables.

Figura 2. Horizonte de planeación

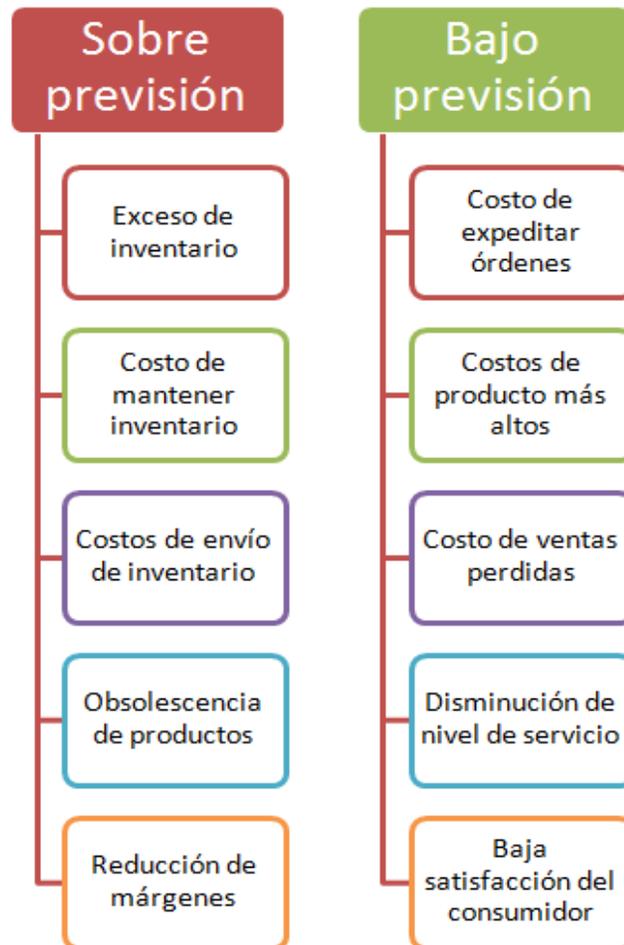


Autor: *Pronósticos de venta, México*. Recuperado de:  
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/>. (2019).

## 2.4. Implicaciones en el error de pronóstico

Aunque dentro de los errores más comunes en la gestión de la demanda se encuentra en primer lugar la fallida selección del método de previsión, existe una problemática no menor que consiste en la elaboración de diferentes pronósticos por cada órgano funcional de la organización, es decir, el pronóstico es usualmente desarrollado por el área comercial y choca contra la planificación realizada por el área de producción.

Figura 3. **Error de pronóstico**



Autor: *Pronósticos de venta, México*. Recuperado de:  
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/> (2019).

## 2.5. **Métodos de pronóstico**

En la actualidad existen diversos métodos de previsión que pueden considerarse como estándar. Existen dos grandes grupos que abarcan todos los métodos estandarizados de previsión, estos son los cualitativos y

cuantitativos. Otra gran categorización, dispone los métodos de previsión en tres categorías, estas son cualitativos, de proyección histórica (cuantitativos) y causales (cuantitativos).

Figura 4. **Métodos de pronóstico**



Autor: *Pronósticos de venta, México*. Recuperado de:  
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/> (2019).

## 2.6. ¿Cómo mejorar el pronóstico de ventas?

Según un estudio elaborado por Marshall L.Fisher, Ananth Raman y Anna Sheen McClelland, una organización pueden mejorar de manera sustancial la precisión de sus pronósticos, mediante la ejecución de las siguientes actividades:

- Actualizando las previsiones con base a datos iniciales de ventas.
- Analizando la precisión de sus pronósticos, identificando los errores y comprendiendo cuándo y por qué ocurren.
- Probando la aceptación de los nuevos productos antes y después de su lanzamiento.
- Utilizando distintos métodos de enfoque de pronósticos, de manera que permite entender las diferentes asunciones implícitas en las diferentes técnicas.

## **2.7. Demanda**

Cuando se habla de demanda, se refiere uno a la cantidad de bienes o servicios que se solicitan o se desean en un determinado mercado de una economía a un precio específico.

La demanda que una persona, una familia, una empresa o un consumidor en general tiene de un determinado producto o servicio puede estar influenciada por un gran número de factores que determinarán la cantidad de producto solicitado o demandado o, incluso, si éste tiene demanda o no.

Algunos de estos factores son las preferencias del consumidor, sus hábitos, la información que éste tiene sobre el producto o servicio por el cual se muestra interesado, el tipo de bien en consideración y el poder de compra; es decir, la capacidad económica del consumidor para pagar por el producto o servicio, la utilidad o bienestar que el bien o servicio le produzca, el precio, la existencia de un bien complementario o sustituto, entre otros. Es importante aclarar que estos factores no son estáticos, pues pueden cambiar, a través del tiempo o en un momento determinado.

En el análisis económico se tiende a simplificar este panorama manteniendo en niveles constantes todos los factores con excepción del precio; de esta forma, se establece una relación entre el precio y la cantidad demandada de un producto o servicio. Esta relación se conoce como la curva de demanda. La pendiente de la curva es un punto importante que se debe analizar. Esta pendiente determina cómo aumenta o disminuye la demanda ante una disminución o un aumento del precio. Este concepto se denomina la “elasticidad” de la curva de demanda.

En general, la ley de la demanda indica que existe una relación inversa entre el precio y la cantidad demandada de un bien durante un cierto período; es decir, si el precio de un bien aumenta, la demanda por éste disminuye; por el contrario, si el precio del bien disminuye, la demanda tenderá a subir (existen excepciones a esta ley, dependiendo del bien del que se esté hablando). Banco de la República, (2015).

## **2.8. Inventarios**

El inventario es el documento más simple en contabilidad. Es utilizado para ver, de forma general, con lo que cuenta la empresa para desarrollar su actividad.

Fundamentalmente se divide en tres puntos, que son: activo, pasivo y capital. El activo es todo lo que tiene la empresa que le genera dinero. El pasivo es todo lo que tiene la empresa que le genera pérdida de dinero.

El capital, por su parte, es la diferencia entre todo el activo que posee la empresa y todo el pasivo que tiene que soportar. Es un valor que dice el valor

de una empresa de forma muy general. En la práctica, se suele decir que el capital es lo que la empresa realmente tiene. Raja, M. (2016).

### **2.8.1. Administración de inventarios**

La administración de un inventario es un punto determinante en el manejo estratégico de toda organización, tanto de prestación de servicios como de producción de bienes.

Las tareas correspondientes a la administración de un inventario se relacionan con la determinación de los métodos de registro, la determinación de los puntos de rotación, las formas de clasificación y el modelo de reinventario determinado por los métodos de control (el cual determina las cantidades a ordenar o producir, según sea el caso).

Los objetivos fundamentales de la gestión de inventarios son:

- Reducir al mínimo posible los niveles de existencias y
- Asegurar la disponibilidad de existencias (producto terminado, producto en curso, materia prima, insumo, entre otros) en el momento justo. Bastidas Bonilla (2010).

### **2.9. Costo de quiebre de *stock* (costo de inexistencias)**

El costo de quiebre de *stock* funciona como un *Shadow Price* en relación a cada unidad en inventario que posibilita el proceso de partida doble en la búsqueda de un equilibrio entre costos de operación de inventario. Dentro de este grupo de costos, se incluyen todos los consecuentes de un proceso de

pérdida de ventas e incumplimiento de contratos, que redundan en tres básicos grupos:

- Pérdida de ingresos por ventas.
- Gastos generados por incumplimiento de contratos
- Repedido y sustitución

Sin embargo, identificar de manera cuantitativa el costo total por quiebre de stock es una tarea compleja, dado que una necesidad insatisfecha puede generar la pérdida de un cliente y la pérdida de credibilidad de la organización, factores difícilmente cuantificables y que solo a través de un sistema de gestión de calidad podría lograr óptimas aproximaciones, aunque igualmente subjetivas de las consecuencias del quiebre de stock. Barberis P. (2012).

#### **2.10. Sobre stock**

Los productos en sobre *stock* son generados por excedentes en la producción de una fábrica o excedentes en la compra de producto de un distribuidor o de una cadena minorista. Cuando se produce más producto que el necesario con base a una falsa expectativa, cuando se compra en exceso producto, regularmente se vende el excedente como lote de sobre stock. Ahorranet (2012).

#### **2.11. Importancia de poseer inventarios**

La realidad de las organizaciones enseña que carecen de supuestos totalmente determinísticos en materia de la estimación de la demanda de sus bienes y servicios, para lo cual se buscan alternativas que logren establecer un equilibrio entre la disponibilidad de los mismos (que pondera el nivel de servicio

ofrecido por la organización) y los costos que generen estas medidas contingentes. Los inventarios, aunque carecen de generación de valor agregado para las organizaciones permiten de una u otra manera proporcionar una disponibilidad de los bienes y servicios prestados por ellas además de asegurar la continuidad de los procesos que realiza la misma. Entre otros, los principales objetivos de un inventario son:

- Mitigación de las fluctuaciones de la demanda ofreciendo un aseguramiento contra las incertidumbres del mercado.
- Facilita un rol proactivo ante los cambios previstos en la oferta y la demanda.
- Permite un flujo continuo de los procesos de manufactura y ensamble, otorgándole flexibilidad a los procesos de programación.
- Mejora los procesos de compraventa de suministros y materiales, teniendo la posibilidad de aprovechar descuentos por volumen.

Por esto y más se puede concluir que evidentemente el proceso mediante el cual se busca que la organización mantenga determinado nivel de inventario es un "mal necesario" y que la búsqueda por la minimización de los costos asociados a este generan la necesidad de aplicación de múltiples herramientas las cuales deben en su totalidad ser dominadas por el ingeniero industrial, dándole la oportunidad de ejercer. Bastidas Bonilla (2010).

## **2.12. Batch óptimo de producción**

La producción óptima es aquella donde la empresa obtiene la máxima rentabilidad económica teniendo en consideración que el precio del producto que coloca en el mercado está fijado por las fuerzas del mercado, es decir, por la interacción de la oferta y la demanda.

El nivel óptimo de producción es aquel nivel donde se es más eficiente de acuerdo a los recursos disponibles y requerimientos. Se usa para balancear la cantidad producción y la cantidad recursos disponibles de tal manera que se esté tratando de correr siempre al nivel óptimo, es decir, de la manera menos costosa.

Una empresa ha logrado el nivel óptimo de producción cuando combina los factores de producción, en tal forma que, el costo de producir una unidad del producto resulta ser el más bajo posible. Buenas tareas (marzo 2013).

## **2.13. Nivel óptimo de inventarios**

Una buena administración de inventarios debe proveer los materiales y suministros que las operaciones vayan requiriendo, y al mismo tiempo minimizar la inversión de inventarios, las pérdidas como consecuencia de la caída en desuso de ciertos materiales, *stocks* deteriorados y pérdidas de ventas al no contar con un nivel adecuado de existencias.

