

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
INSTITUTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AUTOMOTRIZ



TESIS

**PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PASTELERA CON BASE
EN UN MÉTODO DE PRONÓSTICOS CUANTITATIVO**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:
SOLEDAD MAYLET REYES TAPIA

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. ORQUÍDEA SÁNCHEZ LÓPEZ

CODIRECTOR DE TESIS:
DR. IGNACIO HERNÁNDEZ CASTILLO

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, MÉXICO. SEPTIEMBRE DE 2019.

Dedicatoria

A todos aquellos que confiaron en mí y me apoyaron en la realización de este trabajo:

A mis padres, Juan Reyes López y Asunción Tapia Reyes.

A mis hermanas, Janetzy y Dalia.

A mis Abuelos, Avelino Reyes Hernández y Elidía López López.

A mi tía, Silvia Reyes López.

A Miguel Ángel García Hernández.

A toda la familia Reyes López.

Maylet

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme concluir de manera satisfactoria este trabajo de tesis.

A mis padres, quienes con su apoyo y amor incondicional permitieron que este proyecto sea una realidad. Porque sin ustedes no me hubiera sido posible llegar hasta donde estoy ahora, gracias por ser mi mayor inspiración. Los amo con todo mi corazón.

A mis hermanas, por estar presentes en cada etapa de mi vida, brindándome su apoyo incondicional y su cariño.

A mi tía Silvia Reyes López, por ser mi segunda madre y brindarme su apoyo y comprensión en todo momento.

A mis abuelos, por todos sus consejos, por creer en mí y por motivarme siempre a ser mejor.

A Miguel Ángel por ser un gran apoyo para mí, por estar siempre a mi lado y por todo su cariño.

A toda la familia Reyes López por todo el amor y el apoyo que me han brindado toda la vida, por estar siempre en los momentos importantes.

A la Dra. Orquídea Sánchez López y al Dr. Ignacio Hernández Castillo por el tiempo dedicado en este trabajo y por sus valiosos consejos.

A mis amigos por su amistad, sus consejos y por toda la ayuda que me han brindado.

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tablas	vii
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Metas	4
1.6 Metodología	5
1.7 Limitaciones	6
Capítulo 2. Marco teórico	7
2.1 Pronósticos.....	7
2.2 Enfoques de pronósticos.....	8
2.2.1 Enfoque de pronósticos cualitativos	9
2.2.2 Enfoque de pronósticos cuantitativos.....	12
2.3 Medición del error	24
2.4 Plan maestro de producción.....	25
Capítulo 3. Desarrollo de actividades	27
3.1 Antecedentes de la empresa	27
3.1.1 Descripción de la empresa.....	28

3.1.2 Clasificación de pasteles	29
3.1.3 Proceso de elaboración.....	31
3.1.4 Descripción del método de pronóstico actual	33
3.2 Uso del pronóstico.....	34
3.3 Selección de aspectos a pronosticar.....	34
3.4 Determinación del horizonte de tiempo	34
3.5 Modelos de pronóstico	35
3.6 Recopilación de datos históricos.....	35
3.7 Realización del pronóstico.....	42
3.7.1 Promedio móvil simple.....	42
3.7.2 Promedio móvil ponderado	44
3.7.3 Suavización exponencial simple	45
3.7.4 Suavización exponencial con tendencia	46
3.7.5 Regresión lineal simple	49
3.8 Validación del resultado.....	50
3.8.1 Variación estacional.....	55
3.9 Elaboración del Plan maestro	68
Capítulo 4. Resultados y conclusiones	77
4.1 Análisis de resultados	77
4.2 Conclusiones	84
4.3 Trabajos a futuro	85
Referencias	86

Índice de Figuras

Figura 1. Método para el desarrollo de los pronósticos (Render & Heizer, 2007).....	6
Figura 2. Aplicaciones y métodos de pronóstico (Schroeder, Goldstein & Rungtusanatham, 2011).....	9
Figura 3. Clasificación de los métodos cuantitativos (Render & Heizer, 2009).	12
Figura 4. Horizontes del pronóstico (Nahmias, 2007).....	13
Figura 5. Patrones de la demanda (Fuente: Krajewski, Ritzman & Malhotra, 2008).	16
Figura 6. Comportamiento de la demanda (Jacobs & Chase, 2014).	17
Figura 7. Datos de series de tiempo (Schroeder, Goldstein & Rungtusanatham, 2011).	18
Figura 8. Clasificación de las tiendas (Fuente: Propia).....	28
Figura 9. Clasificación de pasteles (Fuente: Propia).	29
Figura 10. Proceso de elaboración y distribución de un pastel (Fuente: Propia).	31
Figura 11. Patrones de la demanda 2015-2018 (Fuente: Propia).	36
Figura 12. Pronósticos cuantitativos para 2019 (Fuente: Propia).....	54

Índice de Tablas

Tabla 1 . Descripción de cada pastel (Fuente: Pastelerías Quemén, 2019).....	30
Tabla 2. Cantidad de pasteles vendidos por año (Fuente: Propia).....	36
Tabla 3. Cantidad de pasteles tipo 1 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	37
Tabla 4. Cantidad de pasteles tipo 2 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	37
Tabla 5. Cantidad de pasteles tipo 3 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	38
Tabla 6. Cantidad de pasteles tipo 4 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	38
Tabla 7. Cantidad de pasteles tipo 5 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	39
Tabla 8. Cantidad de pasteles tipo 6 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	39
Tabla 9. Cantidad de pasteles tipo 7 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	40
Tabla 10. Cantidad de pasteles tipo 8 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	40
Tabla 11. Cantidad de pasteles tipo 9 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	41
Tabla 12. Cantidad de pasteles tipo 10 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	41
Tabla 13. Cantidad de pasteles tipo 11 vendidos por mes (Fuente: Propia).....	42
Tabla 14. Pronóstico de ventas mediante promedio móvil simple (Fuente: Propia).	43
Tabla 15. Pronósticos de ventas mediante promedio móvil ponderado (Fuente: Propia).	44
Tabla 16. Pronósticos de ventas mediante Suavización exponencial simple (Fuente: Propia).45	
Tabla 17. Cálculos del pronóstico anual (Fuente: Propia).....	47
Tabla 18. Cálculos de la tendencia anual (Fuente: Propia).	48
Tabla 19. Pronósticos de ventas mediante suavización exponencial con tendencia (Fuente: Propia).	48
Tabla 20. Pronósticos de ventas mediante regresión lineal (Fuente: Propia).	49
Tabla 21. Cálculo del error en el método de promedio móvil simple (Fuente: Propia).	50
Tabla 22. Cálculo del error en el método de promedio móvil ponderado (Fuente: Propia).	51
Tabla 23. Cálculo del error en el método de suavización exponencial simple (Fuente: Propia).	52
Tabla 24. Cálculo del error en el método de suavización exponencial con tendencia (Fuente: Propia).	52
Tabla 25. Cálculo del error en el método de regresión lineal simple (Fuente: Propia).	53
Tabla 26. Concentrado de errores en los pronósticos (Fuente: Propia).....	54
Tabla 27. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 1 (Fuente: Propia).	56

Tabla 28. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 1 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	57
Tabla 29. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 2 (Fuente: Propia).	57
Tabla 30. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 2 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	58
Tabla 31. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 3 (Fuente: Propia).	58
Tabla 32. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 3 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	59
Tabla 33. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 4 (Fuente: Propia).	59
Tabla 34. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 4 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	60
Tabla 35. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 5 (Fuente: Propia).	61
Tabla 36. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 5 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	61
Tabla 37. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 6 (Fuente: Propia).	62
Tabla 38. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 6 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	62
Tabla 39. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 7 (Fuente: Propia).	63
Tabla 40. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 7 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	63
Tabla 41. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 8 (Fuente: Propia).	64
Tabla 42. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 8 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	64
Tabla 43. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 9 (Fuente: Propia).	65
Tabla 44. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 9 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	66
Tabla 45. Pronóstico de la demanda para el Pastel tipo 10 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	66
Tabla 46. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 10 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	67
Tabla 47. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 11 (Fuente: Propia).	67

Tabla 48. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 11 mediante variación estacional (Fuente: Propia).	68
Tabla 49. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 1 (Fuente: Propia).	69
Tabla 50. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 2 (Fuente: Propia).	70
Tabla 51. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 3 (Fuente: Propia).	71
Tabla 52. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 4 (Fuente: Propia).	71
Tabla 53. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 5 (Fuente: Propia).	72
Tabla 54. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 6 (Fuente: Propia).	73
Tabla 55. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 7 (Fuente: Propia).	73
Tabla 56. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 8 (Fuente: Propia).	74
Tabla 57. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 9 (Fuente: Propia).	75
Tabla 58. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 10 (Fuente: Propia).	75
Tabla 59. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 11 (Fuente: Propia).	76
Tabla 60. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 1 (Fuente: Propia).	77
Tabla 61. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 2 (Fuente: Propia).	78
Tabla 62. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 3 (Fuente: Propia).	78
Tabla 63. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 4 (Fuente: Propia).	79
Tabla 64. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 5 (Fuente: Propia).	79
Tabla 65. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 6 (Fuente: Propia).	80
Tabla 66. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 7 (Fuente: Propia).	80
Tabla 67. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 8 (Fuente: Propia).	81
Tabla 68. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 9 (Fuente: Propia).	81

Tabla 69. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 10 (Fuente: Propia).	
.....	81
Tabla 70. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 11 (Fuente: Propia).	
.....	82
Tabla 71. EPAM 2019 respecto al EPAM 2018 (Fuente: Propia).....	82
Tabla 72. Plan maestro 2019 (Fuente: Propia).	83

Capítulo 1. Marco de referencia

En este capítulo se presenta el contexto general del contenido de la tesis. En la primera parte se muestra una descripción de los conceptos generales sobre la planificación de la producción, los orígenes del pronóstico y como ha obtenido importancia en el contexto empresarial a través del tiempo.

Como segunda parte, se tiene el planteamiento de la problemática presentada por la empresa pastelera en el cálculo de sus pronósticos de ventas y la justificación del presente proyecto de tesis.

En la tercera parte, se plantea el objetivo general de la tesis y se desglosan cada uno de los objetivos específicos de la misma, así también se muestran las metas planteadas para el proyecto.

En la última parte se muestra la metodología, bajo la cual se desarrollará cada uno de los cálculos de los pronósticos mediante los métodos cuantitativos y se plantean las limitaciones bajo las cuales estará sujeta el proyecto de tesis.

1.1 Introducción

La planificación de la producción es un proceso constante que tiene como objetivo la toma de decisiones anticipadas que permitan optimizar el uso de los recursos productivos. Esto se refiere principalmente a las decisiones estratégicas para determinar los recursos y las actividades que se realizaran en la empresa a corto y mediano plazo (Chapman, 2006).

A lo largo de la historia, los pronósticos han acompañado al ser humano, ya que una característica fundamental ha sido el afán de anticipar el futuro, para poder conocer lo que sucederá, y así anticiparse a los hechos tratando de actuar antes para eliminar la incertidumbre, lo cual le ha permitido transitar de una manera más segura hacia su objetivo y obtener mayor asertividad en sus decisiones. A pesar del paso del tiempo y de las constantes innovaciones, anticiparse al futuro sigue siendo una tarea complicada de realizar, sin embargo, actualmente existen técnicas que cuentan con bases científicas que las avalan y esto permite obtener pronósticos con resultados más aproximados a la realidad (D'Alessio Ipinza, 2004).

En el entorno empresarial, los responsables de los procesos estratégicos de la empresa y la alta dirección, concentran gran parte de sus esfuerzos en conocer el estado futuro de la empresa, principalmente respecto a sus ventas, demanda e insumos, etc., y de todo aquello que implique un riesgo u oportunidad de progreso para la empresa. Del enfoque anterior se deriva la importancia fundamental que representan los pronósticos y su realización para la gestión empresarial, ya que es una de las bases para planificar, organizar, implementar y controlar logísticamente todo un conjunto de actividades, administradas para aprovechar cada factor productivo de la forma más efectiva posible, brindando una especial atención a los procesos más críticos y a sus actividades elementales, con la finalidad de generar un impacto positivo mayor mediante las decisiones que se tomen (Orlando Lao, Rivas Méndez, Pérez Pravia & Marrero Delgado, 2017)

La realización de pronósticos se ha convertido en una necesidad crucial para las empresas, ya que actualmente se aplican en distintos ámbitos relevantes, como son en el cálculo de los pronósticos de gastos, realización de presupuestos, compras de materia prima, demanda, etc. En la actualidad, para realizar la planeación de producción a corto, mediano o largo plazo, los pronósticos se han vuelto un elemento indispensable (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Para la obtención de un buen pronóstico se requiere el uso de datos históricos y su proyección hacia el futuro, lo cual se puede realizar mediante la aplicación de modelos matemáticos. Los pronósticos se ha vuelto una herramienta imprescindible para toda organización de negocios, ya que estos pueden proporcionar información para una mejor toma de decisiones respecto al futuro de la empresa y así poder anticiparse a los riesgos que ésta pueda presentar. Los pronósticos se han convertido en la base de la planificación corporativa de cada una de áreas funcionales de las empresas y son un gran apoyo para la toma de decisiones importantes del área de gerencia, un ejemplo de ello es la aplicación de los pronósticos como principal fundamento para la realización de presupuestos y control de costos que afectan directamente al buen funcionamiento de las empresas (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

1.2 Planteamiento del problema

La empresa pastelera nace el 18 de diciembre de 1980 como fruto del legado de Doña Clementina Guzmán Ibáñez, actualmente se encuentra en un constante crecimiento, por ello,

requiere de ciertos métodos de pronósticos cuantitativos para estimar sus ventas y determinar el adecuado que pueda aplicarse a los productos que elabora.

La empresa cuenta con un método de pronósticos basado en datos cualitativos, debido a que el plan maestro de producción que desarrolla es determinado con base en algunos métodos cualitativos, entre los que se pudieron identificar son los siguientes: opiniones de clientes, encuestas, consenso de ejecutivos y composición de fuerza de ventas; los cuales no le brindan la suficiente certeza en la estimación de sus ventas, ya que la cantidad de productos elaborados y distribuidos en las diferentes sucursales, por un lado, se agota dejando sin producto a los clientes, y por otro lado, queda producto en exhibición con vida de anaquel corta y no es aceptada por los clientes; para ello se plantea la realización de pronósticos de producción mediante distintos métodos cuantitativos buscando el que mejor se adapte a los datos históricos de cada tipo de pastel de la empresa.

1.3 Justificación

El hecho de que las empresas trabajen intensamente para poder cumplir con la demanda de sus clientes y cubrir con su producción, es una gran razón para llevar a cabo un estudio sobre los mejores métodos para determinar pronósticos. La toma de decisiones en cuanto a capacidad y localización, así como la selección de equipos productivos y procesos es uno de los primeros pasos para intentar alcanzar un equilibrio entre demanda y producción a largo plazo. No obstante, la inestabilidad de la demanda considerada a corto plazo es más elevada y es necesario tomar medidas adicionales para la resolución del problema (Medina Varela, Restrepo Correa, & Cruz Trejos, 2009).

Hoy en día, la empresa de pasteles utiliza un método de pronósticos de sus ventas basado en un método cualitativo, lo que origina que las estimaciones no se aproximen a las ventas reales, presentándose los casos de excedente o falta de productos en las diferentes sucursales de la empresa.

Por lo anterior, se pretende establecer un método cuantitativo para los pronósticos de ventas, dando la importancia de realizar los pronósticos de producción con datos históricos de las ventas de los productos elaborados por la empresa.

Al realizar este pronóstico basado en métodos cuantitativos, la empresa contará con un pronóstico más aproximado del número de productos que se deben elaborar. Con lo anterior, se pretende que la productividad incremente, dado que la cantidad de productos elaborados se aproximará a la cantidad solicitada de productos por los clientes, lo que reduce directamente el costo de producción ocasionado por los productos que no fueron vendidos, o bien, incrementa el ingreso por las ventas realizadas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Establecer un plan maestro de producción en una empresa pastelera, mediante un método de pronósticos cuantitativo que analice sus ventas históricas y presente el menor porcentaje de error para incrementar su productividad.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar y analizar los datos históricos de ventas.
- Realizar un pronóstico de las ventas mediante los distintos métodos de pronósticos cuantitativos.
- Estimar el error de los métodos de pronósticos cuantitativos utilizados.
- Validar el método de pronósticos cuantitativo que se aproxime más a las ventas reales de la empresa.
- Establecer el plan maestro de producción.

1.5 Metas

- Determinar la cantidad de productos a elaborar mediante diferentes métodos de pronósticos cuantitativos.
- Determinar el menor error promedio de los pronósticos estimados de todos los tipos de pastel mediante diferentes técnicas.
- Establecer el método de pronósticos más adecuado para las ventas.

- Establecer el volumen y fechas de producción.

1.6 Metodología

Render y Heizer (2007), mencionan siete pasos básicos para el desarrollo de un pronóstico de producción (Figura 1), los cuales se describen a continuación:

1. **Determinar el uso del pronóstico:** La empresa utilizará los pronósticos con la finalidad de planear la producción futura de sus productos, sus requerimientos de materia prima, personal o tiempos de producción.
2. **Seleccionar los aspectos que se deben pronosticar:** Para la empresa, la prioridad es determinar la demanda que tendrá en los próximos meses por cada producto para poder establecer la cantidad que tendrá que producir para poder satisfacer la demanda, sin presentar ningún tipo de incidentes (retrasos, productos faltantes, excedentes).
3. **Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico:** El horizonte de tiempo hace referencia al lapso de tiempo en el que se desarrollarán los pronósticos, ya sean pronósticos diarios, semanales, mensuales, anuales o bien de acuerdo a las necesidades de la empresa.
4. **Seleccionar los modelos de pronóstico:** La empresa utilizará una variedad de modelos de pronósticos.
5. **Recopilar los datos necesarios para elaborar el pronóstico:** La empresa proporcionará los datos necesarios para analizarlos y, posteriormente, se realizarán los pronósticos de venta de los productos que manejan.
6. **Realizar el pronóstico:** Determinar los pronósticos de cada producto con base en los diferentes métodos de pronósticos cuantitativos seleccionados.
7. **Validar:** Una vez determinados los pronósticos se realizará una comparación con los datos reales para asegurar la validez del modelo, aplicando así, los métodos para medición del error presentado en los pronósticos.

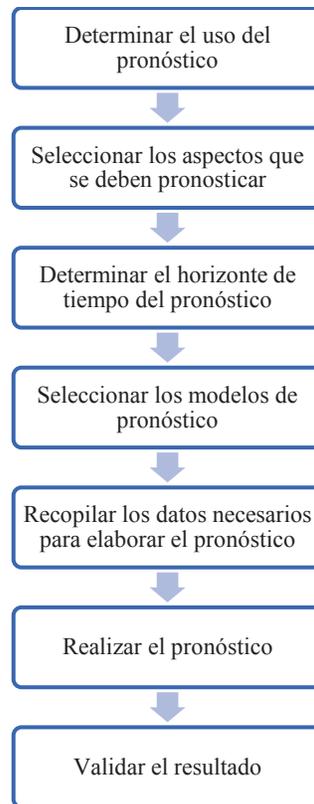


Figura 1. Método para el desarrollo de los pronósticos (Render & Heizer, 2007).

Una vez validado el método para pronosticar las ventas de los productos seleccionados, se establecerá el plan maestro de producción, en el cual, se identificará la cantidad de productos y fechas de producción.