Las principales variables que afectan al nivel de inventarios son:

- Nivel de ventas y durabilidad o perecibilidad del producto: (especialmente al nivel de existencia de productos acabados).

- Período y naturaleza técnica del proceso de producción: (especialmente al nivel de existencia de productos acabados).
- Eficiencia en la programación de compras y confiabilidad de las fuentes de abastecimiento (especialmente al nivel de existencias de materias primas).

La importancia de la administración de inventarios se debe a que mantener un nivel mayor de inventarios implica inmovilizar recursos adicionales, además se incurre en un mayor costo de mantención (manipulación y almacenamiento de los inventarios).

Por ello, la importancia de conocer la demanda real de los productos para tener inventarios óptimos. Cano hincapié, (2010)

#### **2.14. Inventarios justo a tiempo (JIT)**

El inventario justo a tiempo consiste en una filosofía empresarial que tiene por finalidad eliminar todo aquello que represente desperdicio en las actividades de compras, fabricación, distribución en una empresa.

Asumir este tipo de inventario significa no tener espacio, personas, procesos y mercancías de forma ociosa. Es no asumir nada que no implique agregar valor.

Esto significa que la empresa solo produce la mercancía que ha sido comprometida. Es como si la producción de la empresa se limitara a la cantidad solicitada.

Esta metodología de inventario tiene ventajas como son:

No dispone de personal subutilizado ni ocioso, no incurre en costo financiero derivado de mantener en almacén depósito de mercancía, maximiza la producción acorde con la demanda del mercado, evita que la mercancía sufra depreciación por obsolescencia.

Entre las desventajas se pueden citar: no se dispone de mercancía para dar respuesta a una no planificada, si ocurren problemas con los proveedores la empresa tendrá problemas para satisfacer las necesidades de los clientes en el tiempo adecuado. Duran (febrero 2013).

## **2.15. Metodología para calcular pronósticos de ventas**

Existen muchos métodos para calcular el pronóstico de ventas; entre otros, algunos son:

- Método estadístico y matemático. Mínimos cuadrados, logarítmicos.
- Método de criterios personales. Personal de ventas y comercialización. Departamento de comercialización. Consultores externos.
- Método aritmético. Incremento porcentual. Incremento absoluto. Promedio móvil. Solo Contabilidad (2012).

### **3. METODOLOGÍA MATEMÁTICA DE MÍNIMOS CUADRADOS**

#### **3.1. Historia del método**

El método de mínimos cuadrados tiene una larga historia que se remonta a principios del siglo XIX.

En junio de 1801, Zach, un astrónomo que Gauss había conocido dos años antes, publicaba las posiciones orbitales del cuerpo celeste Ceres, un nuevo “pequeño planeta” descubierto por el astrónomo italiano G. Piazzi en ese mismo año. Desafortunadamente, Piazzi sólo había podido observar 9 grados de su órbita antes de que este cuerpo desapareciese tras del sol. Zach publicó varias predicciones de su posición incluyendo una de Gauss, que difería notablemente de las demás. Cuando Ceres fue redescubierto por Zach en diciembre de 1801 estaba casi exactamente en donde Gauss había predicho.

Aunque todavía no había revelado su método, Gauss había descubierto el método de mínimos cuadrados. En un trabajo brillante logró calcular la órbita de Ceres, a partir de un número reducido de observaciones, de hecho, el método de Gauss requiere sólo un mínimo de 3 observaciones y todavía es, en esencia, el utilizado en la actualidad para calcular las órbitas. Cruces Alvarez (2013).

#### **3.2. ¿Qué es el método de mínimos cuadrados?**

Mínimos cuadrados es una técnica de análisis numérico enmarcada dentro de la optimización matemática, en la que, dados un conjunto de pares ordenados: variable independiente, variable dependiente, y una familia de

funciones, se intenta encontrar la función continua, dentro de dicha familia, que mejor se aproxime a los datos (un mejor ajuste), de acuerdo con el criterio de *mínimo error cuadrático*.

En el método de mínimos cuadrados deseamos minimizar la discrepancia entre los datos observados  $x[n]$  y la señal original  $s[n]$ . Esta señal se genera a través de un modelo que depende un conjunto de parámetros de interés agrupados en el vector  $\theta$ . Aunque  $s[n]$  es completamente determinista la presencia de inexactitudes en el modelo o ruido en los sensores hace que las observemos una versión perturbada de ésta que denotamos por  $x[n]$ .

A lo largo del tema preferiremos utilizar la notación vectorial por su mayor simplicidad y claridad a la hora de permitir visualizar los resultados. Kay Steven, (1993).

### **3.3. Fórmula para calcular mínimos cuadrados**

El método de mínimos cuadrados ajusta la información a una recta que sea representativa de cada uno de los puntos. Esta recta tendrá la siguiente forma:

$$Y = a + bx$$

Donde:

$a$  = es la porción fija

$b$  = es la pendiente

Para encontrar el valor de los parámetros “a” y “b” se aplican las siguientes fórmulas:

$$b = \frac{N\sum x y - \sum x \sum y}{N\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad a = \frac{\sum y - b\sum x}{N}$$

Donde:

N = el número de meses de venta

X = sumatoria de meses de venta

Y = cantidad de ventas

El crecimiento de ventas (c) se determina mediante la siguiente fórmula:

$$c = \frac{b(n)}{\sum y}$$

*Villalobos, López Valdez, López Dueñas & Valenzuela (2014).*

### **3.4. Objetivo de utilizar mínimos cuadrados**

La regresión por mínimos cuadrados, es una técnica cuyo objetivo es derivar una curva que minimice la discrepancia entre los puntos y la curva. Algunas suposiciones estadísticas inherentes en los procedimientos por mínimos cuadrados lineales son:

- Cada  $x$  tiene un valor fijo no es aleatorio y es conocido sin error.
- Los valores  $y$  son valores aleatorios independientes y todos tienen la misma varianza.
- Los valores de  $y$  para una  $x$  dada deben ser normalmente distribuidos.
- La regresión de  $y$  contra  $x$  no es la misma que la de  $x$  contra  $y$ .  
Luenberger, (1969, cap.3 y 4).

### **3.5. Por qué utilizar mínimos cuadrados para calcular pronósticos de venta**

La aplicación de este método implica un supuesto de linealidad cuando la demanda presenta un comportamiento creciente o decreciente, por tal razón, se hace indispensable que previo a la selección de este método exista un análisis de regresión que determine la intensidad de las relaciones entre las variables que componen el modelo.

El pronóstico de regresión lineal simple es un modelo óptimo para patrones de demanda con tendencia (creciente o decreciente), es decir, patrones que presenten una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo.  
Kaylath T, (2000, Cap. 1 y 2).

## **4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Fase 1: revisión documental**

En esta fase, se realizó una revisión documental descriptiva para elaborar el marco teórico. La técnica empleada fue la consulta de textos, información en línea, con su respectiva bibliografía. Todo esto realizó al inicio de la elaboración del plan de investigación.

### **4.2. Fase 2: análisis de la situación**

Se procedió a realizar un análisis de la situación de la empresa para obtener conocimientos relacionados al tema de estudio, se participó en los comités de venta donde se colocan los pronósticos, se determinó el método utilizado para la planeación y colocación de los mismos con el equipo comercial, de mercadeo y gestión de la demanda.

Se recolectó la información necesaria utilizando el consolidado de venta mensual, para monitorear la facturación, los inventarios, el avance de la venta y los cartones que se reportaron como agotados. Y así evaluar el método matemático calcular pronósticos de venta de productos aireados.

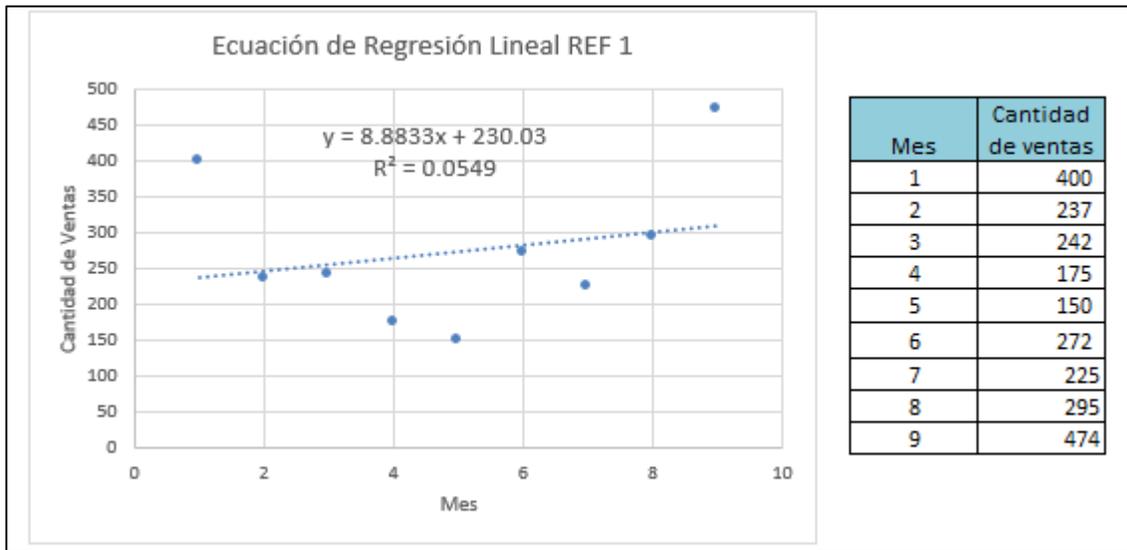
Tabla II. Consolidación de datos

|                       |            | REFERENCIA |       |       |
|-----------------------|------------|------------|-------|-------|
|                       |            | REF.1      | REF 2 | REF 3 |
| PRONÓSTICO            | ENERO      | 200        | 68    | 382   |
|                       | FEBRERO    | 200        | 90    | 300   |
|                       | MARZO      | 200        | 75    | 300   |
|                       | ABRIL      | 200        | 75    | 250   |
|                       | MAYO       | 120        | 30    | 200   |
|                       | JUNIO      | 200        | 30    | 200   |
|                       | JULIO      | 150        | 40    | 400   |
|                       | AGOSTO     | 200        | 45    | 400   |
|                       | SEPTIEMBRE | 225        | 125   | 425   |
| VENTA REAL            | ENERO      | 400        | 69    | 193   |
|                       | FEBRERO    | 237        | 42    | 351   |
|                       | MARZO      | 242        | 30    | 325   |
|                       | ABRIL      | 175        | 15    | 302   |
|                       | MAYO       | 150        | 10    | 316   |
|                       | JUNIO      | 272        | 25    | 264   |
|                       | JULIO      | 225        | 22    | 207   |
|                       | AGOSTO     | 295        | 85    | 204   |
|                       | SEPTIEMBRE | 474        | 61    | 422   |
| % ERROR DE PRONÓSTICO | ENERO      | 100%       | 1%    | -49%  |
|                       | FEBRERO    | 19%        | -53%  | 17%   |
|                       | MARZO      | 21%        | -60%  | 8%    |
|                       | ABRIL      | -13%       | -80%  | 21%   |
|                       | MAYO       | 25%        | -67%  | 58%   |
|                       | JUNIO      | 36%        | -17%  | 32%   |
|                       | JULIO      | 50%        | -45%  | -48%  |
|                       | AGOSTO     | 48%        | 89%   | -49%  |
|                       | SEPTIEMBRE | 111%       | -51%  | -1%   |

Fuente: elaboración propia.