1.7 Limitaciones

El desarrollo de este proyecto tendrá las siguientes limitaciones:

- Los productos a analizar serán establecidos en conjunto con la empresa pastelera.
- La información proporcionada por la empresa tiene el carácter de confidencialidad, por lo que, se presentan los datos de las ventas de forma codificada, así como también, los nombres de los productos y características que pudieran afectar su secreto industrial.
- El resultado de la tesis es establecer un plan maestro de producción para la empresa pastelera sin contemplar el plan de requerimientos de materiales ni el plan de capacidad.

Capítulo 2. Marco teórico

En este capítulo, se presenta el marco teórico relacionado con el tema de pronósticos de producción, el cual muestra las bases o fundamentos teóricos que sustentan la metodología que se propone para el desarrollo de los siguientes capítulos de este trabajo.

En la primera parte de este capítulo se contemplan los conceptos generales del tema de pronósticos, desde la perspectiva de diferentes autores, la importancia que tienen los pronósticos dentro de la toma de decisiones en las empresas.

Como segunda parte, se presentan los dos enfoques de los métodos de pronósticos cualitativos y cuantitativos que existen para el cálculo de los pronósticos y su clasificación, profundizando un poco más en la descripción de cada uno de los métodos cuantitativos que serán contemplados para la realización de este proyecto de tesis, las principales características del comportamiento de la demanda, así como los diferentes horizontes de tiempo en los que pueden ser manejados los pronósticos cuantitativos mediante la propuesta de dos diferentes autores.

En la tercera parte de este capítulo se describen cada uno de los métodos utilizados para medir la precisión del pronóstico, los cuales son aplicados para obtener el (nivel, rango, grado) de error presente en los pronósticos y así evaluar el desempeño de cada uno de los métodos para el cálculo de los pronósticos.

Por último, en el apartado cuatro se describe el plan maestro de producción destacando sus características.

2.1 Pronósticos

Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Esto puede involucrar el uso de datos históricos y su proyección hacia el futuro por medio de la aplicación de algún tipo de modelo matemático. Este pronóstico puede realizarse mediante la aplicación de un método de

pronósticos cuantitativo o cualitativo; o puede ser una combinación de éstas (Heizer & Render, 2004).

Mediante los pronósticos, el personal del área de producción y operaciones pueden tomar decisiones de manera periódica, las cuales comprenden la selección de procesos, distribución de instalaciones y planificación de capacidades, además de la toma de decisiones continuas sobre la planificación de la producción, programación e inventario (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Con el propósito de mantener su factibilidad y supervivencia, toda empresa requiere de la toma de decisiones con anticipación a los posibles cambios en su mercado. La toma de estas decisiones se realiza en tiempo presente con base en información histórica, así como con deducciones acerca del futuro, esto se realiza mediante pronósticos (Acosta Cervantes, Cabrera Ríos & Villarreal Marroquín, 2013).

Un buen pronóstico es de importancia crucial para todos los aspectos de una empresa, ya que el pronóstico es la única estimación de la demanda hasta que se conoce la demanda real. En consecuencia, los pronósticos de la demanda guían las decisiones en muchas áreas de la empresa, como son: recursos humanos, capacidad y administración de la cadena de suministro, entre otras (Heizer & Render, 2009).

Las empresas en general requieren de la implementación de métodos para la realización de pronósticos con la mayor precisión posible, de esto depende su permanencia y competitividad en el mercado. El hecho de carecer de un programa de planeación y control metodológico de sus procedimientos clave, puede significar el fracaso de cualquier esfuerzo para mantener la sustentabilidad de los procesos (Ruiz Ramírez, Hernández Rodríguez & Zulueta Rodríguez, 2011).

2.2 Enfoques de pronósticos

Render y Heizer (2007) clasifican los métodos de pronóstico en dos enfoques generales, uno es el enfoque de pronósticos cuantitativo; el otro el enfoque de pronósticos cualitativo.

En los pronósticos cuantitativos se utilizan una variedad de modelos matemáticos que tienen como base principal datos históricos o variables causales para el pronóstico de la demanda.

Los pronósticos cualitativos o subjetivos incorporan factores como son la intuición, las emociones, las experiencias personales y el sistema de valores de quien realiza el pronóstico.

Las empresas suelen emplear uno u otro enfoque, pero realmente en la práctica, la combinación de ambos es casi siempre más efectiva.

El enfoque de pronósticos a utilizar, depende de las necesidades de la empresa; existen diferentes tipos de decisiones en las operaciones y distintos requisitos de pronósticos, como se muestra en la Figura 2, donde se ilustran algunas de las decisiones de marketing, finanzas y recursos humanos que requieren de un pronóstico y se señalan los tres tipos de métodos de pronósticos asociados con estas decisiones: cualitativos, series de tiempo y causales.

	Horizonte de tiempo	Exactitud requerida	Número de pronósticos	Nivel administrativo	Método de pronósticos
Aplicaciones de pronóstico para las decisiones operativas					
Diseño del proceso	Largo	Mediana	Uno solo o pocos	Alto	Cualitativo o causal
Planeación de la capacidad de las instalaciones	Largo	Mediana	Uno solo o pocos	Alto	Cualitativo y causal
Planeación agregada	Mediano	Alta	Pocos	Mediano	Causal y series de tiempo
Programación de la producción	Corto	La más alta	Muchos	Bajo	Series de tiempo
Administración del inventario	Corto	La más alta	Muchos	Bajo	Series de tiempo
Aplicaciones del pronóstico en marketing, finanzas y recursos humanos					
Programas de marketing a largo plazo	Largo	Mediana	Uno solo o pocos	Alto	Cualitativo
Decisiones de fijación de precios	Corto	Alta	Muchos	Mediano	Series de tiempo
Introducción de nuevos productos	Mediano	Mediana	Uno solo	Alto	Cualitativo y causal
Estimación de costos	Corto	Alta	Muchos	Bajo	Series de tiempo
Presupuesto de capital	Mediano	Alta	Pocos	Alto	Causal y series de tiempo

Figura 2. Aplicaciones y métodos de pronóstico (Schroeder, Goldstein & Rungtusanatham, 2011).

A continuación, se muestra la descripción de cada uno de los métodos de pronósticos pertenecientes a cada enfoque.

2.2.1 Enfoque de pronósticos cualitativos

Los pronósticos cualitativos son aquellos que tienen como base de pronóstico la intuición, las emociones y la experiencia personal. Para el cálculo de los pronósticos mediante estos métodos únicamente se requieren datos cualitativos respecto al producto como pudiera ser la opinión de los clientes, la experiencia que brinda al producto al cliente, intuición y experiencia de los gerentes o la intervención de la fuerza de ventas en el cálculo de estos.

A continuación, se muestra una breve descripción de algunos de los métodos incluidos en la clasificación de métodos cualitativos o de juicio de acuerdo a Krajewski, Ritzman & Malhotra, (2008).

- **Estimaciones del personal de ventas**

Las estimaciones del personal de ventas son pronósticos que se realizan mediante estimaciones de forma periódica por miembros del personal de ventas de las compañías. Este método cuenta con varias ventajas como son:

- Los pronósticos se vuelven un tanto más acertados ya que el personal de ventas es el grupo que tiene una relación más directa con los clientes y por consecuencia mayores probabilidades de saber qué productos o servicios comprarán los clientes en el futuro cercano y en qué cantidades.
- Las áreas de ventas están divididas a menudo en distritos o regiones. Al desglosar la información de esta forma también puede ser útil para propósitos de administración de inventarios, distribución y contratación de personal de ventas.
- Los pronósticos que se realizan a través del personal de ventas se pueden juntar fácilmente para obtener las cifras correspondientes a ventas regionales o nacionales.

Pero dicho método también tiene varias desventajas:

- Las emociones o intuiciones individuales de los vendedores pueden desviar el pronóstico de la realidad; al dar un pronóstico demasiado optimista o pesimista.
- Es posible que el personal de ventas no identifique la diferencia entre lo que el cliente quiere y lo que el cliente necesita.

- **Opinión ejecutiva o jurado de opinión de ejecutivos**

En este método de pronóstico se hace un resumen de las experiencias, opiniones y conocimientos técnicos de uno o varios gerentes para llegar a un solo pronóstico. La opinión ejecutiva puede utilizarse también para modificar un pronóstico de ventas existente, con la finalidad de tomar en cuenta circunstancias inesperadas, como una nueva promoción de ventas o acontecimientos internacionales inesperados.

La clave para una eficaz utilización del método de opinión ejecutiva consiste principalmente en asegurarse de que el pronóstico refleje un consenso de los ejecutivos acerca de un pronóstico unificado y no solo una serie de modificaciones independientes.

- **Investigación de mercado**

La investigación de mercado consiste en un método para determinar el grado de interés del consumidor por un producto o servicio; este método recopila información sobre los planes de compra futuros de los clientes o posibles clientes.

Con la finalidad de recopilar información se realiza la creación y aplicación de encuestas o cuestionarios sobre los aspectos que se quiere conocer del comportamiento de compra de los clientes. Una vez obtenida la información se aplica un análisis utilizando el juicio y herramientas estadísticas para la interpretación de las respuestas.

La aplicación de este método no solo ayuda a la realización del pronóstico, sino que también gracias a la información obtenida se puede mejorar el diseño del producto y la planeación de nuevos productos

- **Método Delphi**

El método Delphi es un método cuyo proceso consiste en obtener un acuerdo dentro de un grupo de expertos, al tiempo que se respeta el anonimato de sus integrantes. Este método de pronóstico resulta muy útil cuando no existen datos históricos sobre los cuales puedan aplicarse modelos estadísticos y también cuando los gerentes de la empresa no tienen suficiente experiencia bajo la cual fundamentar proyecciones bien informadas.

El método Delphi en general se usa para elaborar pronósticos de la demanda de los productos a largo plazo y en la realización de proyecciones de ventas para nuevos productos.

2.2.2 Enfoque de pronósticos cuantitativos

Este apartado se describe siete métodos de pronósticos cuantitativos donde se emplean datos históricos y pertenecen a dos categorías que son los modelos de series de tiempo y los modelos asociativos.

En este trabajo, se desea realizar pronósticos para la programación de producción de pasteles del año 2019, por lo tanto, en la Figura 3, se presenta un esquema de la clasificación de los pronósticos cuantitativos. El método de pronósticos más aplicable a esta situación son las series de tiempo, que pertenecen a los pronósticos cuantitativos.

Existen siete métodos de pronósticos cuantitativos, los cuales emplean datos históricos y se clasifican en dos categorías según Heizer y Render (2009), tal como se muestra en la Figura 3.

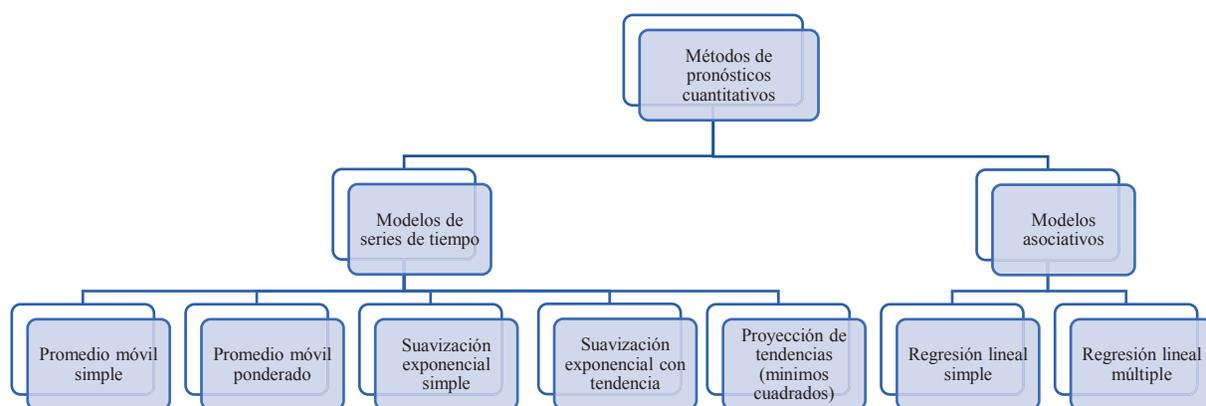


Figura 3. Clasificación de los métodos cuantitativos (Render & Heizer, 2009).

Para la obtención de un pronóstico le antecede la obtención de los datos históricos que es una de las partes elementales en la realización de los pronósticos, ya que, para los métodos cuantitativos se debe manejar un modelo matemático fundamental para llegar a un pronóstico.

La premisa básica de todos los métodos cuantitativos para el cálculo de los pronósticos es que los datos históricos y los patrones de los datos son instrumentos de predicción confiables del futuro. Entonces, los datos históricos se procesan por medio de un modelo de series de tiempo o uno causal para llegar a un pronóstico (Schroeder, Goldstein & Rungtusanatham, 2011).

Horizonte de tiempo

Para la realización del pronóstico se debe seleccionar el horizonte de tiempo bajo el cual se desarrollará, en la Figura 4 se presenta un esquema que muestra los tres horizontes cronológicos relacionados con el pronóstico.

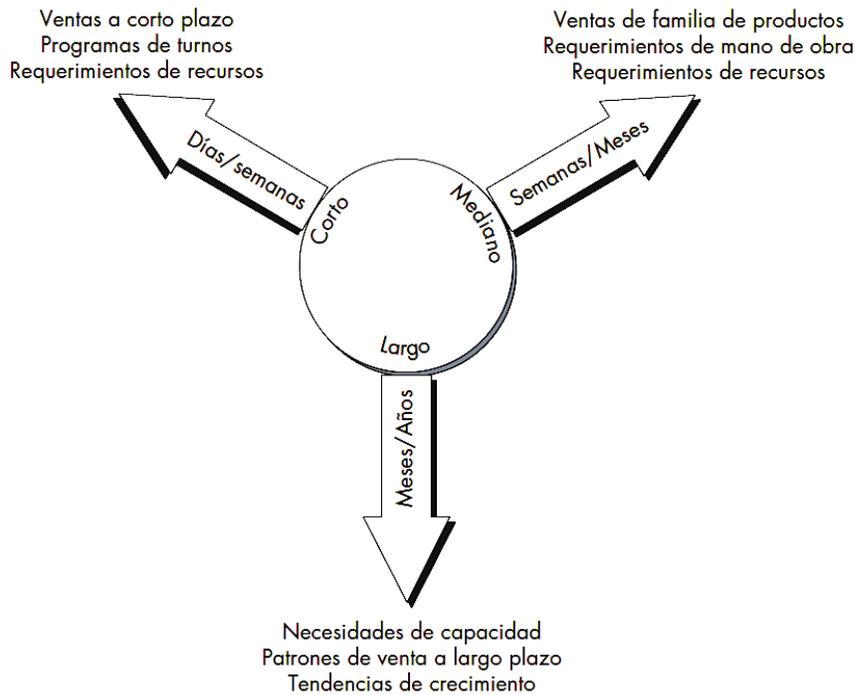


Figura 4. Horizontes del pronóstico (Nahmias, 2007).

Nahmias (2007), menciona 3 clasificaciones principales del horizonte de tiempo, las cuales se especifican a continuación:

- Los pronósticos a corto plazo, son normalmente medidos en días o semanas, se utilizan principalmente para la administración de inventarios, planeación de requerimientos de materiales y la planeación de requerimientos de recursos.
- El pronóstico a mediano plazo se mide en semanas y meses. Se utilizan para identificar los patrones de ventas, los requerimientos de trabajadores y familias de productos son problemas propios del pronóstico a mediano plazo que se presentan en la administración de operaciones.

- La producción a largo plazo en conjunto con las decisiones de fabricación, son parte de la estrategia global de fabricación de las empresas.

A continuación, de acuerdo con Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham (2011), se explica cuál es el uso que se le da a cada horizonte de tiempo y así identificar cual sería el más acorde a seguir de acuerdo a las necesidades de la empresa:

- Largo plazo, significará a dos años o más hacia el futuro, es un horizonte común para la planeación de las instalaciones y de los procesos futuros.
- Mediano plazo, se trata de un período de entre seis meses y dos años, este horizonte es considerado el adecuado para las decisiones de planeación agregada, de presupuestos y otras decisiones de adquisición y aplicación de recursos.
- Corto plazo, se refiere a un período de menos de seis meses, donde las decisiones se relacionan con la adquisición de materiales y la programación de trabajos y actividades específicas. Para las decisiones a corto plazo, son suficientes los pronósticos que se extienden a través de los plazos de adquisición o de producción.

La realización de un buen trabajo de pronóstico deberá tener como resultado una mejor planeación del presupuesto anual, así como un mejor aprovechamiento de los recursos económicos de la empresa (Salazar Aguilar & Cabrera Ríos, 2007).

Modelos de series de tiempo

Los modelos de series de tiempo realizan un pronóstico con base en la suposición de que el futuro es una función del pasado. En otras palabras, se realiza una observación de lo que ha ocurrido durante un período determinado y se usan una serie de datos históricos para hacer un pronóstico de la demanda.

La demanda es descrita en general como la cantidad de productos que se requiere para satisfacer las necesidades del cliente.

Según Jacobs y Chase (2014) describen dos fuentes básicas de demanda:

1. La demanda dependiente, es la demanda de un producto o servicio que es provocada por la demanda de otros productos o servicios. Este tipo de demanda se refiere más específicamente a los productos complementarios, aquellos que necesitas adquirir para que el otro funcione, este tipo de demanda no necesita un pronóstico, sino sólo una tabulación.
2. La demanda independiente, no depende directamente de la demanda de otros productos.

Gran parte de las decisiones tomadas en los negocios tienen como raíz el reto de pronosticar la demanda del cliente. Se trata de una tarea difícil porque la demanda de bienes y servicios suele variar considerablemente de acuerdo al comportamiento del mercado.

Para realizar el pronóstico la demanda es indispensable descubrir los patrones de la demanda a partir de la información que se tiene disponible. A continuación, se explican los patrones fundamentales de la demanda según Krajewski, Ritzman & Malhotra, (2008).

Las observaciones repetidas de la demanda de un producto o servicio en el orden en que se realizan forman un patrón que se conoce como serie de tiempo. Los cinco patrones básicos de la mayoría de las series de tiempo aplicables a la demanda son:

1. *Horizontal*. Los datos oscilan en torno de una media constante.
2. *Tendencia*. El aumento o disminución sistemática de la media de la serie a través del tiempo.
3. *Estacional*. Un patrón repetible de incrementos o decrementos de la demanda, dependiendo de la hora del día, la semana, el mes o la temporada.
4. *Cíclico*. Un patrón de aumentos o disminuciones graduales y menos predecibles de la demanda, que se presentan en el transcurso de periodos más largos (años o decenios).
5. *Aleatorio*. La variación impredecible de la demanda.

En la mayoría de los casos, la demanda de los productos o servicios se divide en estos cinco componentes. En la Figura 5, se muestran cuatro de los primeros patrones que se pueden presentar en una serie de tiempo de la demanda, se debe tener en cuenta que en una serie de tiempo se puede presentar cualquier combinación de estos patrones.