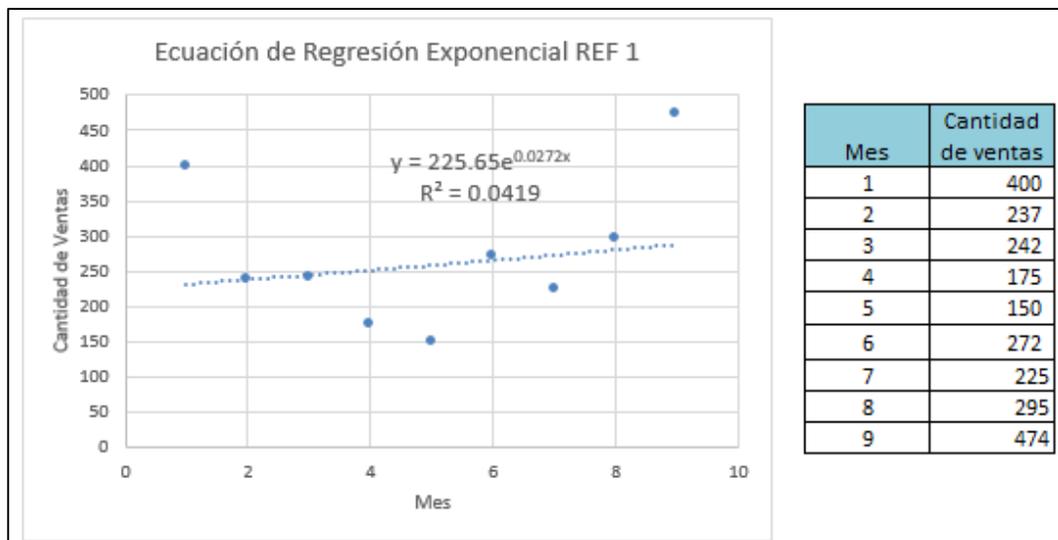
Se calculó la regresión lineal, logarítmica y exponencial para estos datos recolectados y se procedió a graficar para obtener el valor de  $R^2$ , los resultados son los siguientes.

Figura 5. Ecuación de regresión lineal REF 1



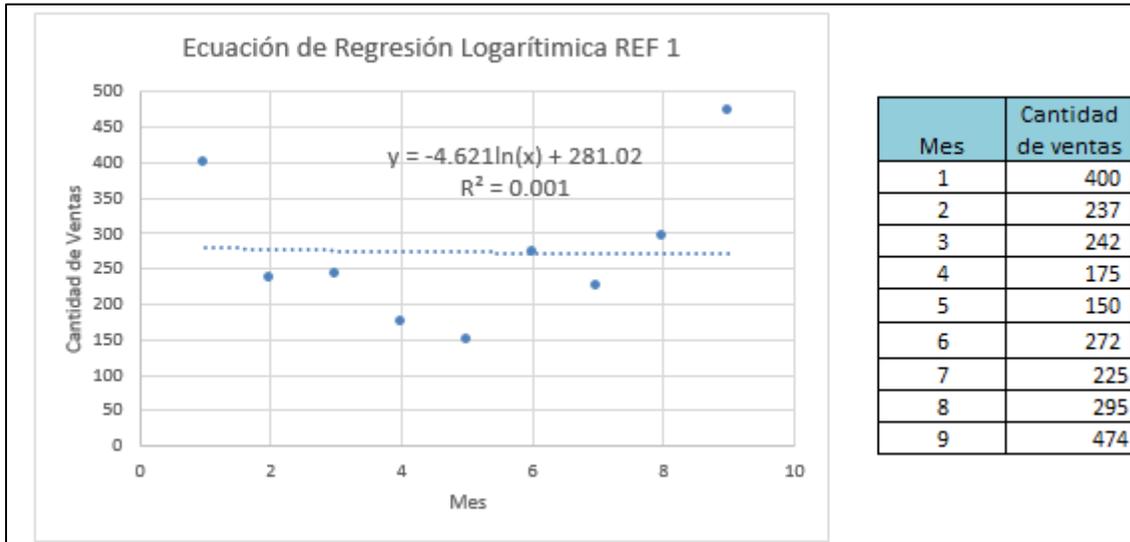
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Ecuación de regresión exponencial REF 1



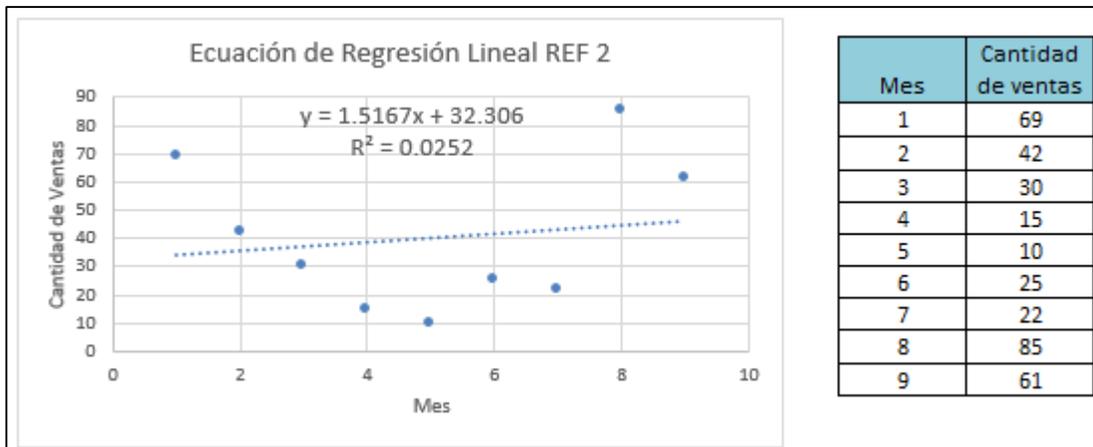
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Ecuación de regresión logarítmica REF 1



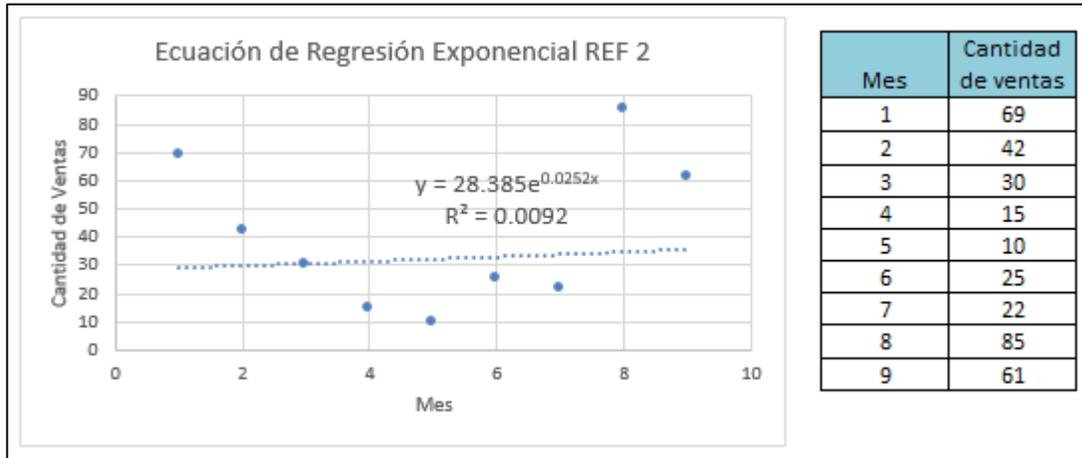
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Ecuación de regresión lineal REF 2



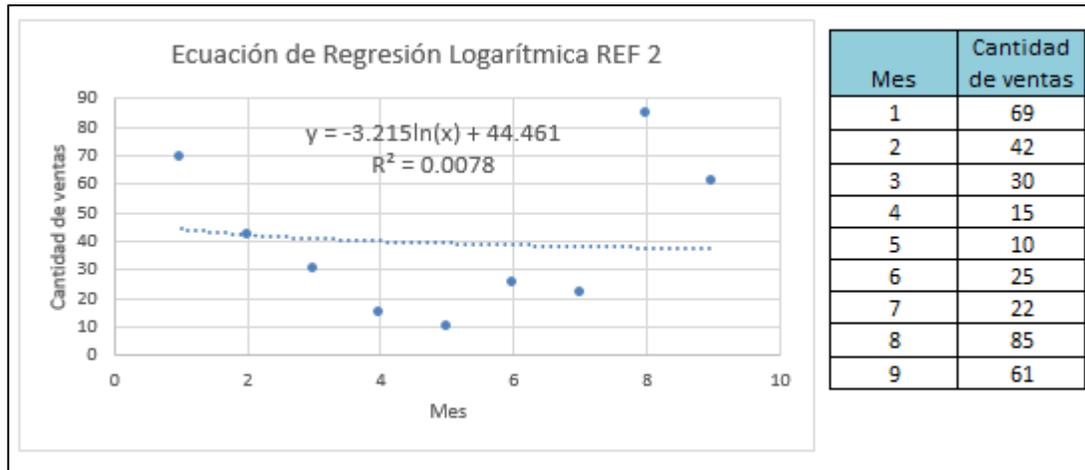
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Ecuación de regresión exponencial REF 2