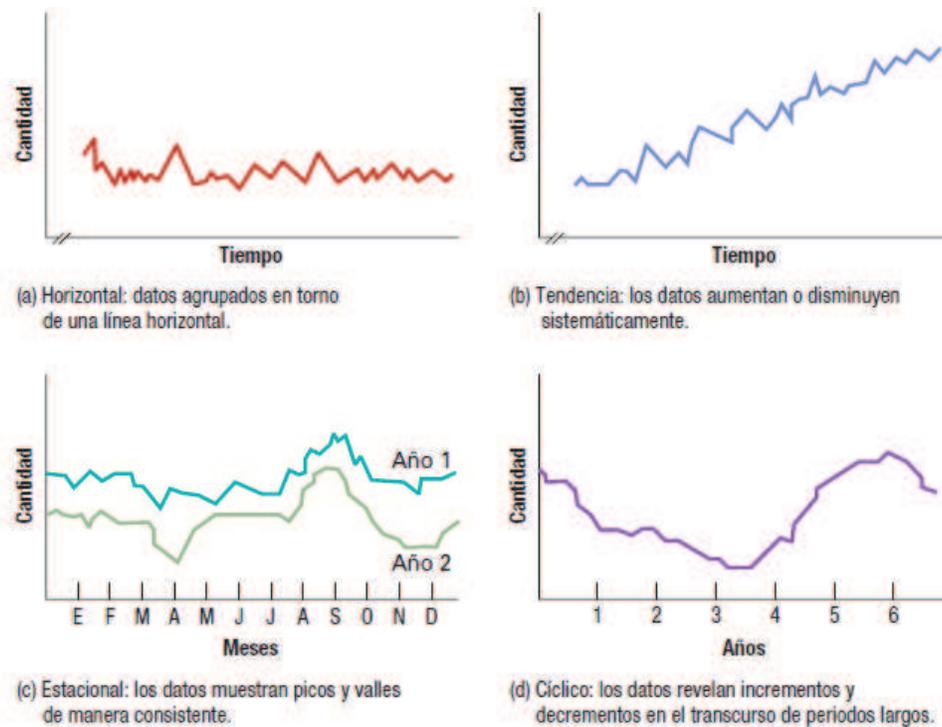


Figura 5. Patrones de la demanda (Fuente: Krajewski, Ritzman & Malhotra, 2008).

Una vez especificados los cinco patrones de la demanda que pueden presentarse en una serie de tiempo, también se analizarán los componentes de la misma.

Según Jacobs y Chase (2014), en la mayoría de los casos, la demanda de productos o servicios se divide en seis componentes: demanda promedio para el periodo, una tendencia, elementos estacionales, elementos cíclicos, variación aleatoria y autocorrelación.

En la Figura 6, se muestra la gráfica de los valores de demanda durante un período de cuatro años, al igual que, el promedio, la tendencia y los componentes estacionales o la aleatoriedad alrededor de la curva de la demanda suavizada. Es más difícil determinar los factores cíclicos porque quizá se desconoce el tiempo o no se toma en cuenta la causa del ciclo.

Las variaciones aleatorias son provocadas por acontecimientos inesperados. Estadísticamente, al restar cada una de las causas conocidas de la demanda (promedio, tendencias, estacionales, cíclicas y de autocorrelación) de la demanda total, lo único que queda es la parte inexplicable

de la demanda. Si no se logra identificar la causa de este sobrante, se tiende a suponer que se presenta una aleatoriedad en la demanda.

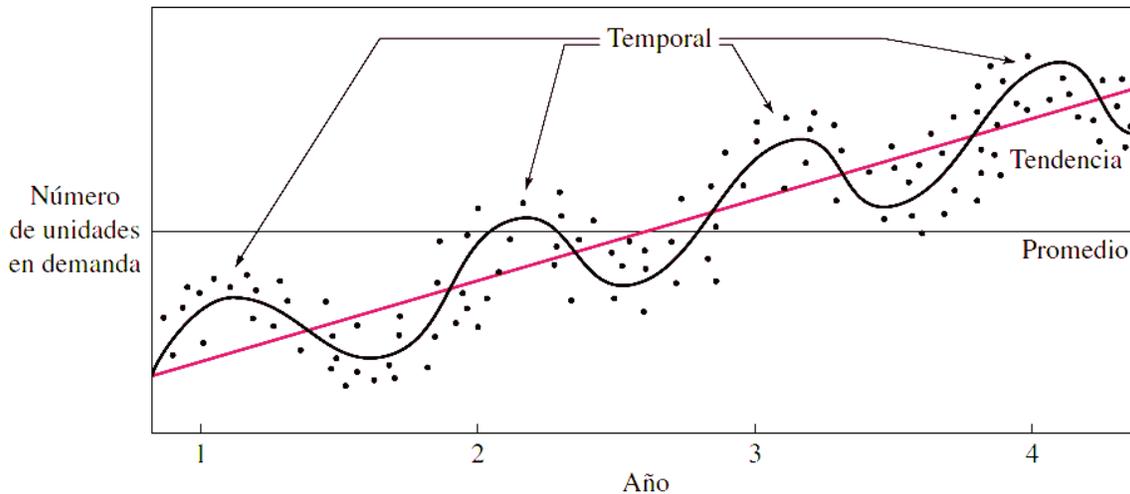


Figura 6. Comportamiento de la demanda (Jacobs & Chase, 2014).

Las líneas de tendencia usualmente son el punto de partida al desarrollar un pronóstico. Estas líneas de tendencia se ajustan de acuerdo con los efectos estacionales, los elementos cíclicos y cualquier otro suceso esperado que pueda influir en el pronóstico final como se muestra en la Figura 6.

A continuación, se describe cada uno de los métodos de pronósticos cuantitativos:

- **Método de promedio móvil simple (PMS):** Este método de pronóstico cuantitativo usa un número de valores correspondientes a datos históricos reales para poder generar un pronóstico. Es conveniente utilizar el método de promedio móvil simple cuando se puede suponer que la demanda del mercado permanecerá relativamente estable en el tiempo.

Matemáticamente, el promedio móvil simple (que sirve como estimación del pronóstico de la demanda para el siguiente período) se expresa como:

$$PMS = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n},$$

dónde: D_i = demanda del período i anterior y n = número de períodos anteriores.

La Figura 7, muestra una gráfica de los pronósticos realizados mediante la aplicación del promedio móvil simple de tres periodos y un promedio móvil de seis; para realizar la comparación resulta útil el uso de la gráfica, donde se puede observar que el promedio móvil de seis periodos responde con mayor lentitud a los cambios de la demanda que el de tres.

Schroeder, Goldstein & Rungtusanatham (2011) mencionan que entre más largo sea el período del promedio, más lenta será la respuesta a los cambios de la demanda; por lo ellos, un período más extenso tiene la ventaja de proporcionar estabilidad en el pronóstico, pero a su vez presenta la desventaja de responder con más lentitud a los cambios reales en el nivel de la demanda.

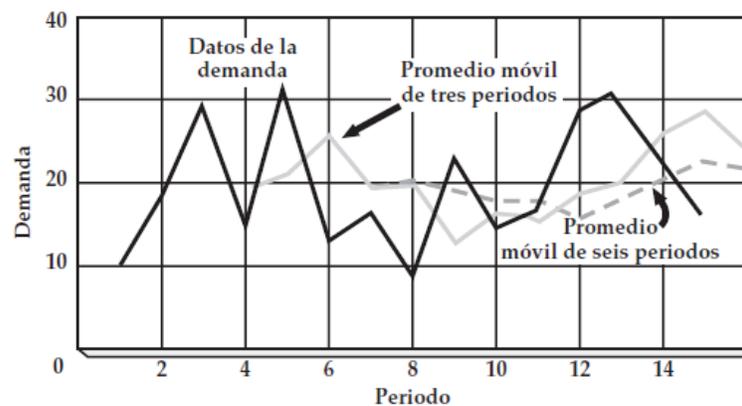


Figura 7. Datos de series de tiempo (Schroeder, Goldstein & Rungtusanatham, 2011).

Como se mostró en la gráfica de la Figura 7, la mejor opción es utilizar para el pronóstico únicamente 3 datos periodos históricos, ya que entre más periodos se usen el pronóstico será menos incapaz de responder a los cambios en la demanda; se puede observar que al utilizar únicamente 3 periodos se obtiene un mejor pronóstico que al tomar 6 periodos de los datos históricos.

- **Los promedios móviles ponderados (PMP):** Este método es muy similar al promedio móvil simple, solo que en este método se utilizan ponderaciones para dar más importancia a los valores recientes. Esto permite que las técnicas de pronóstico puedan responder más rápido a los cambios en la demanda, ya que puede darse mayor peso a los periodos más recientes con la finalidad de que el pronóstico sea más exacto.

La elección de las ponderaciones es un tanto arbitraria, ya que no existe una fórmula establecida para determinarlas, sin embargo, entre más peso se le asigne al periodo más reciente el pronóstico será capaz de responder con mayor rapidez a los cambios que la demanda presente. El método de promedio móvil ponderado se expresa matemáticamente como:

$$PMP = \frac{\sum_{i=1}^n W_i D_i}{\sum_{i=1}^n W_i},$$

dónde: W_i = ponderación del período i , D_i = demanda del período i anterior y n = número de períodos anteriores.

- **Método de suavización exponencial simple (SES):** es un sofisticado método de pronóstico de promedios móviles ponderados. Este método no requiere mantener muchos registros de datos históricos, lo cual hace adecuada la aplicación de este método cuando se cuentan con pocos datos históricos. La fórmula básica para el suavizamiento exponencial se expresa como sigue:

$$SES_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}),$$

dónde: SES_t = pronóstico en el período t , F_{t-1} = pronóstico en el período $t-1$, α = constante de suavización que tiene un valor de entre 0 y 1. y A_{t-1} = demanda real en el período $t-1$.

Lo que se puede deducir con esta ecuación es que la última estimación de la demanda es igual a la estimación del período anterior ajustada por una fracción de la diferencia entre la demanda real del período anterior y el pronóstico anterior.

El método de suavización exponencial es fácil de usar y se ha aplicado con gran éxito en prácticamente todo tipo de negocios. No obstante, el valor apropiado para la constante de suavizamiento α , puede hacer una gran diferencia entre un pronóstico preciso y uno impreciso.

Se escogen valores altos de α cuando el promedio de la demanda tiene probabilidades de cambiar. Se emplean valores bajos de α cuando el promedio en que se basa es bastante estable.

Al elegir el valor de la constante de suavizamiento, el objetivo es conseguir el pronóstico más preciso.

- **Suavización exponencial con ajuste de tendencia (SET_t):** es un modelo de suavizamiento exponencial más complejo. Es un método en el cual se realizan ajustes de tendencia. La idea principal es calcular un promedio suavizado exponencialmente de los datos y después ajustar el retraso positivo o negativo en la tendencia.

La fórmula es:

$$SET_t = F_t + T_t,$$

dónde: SET_t = Suavización exponencial con ajuste de tendencia en el período t , F_t = pronóstico exponencialmente suavizado para el período t y T_t = tendencia exponencialmente suavizada para el período t .

Con el suavizamiento exponencial con tendencia, las estimaciones del promedio y la tendencia se suavizan. Este procedimiento requiere de dos constantes de suavización, α para el promedio y β para la tendencia.

El valor de la constante de suavizamiento para la tendencia, β , se parece a la constante α porque una β alta responde más rápido a cambios recientes de una tendencia. Una β baja da menos peso a las tendencias más recientes y tiende a suavizar la tendencia actual. Los valores de β pueden encontrarse por prueba y error o utilizando algún software comercial sofisticado para calcular pronósticos, con la DMA como medida de comparación. Dichas constantes se encuentran entre los valores de 0-1.

Primeramente, se calcula el promedio para cada período:

$$F_t = \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}),$$

dónde: F_t = pronóstico exponencialmente suavizado de la serie de datos en el período t , A_{t-1} = demanda real del último período, F_{t-1} = pronóstico del último período, T_{t-1} = tendencia estimada para el último período y α = constante de suavizamiento para el promedio.

Después, se determina la tendencia para cada período:

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1},$$

dónde: T_t = tendencia exponencialmente suavizada en el período t , F_t = pronóstico exponencialmente suavizado de la serie de datos en el período t , F_{t-1} = pronóstico del último período, T_{t-1} = tendencia estimada para el último período y β = constante de suavizamiento para la tendencia.

Por último, se realiza la suma del pronóstico exponencialmente suavizado de la serie de datos en el período t (F_t) y la tendencia exponencialmente suavizada en el período t (T_t), tal como lo muestra la formula inicial:

$$SET_t = F_t + T_t,$$

- **Mínimos cuadrados:** en este enfoque se obtiene como resultado una línea recta que minimiza la suma de los cuadrados de las diferencias verticales o desviaciones de la recta a cada una de las observaciones reales.

Una recta de mínimos cuadrados se describe en términos de su ordenada o intersección con el eje y (la altura en la cual cruza al eje y) y su pendiente (la inclinación de la recta). Si se calcula la pendiente y la ordenada, la recta se expresa con la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = a + bx,$$

dónde \hat{y} = valor calculado de la variable que debe predecirse (variable dependiente), a = ordenada, b = pendiente de la recta de regresión, x = variable independiente (que en este caso es tiempo).

A continuación, se presenta la ecuación para determinar b :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2},$$

donde b = pendiente de la recta de regresión, x_i = valores conocidos de la variable independiente, y_i = valores conocidos de la variable dependiente, \bar{y} = promedio del valor de las y_i , \bar{x} = promedio del valor de las x_i y n = número de datos puntuales u observaciones.

La ordenada al origen se calcula con la siguiente ecuación:

$$a = \bar{y} - b\bar{x},$$

dónde a = ordenada al origen, b = pendiente de la recta de regresión, \bar{x} = promedio del valor de las x_i y \bar{y} = promedio del valor de las y_i .

- **Variaciones estacionales en los datos:** las variaciones estacionales en los datos son movimientos regulares ascendentes o descendentes a lo largo de una serie de tiempo que se relacionan con acontecimientos recurrentes como el clima o las vacaciones. Las variaciones estacionales pueden aplicarse en forma horaria, diaria, semanal, mensual o en otros patrones recurrentes.

De modo similar, comprender las variaciones estacionales es fundamental para planear la capacidad en las organizaciones donde se manejan picos en la carga de trabajo.

El analizar los datos en términos de meses o trimestres suele facilitar la detección de los patrones estacionales. Los índices estacionales se desarrollan usando varios métodos comunes. En el modelo estacional multiplicativo, los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda promedio para producir un pronóstico estacional.

A continuación, se presentan los pasos según Heizer y Render (2009), que seguiría una compañía que tiene “estaciones” de un mes:

1. El primer paso es calcular la demanda histórica promedio de cada estación (o mes en este caso) que se puede encontrar sumando la demanda medida en ese mes de cada año y dividiéndola entre el número de años de los que se tienen datos disponibles.
2. Se calcula la demanda promedio de todos los meses mediante la división del promedio total de la demanda anual entre el número de estaciones identificadas.
3. Calcular un índice estacional para cada estación identificada, realizando la división de la demanda histórica real de ese mes (paso 1) entre la demanda promedio de todos los meses (paso 2).
4. Después se calcula la estimación la demanda total anual para el siguiente año.

5. Se divide esta estimación de la demanda total anual entre el número de estaciones identificadas para después multiplicarla por el índice estacional para ese mes y esto proporciona el pronóstico estacional para ese período.

Modelos asociativos

Los modelos asociativos o causales, incorporan variables o factores que pueden influir en la cantidad por pronosticar. A continuación, se describen los dos modelos asociativos:

- **Regresión Lineal Simple:** se puede emplear el mismo modelo matemático que se utiliza con el método de mínimos cuadrados para la proyección de tendencias, con el fin de realizar un análisis de regresión lineal. Las variables dependientes que se desean pronosticar se simbolizan con \hat{y} . Pero la variable independiente, x , ya no necesita ser el tiempo.

Se emplea la siguiente ecuación para estimar el pronóstico:

$$\hat{y} = a + bx,$$

dónde \hat{y} = valor calculado de la variable que debe predecirse (variable dependiente), a = ordenada, b = pendiente de la recta de regresión y x = variable independiente.

- **Regresión Lineal Múltiple:** la regresión múltiple es una extensión práctica del modelo simple de regresión. Permite construir un modelo con varias variables independientes en lugar de sólo una variable.

La ecuación que representa a este método es la siguiente:

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n,$$

dónde \hat{y} = variable dependiente, a = una constante, b_1, b_2, \dots, b_n = coeficientes de las n variables independientes y x_1, x_2, \dots, x_n = valores de las n variables independientes.

2.3 Medición del error

Para determinar la precisión general de cualquier modelo de pronóstico se realiza una comparación de los valores pronosticados con los valores reales u observados.

Los cuatro tipos de medidas de errores de acuerdo a Chase, Jacobs y Aquilano (2009), y Chapman (2006) son:

- El Error Promedio de Pronóstico (*EPP*), el cual se calcula a partir del error de pronóstico promedio matemático sobre un período específico, con la siguiente ecuación:

$$EPP = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)}{n},$$

dónde: *EPP* = error promedio de pronóstico, A_t = demanda real en el período t , F_t = pronóstico en el período t y n = número de períodos anteriores.

- Desviación Media Absoluta (*DMA*), su valor se calcula sumando los valores absolutos de los errores individuales del pronóstico y dividiendo entre el número de períodos de datos (n), utilizando la ecuación:

$$DMA = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n},$$

dónde: *DMA* = desviación media absoluta, A_t = demanda real en el período t , F_t = pronóstico en el período t y n = número de períodos anteriores.

- Error Cuadrático Medio (*ECM*), es el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores pronosticados y observados, su ecuación es:

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (E_t)^2}{n},$$

dónde: *ECM* = error cuadrático medio, E_t = Error en el período t y n = número de períodos anteriores.

Un problema tanto con la *DMA* como con el *ECM* es que los resultados obtenidos dependen de la magnitud del elemento que se pronostica. Si el elemento pronosticado se mide en millares,

los valores de la DMA y del ECM pueden ser muy grandes. Para evitar este problema, se puede usar el error porcentual absoluto medio (EPAM).

- El Error Porcentual Absoluto Medio (*EPAM*), se calcula como el promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los reales y se expresa como porcentaje de los valores reales. Es decir, si se ha pronosticado n períodos y los valores reales corresponden a n períodos, *EPAM* se calcula como:

$$EPAM = \frac{100 \sum_{i=1}^n |A_i - F_i| / A_i}{n},$$

dónde: *EPAM* = error porcentual absoluto medio, A_i = demanda real en el período i , F_i = pronóstico en el período i y n = número de períodos anteriores.

2.4 Plan maestro de producción

Todas las ecuaciones anteriores sirven como base para calcular el pronóstico de ventas, el cual permite realizar el programa maestro de producción, el cual especifica qué debe hacerse, es decir, el número de productos o artículos terminados, y cuándo se deben fabricar (Heizer & Render, 2009).

En otras palabras, el plan o programa maestro de producción, es el plan con los tiempos desglosados que especificara cuántas piezas finales va a fabricar la empresa y cuándo (el periodo específico en que se deben fabricar los productos).

El programa o plan maestro de producción (MPS) (del inglés *master production schedule*), se divide el plan de ventas y operaciones en programas de productos específicos (Krajewski, Ritzman & Malhotra, 2008).

El MPS proporciona información primordial para las áreas funcionales, tales como fechas de envío y las consideraciones gerenciales para estabilizar y establecer el MPS. El planificador deberá tomar en cuenta las limitaciones que existan para la producción de cada producto y establecer las fechas y las cantidades de producción de acuerdo con eso.

Desarrollo de un programa maestro de producción

El proceso de desarrollar un programa maestro de producción incluye los siguientes pasos:

- **Paso 1.** Calcular los inventarios disponibles proyectados:
El primer paso consiste en calcular el inventario disponible proyectado, que es una estimación de la cantidad de inventario disponible cada semana
- **Paso 2.** Determinar las fechas y la magnitud de las cantidades para el MPS.

Capítulo 3. Desarrollo de actividades

En este capítulo, se presenta el desarrollo de actividades relacionado con el cálculo de los pronósticos de producción, en este apartado se muestra un panorama de la empresa, su método para el cálculo de los pronósticos actual, así como el desglose de cada uno de los pasos de la metodología para el cálculo de los pronósticos mediante los métodos de pronósticos cuantitativos.