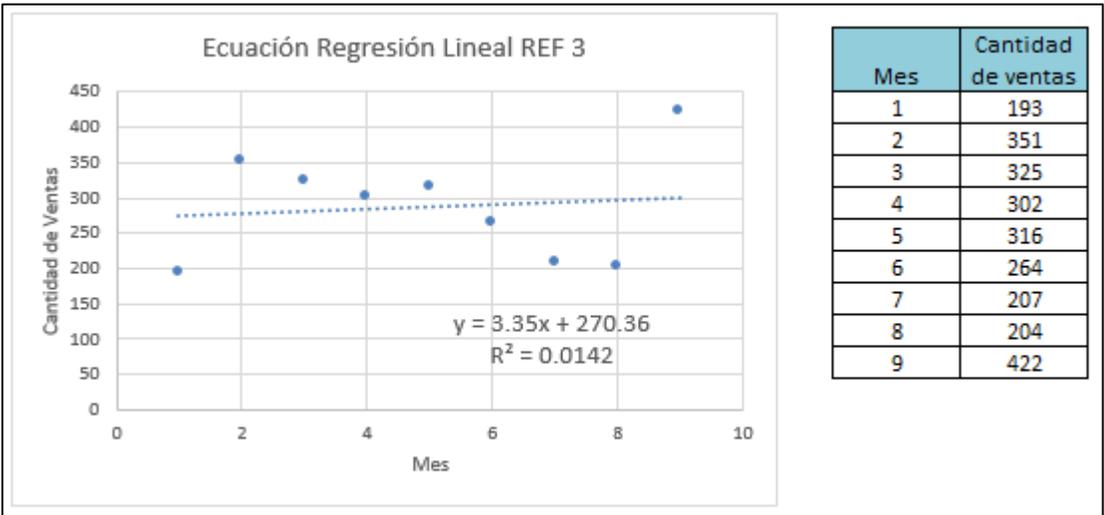
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Ecuación de regresión logarítmica REF 2



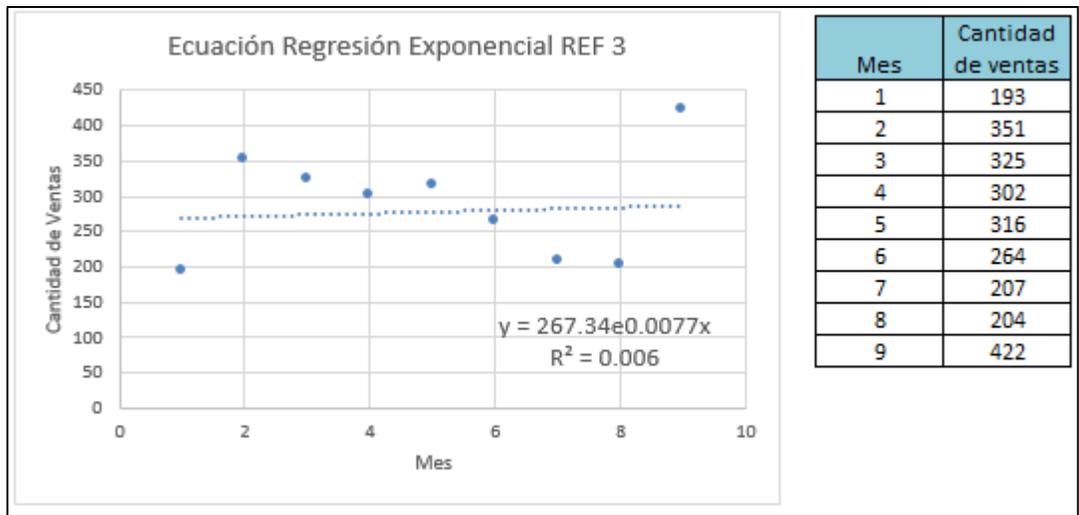
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Ecuación de regresión lineal REF 3



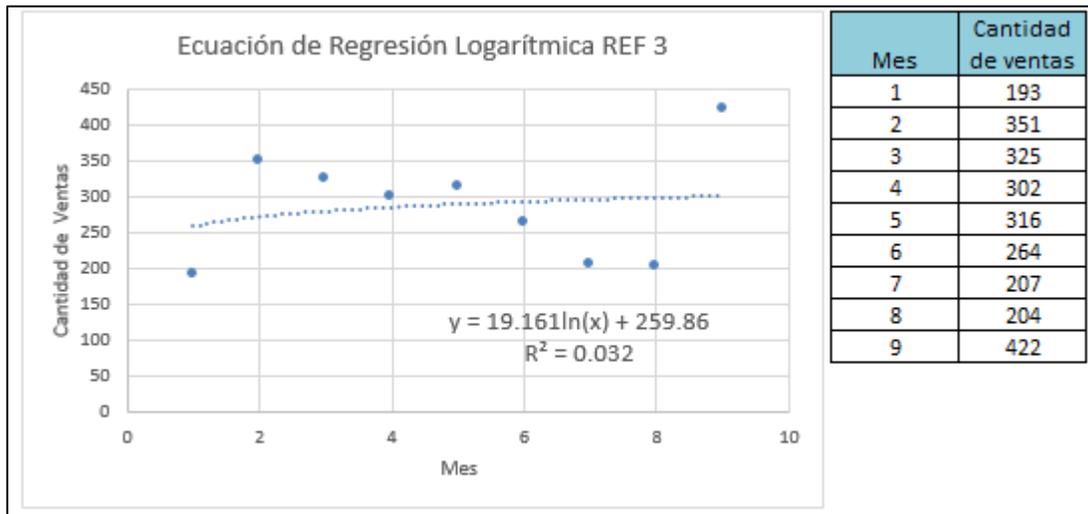
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Ecuación de regresión exponencial REF 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Ecuación de regresión logarítmica REF 3**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.3. Fase 3: mejora en la planificación de producción

Se observó una mejora en la planificación de producción de la línea de confites aireados, debido a que se aumentó el nivel de certeza de los pronósticos, razón por la cual la planeación de producción permitió que se programaran lotes más grandes minimizando los tiempos muertos por cambio de referencia o variedad haciendo más eficiente la planta. Lo cual beneficia con mejorar el nivel de cobertura de inventario minimizando los productos reportados como faltantes y agotados en el mercado.

#### 4.4. Fase 4: error de pronóstico

Se minimizó el indicador de rango de error de pronóstico para la línea de confites aireados utilizando una metodología de mínimos cuadrados para calcular el pronóstico de venta de estas referencias. Al inicio de este estudio, se

determinó que se encontraba en 17 % el error, utilizando la metodología propuesta se logró mejorarlo en un 8 %, dando un resultado final de error de pronóstico de 9 %.

## 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la investigación que a continuación se presentan han sido mostrados por medio de las siguientes fases metodológicas utilizadas: fase 1: Revisión documental, fase 2: Análisis de la situación, fase 3: Mejora en la planificación de producción y fase 4: Error de pronóstico.

- Para alcanzar el objetivo 1. Identificar la situación de la empresa para implementar un método matemático, se presentan los siguientes resultados.

Se realizó un análisis de la situación de la empresa, donde se logró determinar que la manera en la cual se realizan los pronósticos de venta para los productos de confites aireados es basándose en el criterio personal del gerente de ventas del país, apoyándose en el tendencial mensual de ventas. No se tiene implementada una metodología adecuada que realmente tenga mayor exactitud para definir los mismos.

Este procedimiento es subjetivo, carece de un modelo o método matemático, lo cual tiende a generar un amplio margen de error en la estimación de los pronósticos de venta.

Para este proyecto se tomaron 3 referencias como muestra de una población total de 12 referencias. Las tres referencias seleccionadas son las que mayor variación tienen en pronóstico versus venta real, ya sea por sobreventa o porque lo facturado real queda muy bajo con respecto al pronóstico estimado.

Las referencias para motivos de este estudio se denominaron como Ref 1, Ref 2 y Ref 3. Se colocó el pronóstico colocado, la venta real y el error de pronóstico, tal como lo muestra la siguiente imagen.

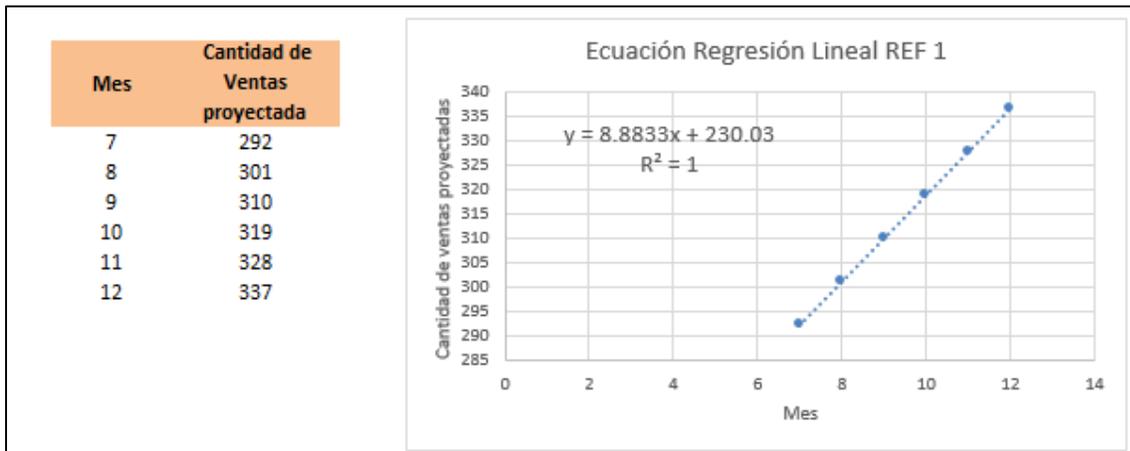
Tabla III. **Consolidación de datos de las referencias evaluadas**

|                       |            | REFERENCIA |       |       |
|-----------------------|------------|------------|-------|-------|
|                       |            | REF.1      | REF 2 | REF 3 |
| PRONÓSTICO (CAR)      | ENERO      | 200        | 68    | 382   |
|                       | FEBRERO    | 200        | 90    | 300   |
|                       | MARZO      | 200        | 75    | 300   |
|                       | ABRIL      | 200        | 75    | 250   |
|                       | MAYO       | 120        | 30    | 200   |
|                       | JUNIO      | 200        | 30    | 200   |
|                       | JULIO      | 150        | 40    | 400   |
|                       | AGOSTO     | 200        | 45    | 400   |
|                       | SEPTIEMBRE | 225        | 125   | 425   |
| VENTA REAL (CAR)      | ENERO      | 400        | 69    | 193   |
|                       | FEBRERO    | 237        | 42    | 351   |
|                       | MARZO      | 242        | 30    | 325   |
|                       | ABRIL      | 175        | 15    | 302   |
|                       | MAYO       | 150        | 10    | 316   |
|                       | JUNIO      | 272        | 25    | 264   |
|                       | JULIO      | 225        | 22    | 207   |
|                       | AGOSTO     | 295        | 85    | 204   |
|                       | SEPTIEMBRE | 474        | 61    | 422   |
| % ERROR DE PRONÓSTICO | ENERO      | 100%       | 1%    | -49%  |
|                       | FEBRERO    | 19%        | -53%  | 17%   |
|                       | MARZO      | 21%        | -60%  | 8%    |
|                       | ABRIL      | -13%       | -80%  | 21%   |
|                       | MAYO       | 25%        | -67%  | 58%   |
|                       | JUNIO      | 36%        | -17%  | 32%   |
|                       | JULIO      | 50%        | -45%  | -48%  |
|                       | AGOSTO     | 48%        | 89%   | -49%  |
|                       | SEPTIEMBRE | 111%       | -51%  | -1%   |

Fuente: elaboración propia.