En el primer apartado de este capítulo se presenta un panorama general de la empresa pastelera, sus antecedentes históricos, una breve descripción de la empresa, los productos que maneja, cuyos datos serán analizados para el cálculo de los pronósticos. En este apartado también se presenta la descripción del proceso de elaboración de los pasteles y del método actual para proceso de elaboración de los pronósticos.

Como segundo apartado, se presenta la descripción del uso de los pronósticos, los aspectos a pronosticar, la determinación del horizonte de tiempo donde se realizará el pronóstico, los modelos cuantitativos que se utilizaran para el desarrollo del pronóstico y la recopilación de los datos históricos que se necesitaran.

En el apartado tres de este capítulo se describen cada uno de los pasos de la metodología para el cálculo de los pronósticos mediante los métodos de pronóstico cuantitativo y los métodos utilizados para medir la precisión del pronóstico.

En el último apartado se describe la aplicación de la variación estacional para el cálculo del pronóstico mensual y la elaboración del plan maestro de producción para el año 2019 tomando en cuenta la selección de métodos usados para los datos de 2018.

3.1 Antecedentes de la empresa

La empresa pastelera nace el 18 de diciembre de 1980 como un negocio familiar en, lo que es hoy, la sucursal de González Ortega, en el barrio de los 7 Príncipes, como fruto del legado de

Doña Clementina Guzmán Ibáñez; dedicada madre de familia quien fuera conocida por sus seres queridos como Quemén.

Es a través de sus postres y creaciones culinarias que se crea la base de una empresa orgullosamente oaxaqueña que, gracias a la dedicación y el trabajo, así como, de la preferencia de los consumidores y cómplices de alegrías y celebraciones (Pastelerías Quemén, 2019).

3.1.1 Descripción de la empresa

La empresa pastelera cuenta actualmente con una planta matriz, que es donde se producen cada uno de los productos que maneja y para la venta de sus productos cuenta con 18 tiendas o sucursales de venta, las cuales se presentan en la Figura 8.

Tiendas grandes	Tiendas medianas	Tiendas pequeñas
<ul style="list-style-type: none">• González Arteaga• Xoxo• Viguera• Plaza del Valle• Plaza Bella	<ul style="list-style-type: none">• Reforma• Jazmines• Independencia• Santa Rosa Tacuba• Santa Lucía• Moras• Ferrocarril	<ul style="list-style-type: none">• Tlacolula• Volcanes• Rosario• El Tule• Santa Rosa• Ocotlán

Figura 8. Clasificación de las tiendas (Fuente: Propia).

La clasificación de las tiendas se realiza conforme al volumen de ventas de cada una, siendo así las tiendas grandes donde se presenta el mayor volumen de ventas mensual. Cada una de las tiendas cuenta con aproximadamente 3 empleados encargados del proceso de ventas y atención a clientes.

Actualmente, la planta opera entre 60% y 70% de su capacidad, con una plantilla de 72 operarios en el área de producción y trabajando un turno de 8 horas en la línea de pasteles.

Para explotar la máxima capacidad del área de producción se necesitaría incrementar el volumen de ventas e incrementar la plantilla de personal, trabajando 3 turnos de 8 horas. En días festivos se llega a trabajar hasta 2 turnos de 8 horas con horas extras.

3.1.2 Clasificación de pasteles

En la Figura 9, se muestra la clasificación de la línea de pasteles que se elaboran en la empresa, la cual se divide en la línea de 3 leches que ofrece 2 presentaciones (grande y mediano) y la línea de clásicos que ofrece 3 presentaciones (grande, mediano, para 30 personas).

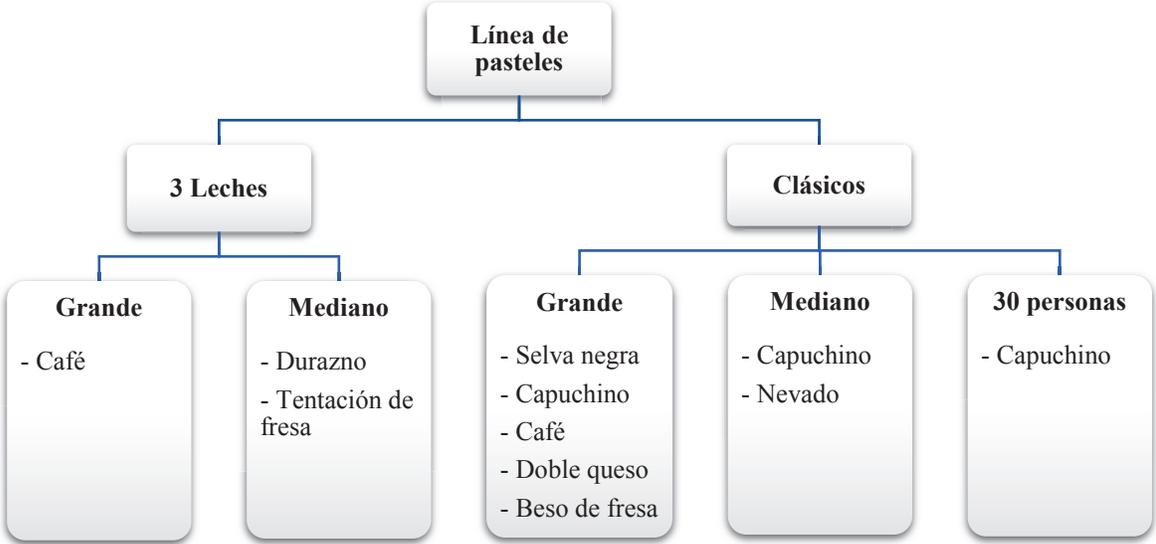


Figura 9. Clasificación de pasteles (Fuente: Propia).

Anteriormente, se producían 32 sabores distintos de pastel y, a partir del año 2016, se redujeron a sólo 17 sabores. Sin embargo, sólo se realizarán los pronósticos de 11 presentaciones, cuya descripción del producto se muestra en la Tabla 1 donde se observan 9 sabores distintos de pasteles, de los cuales únicamente el pastel capuchino cuenta con 3 presentaciones, las cuales serán contempladas en el desarrollo de los pronósticos como un tipo de pastel distinto.

Tabla 1 . Descripción de cada pastel (Fuente: Pastelerías Quemén, 2019).

Pastel		Descripción	Presentación
Durazno 3 Leches		Delicioso bizcocho de vainilla bañado de 3 leches con ron, relleno de crema batida sabor vainilla y durazno picado.	Mediano
Café 3 Leches		Suave bizcocho de vainilla, bañado con una mezcla de 3 leches sabor café y Kalhúa, relleno de crema batida de vainilla, cubierto con crema de café.	Grande
Beso de Fresa		Sabroso bizcocho sabor vainilla, relleno y cubierto de mousse de fresas naturales, decorado con yogurt de fresa, crema y mermelada de fresa.	Grande
Selva Negra		Exquisito bizcocho sabor chocolate, relleno de ganache de chocolate dulce, cubierto con ganache de chocolate semi-amargo.	Grande
Doble Queso y Zarzamora		Exquisito bizcocho de vainilla, con una mezcla de 3 leches, relleno de queso con un ligero toque de vainilla y mermelada de zarzamora.	Grande
Tentación de Fresa		Esponjoso bizcocho sabor vainilla, bañado en jarabe de tres leches, relleno de crema de vainilla con fresas frescas, y cubierto de suave crema.	Mediano
Pastel de Café		Delicioso bizcocho sabor vainilla, relleno de crema sabor café con chocolate semi-amargo y trocitos de nuez, cubierto con crema nata de café.	Grande

Nevado		Delicioso bizcocho sabor vainilla con ron, relleno de crema y almendras, y cobertura de crema de almendras.	Mediano
Capuchino		Delicioso bizcocho sabor vainilla con ron, con dos rellenos de crema de café con un toque de canela.	Chico, grande y para 30 personas.

3.1.3 Proceso de elaboración

En la Figura 10, se presentan los pasos del proceso de elaboración y distribución de un pastel.



Figura 10. Proceso de elaboración y distribución de un pastel (Fuente: Propia).

A continuación, se describe cada una de las etapas del proceso de elaboración y distribución:

- 1. Batido:** en esta etapa se mezclan los ingredientes para la elaboración del bizcocho. Primero, se mezclan todos los ingredientes, se engrasa el molde del pastel y después se pasa a la máquina dosificadora
- 2. Horneado:** En este paso se hornea el pastel y control de calidad verifica la densidad de la masa. Por último, se deja enfriar el bizcocho para iniciar con su decoración al día siguiente. El bizcocho que se elaborará varía de acuerdo al pastel para el que se utilizará, si es un pastel de 3 leches se requerirá un bizcocho esponja y si es para un pastel clásico se requerirá un bizcocho relleno que puede ser de sabor vainilla o chocolate.

3. Relleno: la etapa de relleno varía conforme al tipo de pastel que se va a realizar.

Si el bizcocho es esponja, significa que este se utilizará para la elaboración del pastel de 3 leches, donde el procedimiento exacto sería el siguiente:

- a) Cortar el bizcocho por la mitad formando la base y la tapa del pastel.
- b) Dejar enfriar en una cámara.
- c) Remojar o humedecer la base con jarabe de 3 leches y algún otro ingrediente o saborizante de acuerdo al pastel que se preparará.
- d) Rellenar el pastel, es decir, se pone fruta, crema o algún otro ingrediente en la parte superior de la base del pastel.
- e) Se remoja la tapa con jarabe de 3 leches y algún otro ingrediente o saborizante de acuerdo al pastel que se preparará.
- f) Se coloca la tapa en la parte superior de la base, dejando el relleno entre la base y la tapa.
- g) Se envía decorado.