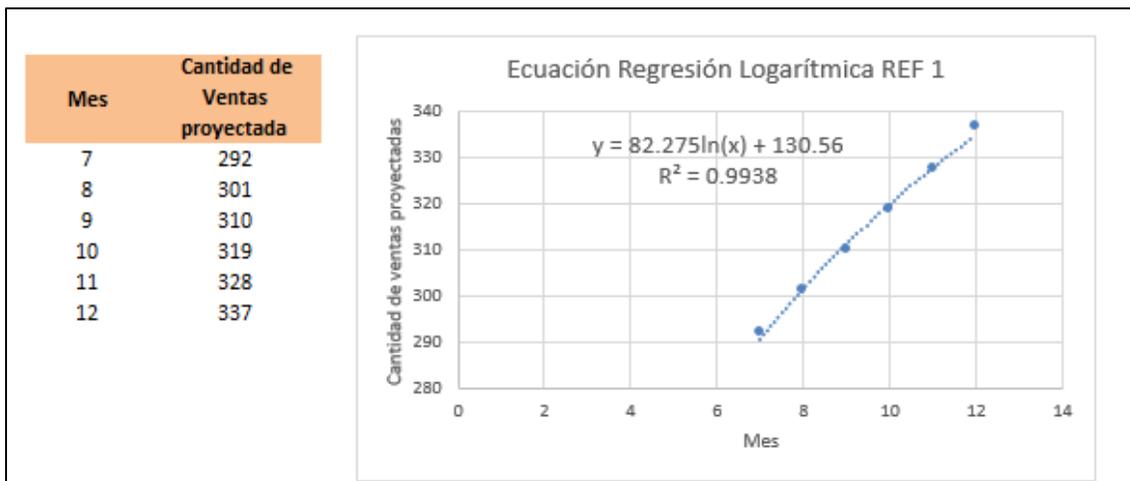


Figura 15. **Determinando ecuación de regresión lineal REF 1**



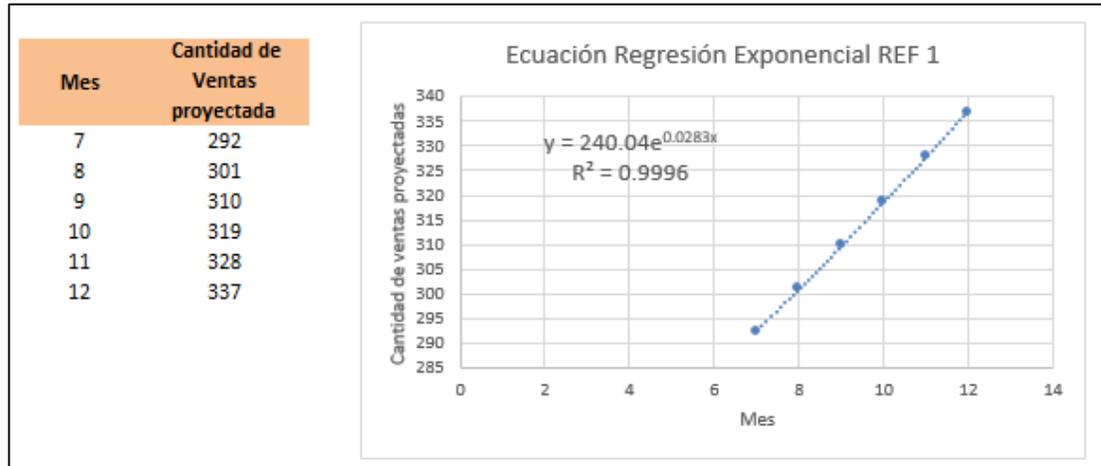
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Determinando ecuación de regresión logarítmica REF 1**



Fuente: elaboración propia.

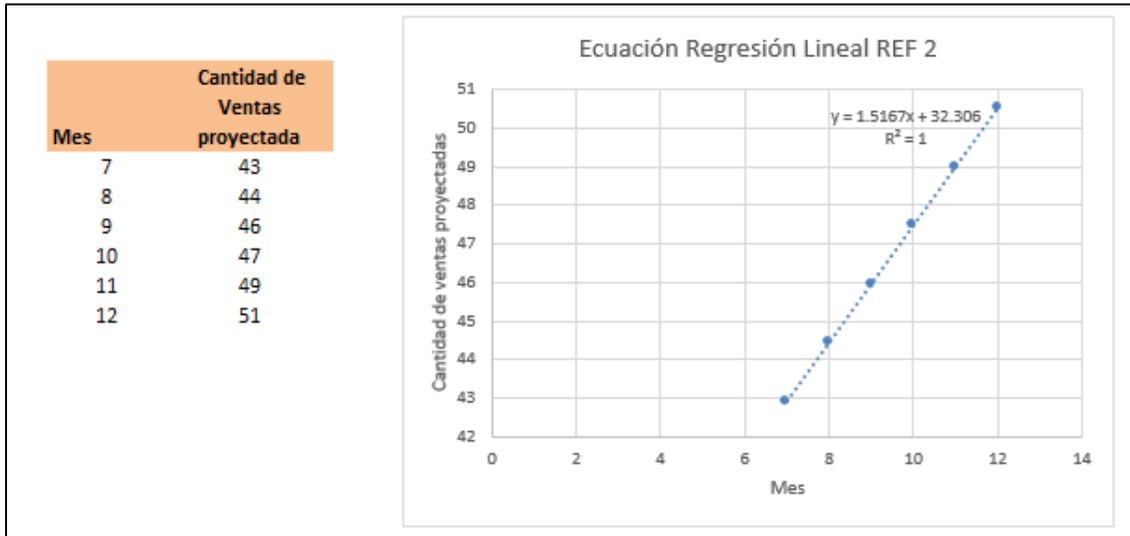
Figura 17. Determinando ecuación de regresión exponencial REF 1



|   | MES         | CANTIDAD DE VENTAS          |           |       |        |    |
|---|-------------|-----------------------------|-----------|-------|--------|----|
| REF 2   | X           | Y                           | X^2       | Y^2   | (x)(y) |    |
|   | 1           | 69                          | 1         | 4761  | 69     |    |
|   | 2           | 42                          | 4         | 1764  | 84     |    |
|   | 3           | 30                          | 9         | 900   | 90     |    |
|   | 4           | 15                          | 16        | 225   | 60     |    |
|   | 5           | 10                          | 25        | 100   | 50     |    |
|   | 6           | 25                          | 36        | 625   | 150    |    |
|   | 7           | 22                          | 49        | 484   | 154    |    |
|   | 8           | 85                          | 64        | 7225  | 680    |    |
|   | 9           | 61                          | 81        | 3721  | 549    |    |
| $\Sigma$ =  | 45          | 359                         | 285       | 19805 | 1886   |    |
|   |             |                             |           |       |        |    |
| b=  | 1.51667     | a=                          | 32.305556 |       |        |    |
| y= 32.305+ 1.5166x Recta ajustada por mínimos cuadrados |             |                             |           |       |        |    |
| c=  | 0.038022284 | 3.80% crecimiento de ventas |           |       |        |    |
|   |             |                             |           |       |        |    |
| Pronóstico de ventas para los periodos                  | 7           | 8                           | 9         | 10    | 11     | 12 |
|   | 43          | 44                          | 46        | 47    | 49     | 51 |

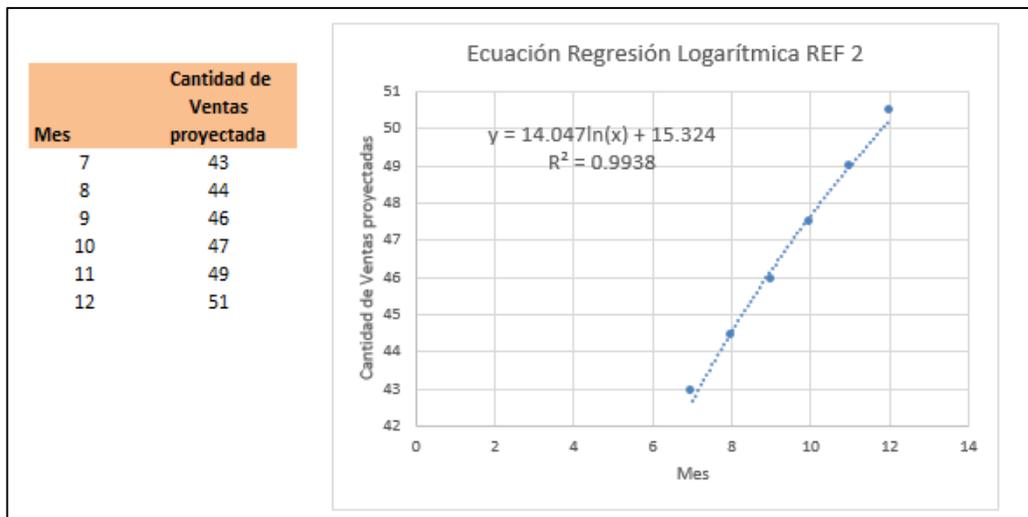
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Determinando ecuación de regresión lineal REF 2**



Fuente: elaboración propia.

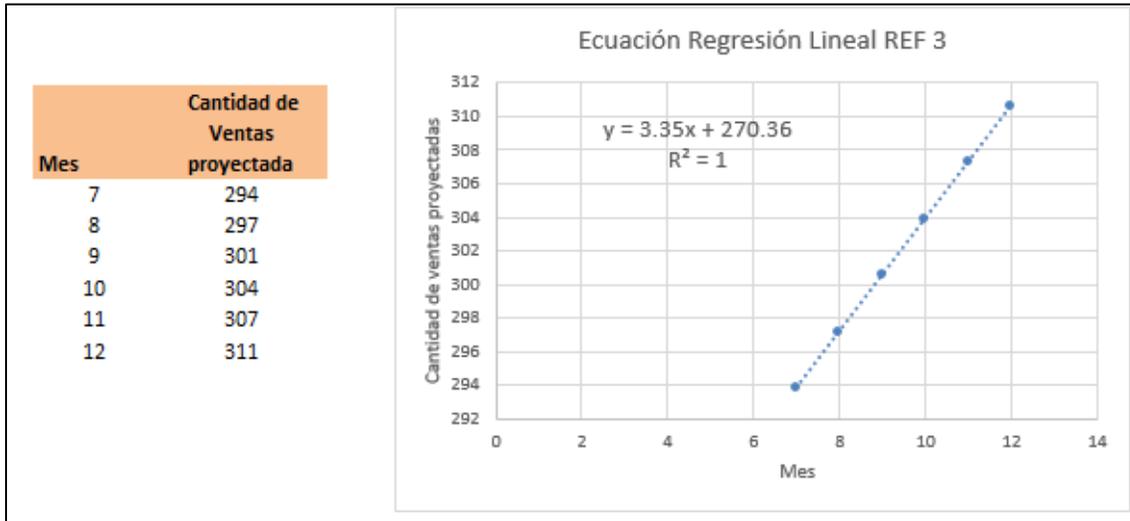
Figura 19. **Determinando ecuación de regresión logarítmica REF 2**



Fuente: elaboración propia.

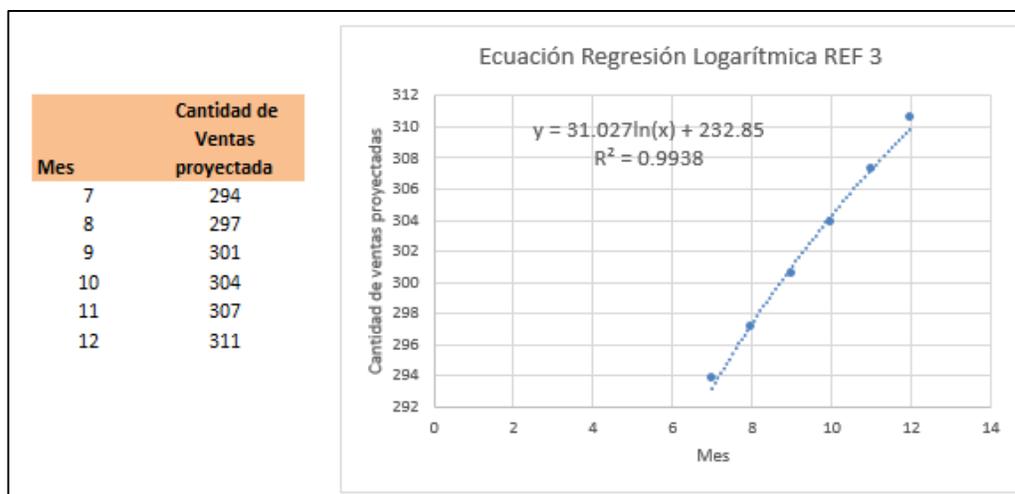


Figura 21. **Determinando ecuación de regresión lineal REF 3**



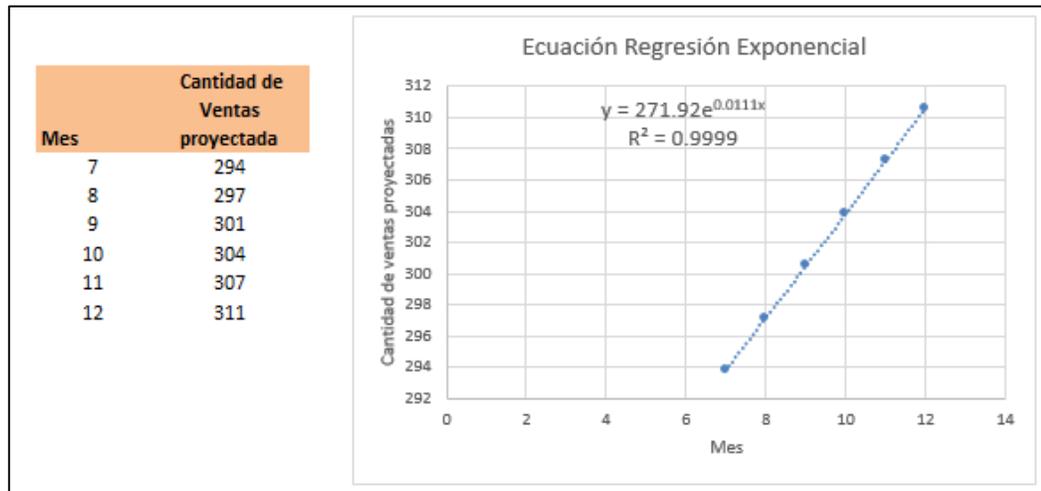
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Determinando ecuación de regresión logarítmica REF 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Determinando ecuación de regresión exponencial REF 3



Fuente: elaboración propia.

Posterior a este proyectado, se procedió a tabular la información de lo real y determinar el margen de error de pronóstico.

- Para alcanzar el objetivo 2. Determinar el rango de error de pronóstico para la línea de confites aireados utilizando una metodología de mínimos cuadrados, se presentan los siguientes resultados.

El margen de error actual se encontraba en un 17 % sobre el total de la muestra que se tomó sobre 3 referencias. Este porcentaje equivale a un estimado de 870 cartones reportados como agotados equivalentes a un aproximado de \$ 13,900.

Tabla IV. **Consolidado del modelo matemático evaluando las 3 referencias**

|       | Mes | Pronóstico colocado | Cantidad de ventas proyectadas | Venta real | Diferencia Pronóstico contra venta real | Error de pronóstico |
|-------|-----|---------------------|--------------------------------|------------|---|---------------------|
| REF 1 | 7   | 200                 | 292                            | 225        | -25                                     | 13%                 |
|       | 8   | 150                 | 301                            | 295        | -145                                    | 97%                 |
|       | 9   | 200                 | 310                            | 474        | -274                                    | 137%                |
|       | 10  | 370                 | 319                            | 749        | -379                                    | 102%                |
|       | 11  | 800                 | 328                            | 315        | 485                                     | -61%                |
|       | 12  | 500                 | 337                            | 475        | 25                                      | -5%                 |
|       |     |                     |                                | 2,533.00   |   | 47%                 |
|       | Mes | Pronóstico colocado | Cantidad de ventas proyectadas | Venta real | Diferencia Pronóstico contra venta real | Error de pronóstico |
| REF 2 | 7   | 25                  | 43                             | 22         | 3                                       | -12%                |
|       | 8   | 22                  | 44                             | 85         | -63                                     | 286%                |
|       | 9   | 85                  | 46                             | 61         | 24                                      | -28%                |
|       | 10  | 100                 | 47                             | 110        | -10                                     | 10%                 |
|       | 11  | 120                 | 49                             | 81         | 39                                      | -33%                |
|       | 12  | 120                 | 51                             | 48         | 72                                      | -60%                |
|       |     |                     |                                | 407.00     |   | 27%                 |
|       | Mes | Pronóstico colocado | Cantidad de ventas proyectadas | Venta real | Diferencia Pronóstico contra venta real | Error de pronóstico |
| REF 3 | 7   | 400                 | 294                            | 207        | 193                                     | -48%                |
|       | 8   | 400                 | 297                            | 204        | 196                                     | -49%                |
|       | 9   | 425                 | 301                            | 422        | 3                                       | -1%                 |
|       | 10  | 550                 | 304                            | 224        | 326                                     | -59%                |
|       | 11  | 500                 | 307                            | 500        | 0                                       | 0%                  |
|       | 12  | 550                 | 311                            | 631        | -81                                     | 15%                 |
|       |     |                     |                                | 2188       |   | -24%                |
|       |     |                     |                                | 5128       | PROMEDIO TOTAL                          | 17%                 |

Fuente: elaboración propia.

- Para alcanzar el objetivo 3. Analizar la planeación de producción para evitar productos faltantes y lograr los inventarios justo a tiempo, se presentan los siguientes resultados.

Al utilizar el método de mínimos cuadrados se logra observar un mejor ajuste en la planeación de pronósticos de venta, lo cual repercute a su vez, en

una mejor planeación de producción de la línea, en este caso, de confites aireados. Lo cual se logra observar en un levantamiento de inventarios más certeros a la demanda, minimizando los productos faltantes y agotados en el mercado.

Se logró realizar la proyección de 6 meses (a partir del mes número 7). Con la información tabulada en la fase anterior, se realizó un comparativo de lo que se tiene actualmente y lo proyectado con el método de estudio.

Tabla V. Cuadro comparativo de los resultados proyectados

| UTILIZANDO MÍNIMOS CUADRADOS |     |                     |                                |            |   |                     |   |                     |                                    |
|------------------------------|-----|---------------------|--------------------------------|------------|---|---------------------|---|---------------------|------------------------------------|
|                              | Mes | Pronóstico colocado | Cantidad de ventas proyectadas | Venta real | Diferencia Pronóstico contra venta real | Error de pronóstico | Diferencia Proyectado contra pronóstico | Error de pronóstico | Disminución de error de pronóstico |
| REF 1                        | 7   | 200                 | 292                            | 225        | -25                                     | 13%                 | 92                                      | -23%                | -11%                               |
|                              | 8   | 150                 | 301                            | 295        | -145                                    | 97%                 | 151                                     | -2%                 | 95%                                |
|                              | 9   | 200                 | 310                            | 474        | -274                                    | 137%                | 110                                     | 53%                 | 84%                                |
|                              | 10  | 370                 | 319                            | 749        | -379                                    | 102%                | -51                                     | 135%                | -33%                               |
|                              | 11  | 800                 | 328                            | 315        | 485                                     | -61%                | -472                                    | -4%                 | 57%                                |
|                              | 12  | 500                 | 337                            | 475        | 25                                      | -5%                 | -163                                    | 41%                 | -36%                               |
|                              |     |                     |                                | 2,533.00   |   |                     | 47%                                     |                     | 26%                                |
| REF 2                        | 7   | 25                  | 43                             | 22         | 3                                       | -12%                | 18                                      | -49%                | -37%                               |
|                              | 8   | 22                  | 44                             | 85         | -63                                     | 286%                | 22                                      | 91%                 | 195%                               |
|                              | 9   | 85                  | 46                             | 61         | 24                                      | -28%                | -39                                     | 33%                 | -5%                                |
|                              | 10  | 100                 | 47                             | 110        | -10                                     | 10%                 | -53                                     | 132%                | -48%                               |
|                              | 11  | 120                 | 49                             | 81         | 39                                      | -33%                | -71                                     | 65%                 | -32%                               |
|                              | 12  | 120                 | 51                             | 48         | 72                                      | -60%                | -69                                     | -5%                 | 55%                                |
|                              |     |                     |                                | 407.00     |   |                     | 27%                                     |                     | 21%                                |
| REF 3                        | 7   | 400                 | 294                            | 207        | 193                                     | -48%                | -106                                    | -30%                | 18%                                |
|                              | 8   | 400                 | 297                            | 204        | 196                                     | -49%                | -103                                    | -31%                | 18%                                |
|                              | 9   | 425                 | 301                            | 422        | 3                                       | -1%                 | -124                                    | 40%                 | -39%                               |
|                              | 10  | 550                 | 304                            | 224        | 326                                     | -59%                | -246                                    | -26%                | 33%                                |
|                              | 11  | 500                 | 307                            | 500        | 0                                       | 0%                  | -193                                    | 63%                 | -63%                               |
|                              | 12  | 550                 | 311                            | 631        | -81                                     | 15%                 | -239                                    | 103%                | -88%                               |
|                              |     |                     |                                | 2188       |   |                     | -24%                                    |                     | -20%                               |
|                              |     |                     |                                | 5128       | PROMEDIO TOTAL                          |                     | 17%                                     |                     | 9%                                 |

Fuente: elaboración propia.

Con el método planteado en este trabajo, se logró minimizar el error de pronósticos de un 17 % inicial, que se determinó en el análisis de situación actual, a un 9 %, el cual equivale a 465 cartones reportados como agotados, es decir, 400 car menos a lo determinado en la fase dos, con una cantidad estimada en dólares de \$7,440 (\$6,421 menos a lo inicial).

Tabla VI. Determinación del error de pronóstico de las 3 referencias con el método evaluado

| CAR | \$ (DÓLARES) |
|-----|--------------|
| 465 | 7440         |

Fuente: elaboración propia.

## **6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Procedimiento de la investigación**

Los pronósticos de venta son una herramienta muy valiosa para las empresas, debido a que estos ayudan a tener un horizonte muy claro de hacia dónde se dirige la empresa, en términos de volumen de fabricación, volúmenes de venta y rentabilidad. Estas proyecciones permiten realizar una planificación adecuada en las líneas de producción y el personal que se requerirá para lograr producir y cubrir la demanda del mercado. Optimizar los niveles de inventario para evitar productos faltantes en los clientes y canales de venta.

Por esta razón, surgió la necesidad de evaluar una metodología matemática de mínimos cuadrados que permitió calcular pronósticos de venta para una línea de productos de confites aireados, la cual consistió en recolectar los datos de venta, error de pronósticos; con esta información realizar los cálculos necesarios, verificar la factibilidad y los beneficios de utilizar la metodología matemática.

### **6.2. Validez y limitantes**

Respecto a la investigación, evaluación de una metodología matemática de mínimos cuadrados, para optimizar pronósticos de venta de productos de confitería aireados, se determinó que:

- La metodología utilizada por el equipo comercial para determinar pronósticos se basa en el criterio del gerente de ventas, basado en el

tendencial de las mismas contra mes y año anterior, lo cual es un procedimiento subjetivo y tiende a generar un amplio margen de error en la estimación de pronósticos. Mientras que la metodología propuesta en este trabajo tiende a ajustar en línea recta la fluctuación dando mayor certeza de los pronósticos de las referencias de confites aireados.

- La metodología matemática de mínimos cuadrados beneficia la planeación y programación de producción de la línea de confites aireados, debido a que este método implica un supuesto de linealidad cuando la demanda presenta un comportamiento creciente o decreciente.
- Se observa una disminución en el margen de error, la cual mejora la rentabilidad en las ventas.

#### Validez externa

Como antecedente de esta investigación se tiene la realizada por (Gabriela Garduño García, 2011, p.33) expone que “el subproceso de cálculo de pronóstico presenta deficiencias las cuales se ven reflejadas en el incumplimiento de los objetivos y planes funcionales definidos por todas las áreas involucradas en la determinación de la demanda y las ventas. Debido a que estos son ajustados de acuerdo al *“feeling”* de los gerentes. Por esta razón, resulta ser un área interesante de oportunidad para que, a través del análisis y evaluación del método actual, y mediante la aplicación y evaluación de metodologías de cálculo, se integre una propuesta de metodología que ofrezca mayor certidumbre y precisión en las ventas estimadas y contribuya a su vez a la disminución de los costos ocasionados por un pronóstico inadecuado”.

Por tanto, la investigación planteada tiene validez dentro de la empresa donde se realizó, debido a la importancia de optimizar los pronósticos de venta, para mejorar el nivel de inventarios, mejorar la programación de la línea productiva y disminuir la cantidad de cartones reportados como agotados.

Una de las limitantes es la carencia de un plan de mensual de mercadeo, debido a que se desconoce los meses en los cuales se activarán promociones, descuentos, se brindará impulsos a estas referencias, y esto puede incurrir en ampliar el error de pronóstico.

### **6.3. Evaluación de las fases de la investigación**

En la primera y segunda fase se recabaron todos los datos necesarios para llevar a cabo el estudio, tanto teóricos en fuentes primarias para obtener conocimiento del tema y secundarias como medidos en el proceso. Donde se determinó que la aplicación de este método implica un supuesto de linealidad cuando la demanda presenta un comportamiento creciente o decreciente. En la bibliografía consultada del año 2013, del autor Joannes Vermorel, hace mención a que: “La precisión del pronóstico es el grado de cercanía entre la *expresión* de cantidad y el valor real de esa cantidad. El valor real generalmente no puede medirse en el momento en el que se realiza el pronóstico, porque la expresión se refiere al futuro. Para la mayoría de las actividades comerciales, pronósticos más precisos aumentan su eficacia para responder a la demanda al tiempo que disminuyen los costes operativos totales”.

En la tercera fase, se logró observar que utilizando la metodología matemática para calcular los pronósticos, implícitamente se obtiene una mejora en la planificación de producción de la línea de confites aireados, dado a la certeza de los pronósticos se puede determinar con mayor exactitud los

volúmenes requeridos de fabricación lo cual permite una planificación adecuada a la línea de producción, que permite producir y cubrir la demanda del mercado.

En la cuarta fase, se observó que el rango inicial de margen de error se minimizó un 8 % al utilizar la metodología de mínimos cuadrados, lo cual equivale a 400 cajas menos de producto reportado como agotado que en dinero se traduce a \$7,440.

Con estos resultados obtenidos se determina que la utilización de un modelo matemático para calcular pronósticos de venta, en este caso el modelo de mínimos cuadrados, logra mejorar el nivel de cobertura de inventario en bodega, disminuyendo el margen de error de pronóstico, lo cual se traduce a un resultado positivo para esta investigación.

Además, se logra concretar que la metodología matemática de mínimos cuadrados, puede replicarse al resto de referencias del portafolio de la empresa para optimizar el cálculo de pronósticos de venta.

Con la realización de la investigación propuesta, se obtuvo como alcance técnico una optimización en el cálculo de pronósticos de venta de productos de confitería aireados.

El alcance metodológico que posee el diseño de la investigación es descriptivo, porque se observó el avance diario y mensual de las ventas para conocer el rango de error de pronóstico y se alcanzó mediante la evaluación de la metodología matemática una disminución del mismo, para mejorar la planeación de producción y tener inventarios acordes a la realidad de las ventas.

El alcance técnico que se obtuvo mediante este estudio utilizando el método matemático de mínimos cuadrados, es la mejora en la eficiencia de la programación de la planta de confites aireados, que permita tener disposición del producto justo a tiempo en la bodega y así mismo en los clientes.

Se redujo el indicador de venta pérdida por producto reportado como agotado, tener inventario óptimo acorde a la demanda, y se estima reducir las mermas generadas en bodega de producto terminado por tema de vencimiento por tener un sobrestock de referencias que no tienen buena rotación.

Los resultados obtenidos fueron percibidos por el área de gestión demanda de la empresa, donde se evaluó el proceso, así como por el área de producción, ya que se mejoró la planificación de producción con órdenes acorde a la demanda real y con niveles óptimos de inventario.



## CONCLUSIONES

1. Se analizó la situación de la empresa y se determinó que el método que ellos utilizan para definir los pronósticos de venta, es mediante una reunión del equipo comercial, gestión de demanda y el área de compras y abastecimientos, basándose en el tendencial de ventas e historial y el *feeling* del gerente de país. Lo cual se traduce en un método que no es el adecuado, debido a que tiende a aumentar el error de pronóstico. Según el resultado determinado por  $R^2$  esta tiende a cero, razón por la cual se establece que no es el método idóneo. Por el tipo de negocio, y la fluctuación de la demanda se procedió a utilizar el método matemático de mínimos cuadrados para tratar de ajustar a una línea recta los mismos.
2. Se logró reducir el rango de error de pronóstico en un 8 % para la línea de Confites aireados utilizando una metodología de mínimos cuadrados, lo cual equivale a una cantidad estimada en dólares de \$7,440 (\$6,421 menos a lo inicial).
3. Se da una mejora en la planeación de producción, y esto se observó en la reducción del porcentaje de error de pronóstico, debido a que el 9 % de error que se logró al final del proyecto, permitió una mejora en la cantidad de cartones reportados como faltantes. Inicialmente se tenía reportado 865 car agotados y con la mejora en la planeación utilizando el método de mínimos cuadrados se redujo a 465 cartones, es decir, 400 car menos a lo inicial, mejorado el nivel de inventarios en las bodegas.

4. Al utilizar la metodología matemática de mínimos cuadrados, se logró optimizar los pronósticos de venta en productos de confitería aireados, brindando mayor certeza a los volúmenes requeridos de producción mejorando así la cobertura de inventario, lo cual se traduce a una disminución de producto reportado como agotado.
  
5. Al realizar las diferentes evaluaciones en los tres tipos de regresión (lineal, logarítmica, exponencial) y con base en el resultado determinado por  $R^2$  se determina que la regresión idónea para este proyecto es la regresión lineal debido a que el valor de  $R^2$  es igual a 1.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar una correcta planeación de pronósticos de ventas utilizando herramientas de cálculo matemático, debido a que permiten minimizar el error humano y de esta manera se mejora la eficiencia en la programación de producción para mantener niveles óptimos de inventarios y de esta manera mejorar la productividad y aumentar los márgenes de venta.
2. Para ampliar la utilización del método propuesto en este proyecto se exhorta a utilizarlo en todas las referencias que posee la planta productora, para minimizar el rango de error de pronóstico de todo el portafolio.
3. Realizar un plan de mercadeo y *trade marketing* anual, para utilizar esta variable en el método matemático, así elevar el nivel de certeza de los pronósticos, disminuyendo aún más el porcentaje de error de pronóstico y buscar aumentar los volúmenes de venta.
4. Aplicar el método matemático en el cálculo de determinación de pronósticos de confites aireados, tomando en cuenta las variables de la demanda estacionaria que poseen estos productos en el mercado nacional.
5. Realizar un estudio posterior para evaluar los valores de la demanda incluyendo las variables tales como inflación, tipo de cambio, productos sustitutos, productos complementarios, precio, calidad.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahorranet (2012), *Sobrestock*. Recuperado de <http://www.ahorranet.com/sobrestock>
2. Albán, Retlaw (2012), *Canales de distribución- canal de ventas- canal de marketing*. Recuperado de <https://prezi.com/bn3wt60nylx7/canales-de-distribucion-canal-de-ventas-canal-de-marketing/>
3. Barberis A., P. (2012), *Quiebres de Stock y su impacto en la demanda*. Recuperado de <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=191>
4. Bastidas Bonilla, E. (2010), *Énfasis en logística y cadena de Abastecimiento*. México: Grupo Noriega Editores.
5. Buenas tareas (2013). *Producción Óptima*. Recuperado de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Produccion-Optima/23808837.html>
6. Cano hincapié, C. (2010), *Costos, Inventarios*. México. Betasoluciones. Recuperado de <https://pymesexitosas.wordpress.com/2010/10/22/nivel-optimo-de-inventarios/>

7. Cruces Alvarez, S. (2013), *El Método de mínimos cuadrados*. México: Escuela Politécnica de Ingeniería y Minas.
8. Durán Crousselt, N. (2013). *Inventario justo a tiempo*. Recuperado de <http://www.eoi.es/blogs/mintecon/2013/02/22/inventario-justo-a-tiempo/>
9. Garduño García, G. (2011), *Metodología para calcular el pronóstico de ventas y una medición de su precisión en una empresa farmacéutica: caso de estudio*. D.F., México: Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional.
10. Hurtarte Aguilar, G. (2008), *Propuesta de un modelo de series de tiempo para el pronóstico de ventas en una fábrica de productos químicos*, (p.25), D.F., México: McGraw-Hill.
11. Kay Steven (1993), *Fundamentals of statistical signal processing estimation theory*. Estados Unidos: Prentice Hall.
12. Kaylatht (2000), *Estimación lineal*, (Cap. 1 y 2), Estados Unidos: Prentice Hall.
13. Luenberger, D. (1969), *Optimization by Vector space methods*, (cap.3 y 4), Estados Unidos: McGraw-Hill.
14. Ministerio de Economía & Agexport & Cámara de Industria de Guatemala. *Guía básica por producto para aprovechar el TLC con México*. Guatemala: Agexport, 2017.

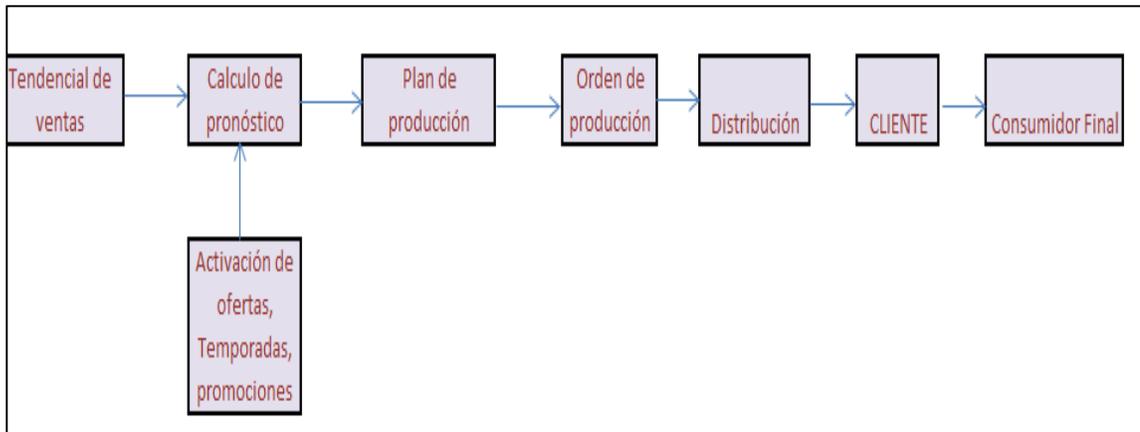
15. Orozco, N. (2012), *Tendencias innovadoras en la industria de confites*. D.F, México: Centro de capacitación.
16. Raja, M. (2016), *Contabilidad–Lección 2: El inventario*. Recuperado de <http://www.aprendegratis.com/contabilidad/curso.php=inventario>
17. Ramírez Gómez y Orozco Sánchez (2011), *Confitería de lo artesanal a la tecnología*, México, D.F.: Universidad Autónoma de México.
18. Rodríguez, B. (2008), *Planificación financiera- administración financiera y de costos*. Tesis de maestría. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
19. Salazar López (2012), *Pronósticos de venta*. Recuperado de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B9stico-de-ventas/>
20. Salazar, B. (2012), *Pronóstico de ventas*. Recuperado de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B9stico-de-ventas/>
21. Solo Contabilidad (2012), *Métodos de cálculo para el pronóstico de ventas*. Recuperado de <http://www.solocontabilidad.com/2012/10/metodos-de-calculo-para-el-pronostico.html>
22. Subgerencia Cultural del Banco de la República (2015). *Oferta y demanda*. Recuperado de

[http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/oferta\\_y\\_demanda](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/oferta_y_demanda)

23. Vermorel, J. (2007), *Excel Sales Forecasting*, Francia: La Tribune.
24. Villalobos, López Valdez, López Dueñas y Valenzuela (2014), *Estrategias Corporativas de Ventas*. Recuperado de <https://prezi.com/ticgokc7w9wg/metodos-de-pronosticos-de-ventas-minimos-cuadrados/>
25. Zeissig Dávila, J. (2010), *Modelo de pronóstico y planificación de la producción de la línea de alto movimiento de fábrica de recubrimientos superficiales*, (p. 156), Guatemala: Tesis de maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala.

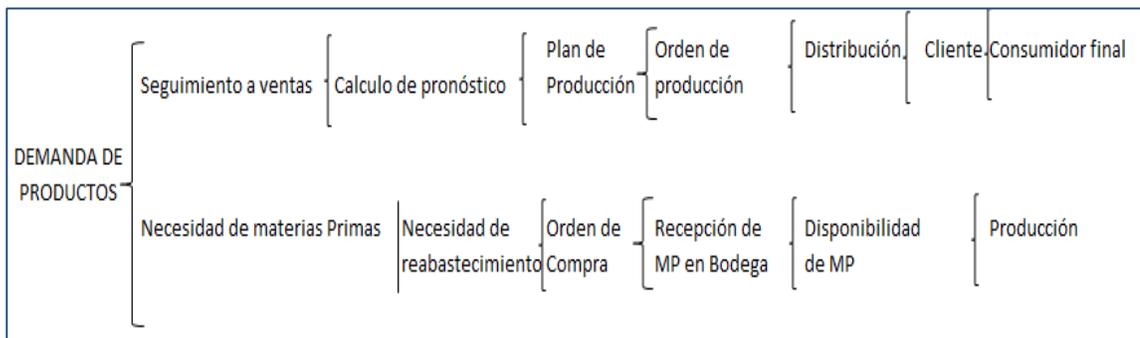
# APÉNDICES

Apéndice 1. **Mapa conceptual del proceso**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Cuadro sinóptico del problema**



Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Matriz de coherencia del proceso

| <b>MATRIZ DE COHERENCIA</b>  |   |  |   |   |   |                            |
|--|---|--|---|---|---|----------------------------|
| <b>TITULO :</b> EVALUACIÓN DE METODOLOGIA PARA CALCULAR PRONÓSTICOS DE VENTAS  |   |  |   |   |   |                            |
| <b>PROBLEMA:</b> Amplio margen de error de pronóstico de productos de confitería aireados, que recaen en ventas pérdidas   |   |  |   |   |   |                            |
| Formulación del Problema   | Objetivos   | Hipótesis  | Variables   | Indicadores                                       | Técnicas e instrumentos                                   | Poblacion                  |
| No se tiene implantada una metodología que permita realizar el cálculo del pronóstico de venta para el Departamento de Guatemala, lo cual genera un amplio margen de error de pronóstico que a su vez afecta la planeación de producción de la línea de confites aireados. | Evaluar una metodología óptima para calcular pronósticos de venta                   | Es posible evaluar y determinar una metodología de calculo de pronósticos de ventas, que permita mejorar la planeación de producción para evitar productos faltantes y tener inventarios justo a tiempo. | Proceso de calculo de pronósticos basados en metodologías matemáticas | Reporte de productos agotados                     | Estadística diaria de productos agotados                  | Departamento de Guatemala. |
|  | Determinar un método óptimo para calcular pronósticos de venta de confites aireados |  | Mejorar la forma actual de calcular pronósticos                       | Medición de venta pérdida por productos faltantes | Estadística diaria de productos faltantes                 |                            |
|  | Minimizar el rango de error de pronóstico para la línea de confites aireados        |  | Venta pérdida   | Medición del error de pronóstico                  | Recursos tecnológicos para calculo de error de pronóstico |                            |
|  | Mejorar la planeación de producción para evitar productos faltantes.                |  | Productos faltantes   | Nivel de inventarios acorde a la demanda          | Medición diaria de niveles de inventario                  |                            |

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 4. Formato de consolidado de ventas (seguimiento diario de ventas)

| PORTAFOLIO |                              | Porcentaje de tiempo de planificación de venta |               | 30%      |        |           |          |           |             |  |
|------------|------------------------------|--|---------------|----------|--------|-----------|----------|-----------|-------------|--|
| Códig      | Texto breve de material      | Pronóstico                                     | Pedido Ventas | Facturad | % Cump | Inv Libre | Tránsito | Cobertura | dias cubrim |  |
| 34721      | MILLOWS CORAZONES 15/1/145G  | 300  | 41            | 38       | 13%    | 264       | -        | 88%       | 26          |  |
| 34720      | MILLOWS CONEJOS 15/1/145G    | 550  | 95            | 92       | 17%    | 141       | -        | 26%       | 8           |  |
| 34710      | MILLOWS ARCO IRIS 15/1/145G  | 100  | 8             | 4        | 4%     | 108       | -        | 108%      | 32          |  |
| 34722      | MILLOWS MARGARITA 15/1/145G  | 150  | 28            | 24       | 16%    | 69        | -        | 46%       | 14          |  |
| 34711      | MILLOWS SURTIDO 15/1/145G    | 100  | 31            | 28       | 28%    | 68        | 30       | 68%       | 20          |  |
| 34712      | MILLOWS CIL BLANCO 15/1/145G | 370  | 61            | 58       | 16%    | 289       | -        | 78%       | 23          |  |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Reporte de error de pronóstico**

|                       |            | REFERENCIA      |         |               |
|-----------------------|------------|-----------------|---------|---------------|
|                       |            | CILINDRO BLANCO | SURTIDO | FIGURA CONEJO |
| % ERROR DE PRONÓSTICO | ENERO      | 100%            | 1%      | -49%          |
|                       | FEBRERO    | 19%             | -53%    | 17%           |
|                       | MARZO      | 21%             | -60%    | 8%            |
|                       | ABRIL      | -13%            | -80%    | 21%           |
|                       | MAYO       | 25%             | -67%    | 58%           |
|                       | JUNIO      | 36%             | -17%    | 32%           |
|                       | JULIO      | 50%             | -45%    | -48%          |
|                       | AGOSTO     | 48%             | 89%     | -49%          |
|                       | SEPTIEMBRE | 111%            | -51%    | -1%           |

Fuente: elaboración propia.