Si el bizcocho es relleno, significa que éste se utilizará para la elaboración de los pasteles clásicos, donde el procedimiento es el siguiente:

- a) Cortar el bizcocho en 3 partes horizontales.
- b) Dejar enfriar en la cámara.
- c) Rellenar de acuerdo al sabor de pastel que se vaya a producir.
- d) Se envía a decorado.

Para el relleno y el decorado se requieren cremas de distintos sabores, los cuales son surtidos por el área de cremas, que es una sección interna que abastece de este insumo a las 2 áreas.

- 4. Decorado:** en esta etapa se decoran con crema los pasteles de acuerdo a un diseño establecido para cada tipo de pastel. En esta etapa, se le agrega también la fruta o frutos secos de acuerdo al diseño establecido. Por último, se tapan y se envían al área de distribución.
- 5. Distribución:** en esta etapa se realiza la captura de los productos que ingresaron al área, se colocan los códigos de barra en los productos, se rotulan de acuerdo a las tiendas

donde se enviarán y, por último, se realiza el envío de los pasteles a las diferentes sucursales para su venta.

3.1.4 Descripción del método de pronóstico actual

El enfoque del método de pronóstico que se utiliza en la actualidad es el cualitativo, basado en el jurado de opinión de ejecutivos o la opinión ejecutiva, ya que en este método el área de dirección general en este caso representado por el gerente general de la empresa con base en el crecimiento del volumen de ventas del año anterior, determina la proyección del crecimiento del volumen de ventas para el período actual.

Los principales problemas que se presentan con el uso de este método de pronóstico son:

- Devoluciones de producto por parte de las diferentes sucursales ya que el producto llega al término de su vida útil y no fue vendido.
- Desechos de producto, al tener una vida de anaquel muy corta de entre 3 a 4 días máximo.
- Realización de trasposos entre tiendas para poder sacar los productos que se encuentran en sus últimos días de vida útil, lo cual genera un costo de flete extra.
- Realización de promociones, donde se marginan los costos (se bajan los precios de venta) y se obtienen un mínimo de utilidad, es decir, que el costo de producción del producto es cercano al precio de venta.
- Aplicación de descuentos directos en los productos que están en su último día de vida de anaquel con el propósito de venderlos, lo cual disminuye el margen de utilidad del producto ya que se vende a un precio por debajo del establecido.
- Se presentan casos de productos faltantes y se realizan trasposos entre tiendas para compensar el producto faltante, lo cual implica gastos en fletes.
- Se presentan casos de bajo o alto nivel de inventario en tiendas, en donde se trata de mantener un nivel de inventario al inicio del día de 150% de las ventas diarias.

Para contrarrestar estos problemas que se presentan, se realizan algunas acciones como son:

- Cuando se presenta un exceso de producto, se utiliza para degustación.

- Se monitorea el porcentaje de devoluciones permitido.
- Monitoreo del inventario al inicio del día en tiendas, debe estar en 150% de las ventas diarias o lo más cercano posible, si presenta un inventario mayor de productos en sus últimos días de vida se realizan traspasos a tiendas donde se estén vendiendo estos productos.
- Revisión del inventario diario para estimar cuanto incrementarlo en tiendas, conforme al tamaño de la tienda o su volumen de ventas.
- En caso de presentar productos faltantes, se envía una ruta a las tiendas que lo requieran.
- Aplicación de estrategias de venta como armar promociones o combos, así como, la aplicación de estrategias de posición de productos.
- Realización de encuestas de mercadeo, cuando se saca al mercado un producto nuevo o se apertura una nueva sucursal.

3.2 Uso del pronóstico

La empresa utilizará los pronósticos obtenidos mediante la aplicación de los métodos cuantitativos con la finalidad de planear la producción futura de sus productos y así poder anticiparse a los cambios que surjan dentro de la demanda del mercado, identificando así los riesgos u oportunidades de progreso para la empresa.

Así mismo, la obtención de los pronósticos ayudara a planear con anticipación los requerimientos de materia prima, personal y tiempo de producción.

3.3 Selección de aspectos a pronosticar

Para la empresa, la prioridad es determinar las ventas que tendrá en los próximos meses para cada producto, y de esta manera, establecer la cantidad que tendrá que producir para prevenir y satisfacer por completo la demanda.

3.4 Determinación del horizonte de tiempo

Para los pronósticos de las ventas de la empresa pastelera, se consideró el horizonte de tiempo propuesto por Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham (2011), en el cual se especifica que el pronóstico a mediano plazo corresponde a un período entre seis meses y dos años, que será el

criterio para usar en los pronósticos anuales, es decir, a partir de los datos históricos que contienen las cantidades de los pasteles vendidos anualmente. Mientras que para la realización de los pronósticos mensuales se usará el horizonte de tiempo a corto plazo, que se refiere a un período menor de seis meses donde se estimará las ventas de forma mensual para el año pronosticado, debido al análisis de los valores detectados mes a mes, con la finalidad de generar el plan maestro de producción en el que se especifica la cantidad de cada tipo de pastel a producir.

3.5 Modelos de pronóstico

En este trabajo, se utilizaron los siguientes modelos cuantitativos de series de tiempo: promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial simple, suavización exponencial con tendencia y regresión lineal, con los cuales se realizarán los pronósticos anuales.

Para la realización de los pronósticos mensuales se usó la técnica de variación estacional y, con la aplicación de los métodos de pronósticos cuantitativos, se determinaron los pronósticos de producción para cada tipo de pastel.

3.6 Recopilación de datos históricos

En este paso, se recopilaron los datos necesarios para su análisis y, posteriormente, realizar los pronósticos de venta de los productos que manejan.

Es importante señalar que los datos mostrados a continuación sobre las cantidades de pasteles vendidos fueron codificados para la protección de la privacidad de la empresa, por ello se presentan datos con decimales, debido a que existe una carta de confidencialidad con la empresa.

Cabe mencionar que, para la realización de los cálculos de este proyecto de tesis, los datos de las tablas siguientes se muestran con 2 dígitos después del punto, sin embargo, las operaciones se realizaron en Excel utilizando 8 dígitos después del punto.

En la Tabla 2, se presentan las cantidades de pasteles vendidos anualmente de cada tipo, los cuales se van a utilizar para la realización de los pronósticos. También, se puede apreciar que

las ventas de los 11 tipos de pastel en general incrementan cada año, siendo el pastel tipo 4, tipo 6 y tipo 10 los que presentan ventas más altas en comparación de los demás tipos de pastel.

Tabla 2. Cantidad de pasteles vendidos por año (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	2015	2016	2017	2018
1	410.40	617.44	868.16	956.56
2	350.88	635.04	1017.28	1274.00
3	338.16	715.92	1011.52	1198.72
4	896.32	1359.20	1911.44	2407.12
5	784.16	957.68	1180.48	1421.12
6	1071.20	1401.52	1880.08	2207.12
7	772.16	1348.40	1831.92	1987.76
8	482.80	830.56	989.04	1305.52
9	206.56	546.00	830.00	1028.24
10	1384.96	1831.84	2140.48	2453.76
11	708.64	999.76	1474.16	1816.72

En la Figura 11 se puede visualizar el comportamiento que presentan los datos de la demanda anual de los 11 tipos de pastel, durante los años 2015, 2016, 2017 y 2018. En esta gráfica se puede observar la tendencia de crecimiento exponencial de la demanda a lo largo de la serie de tiempo.

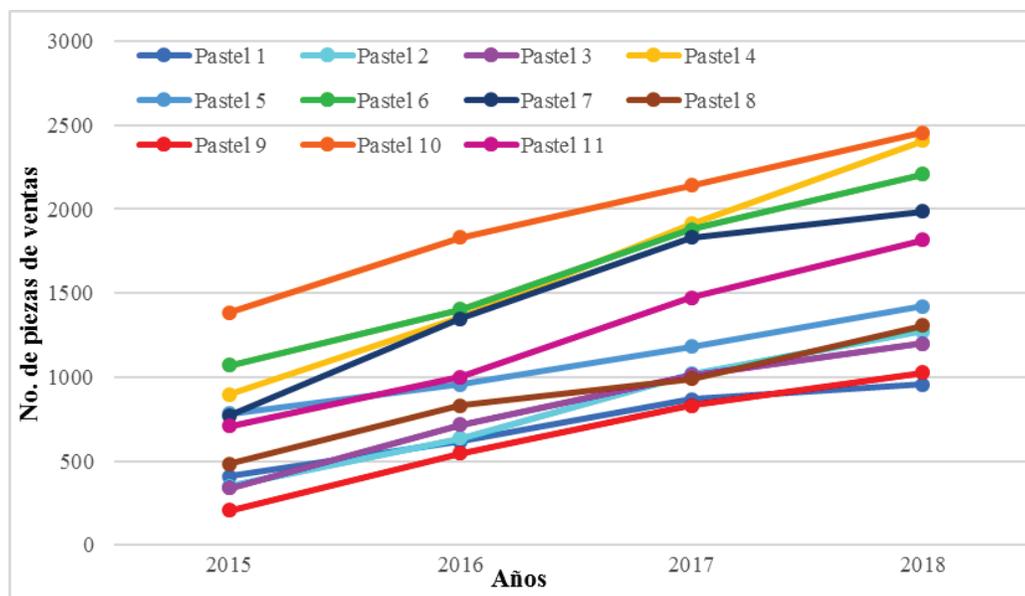


Figura 11. Patrones de la demanda 2015-2018 (Fuente: Propia).

A continuación, en la Tabla 3, se muestran los datos de las ventas mensuales del Pastel tipo 1 para los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

Tabla 3. Cantidad de pasteles tipo 1 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	34.00	28.56	58.32	63.28
Febrero	29.44	41.04	60.56	69.44
Marzo	39.28	51.60	62.88	65.44
Abril	37.28	50.64	63.84	73.20
Mayo	46.96	70.88	86.88	95.44
Junio	17.36	27.76	83.84	82.48
Julio	35.84	65.92	82.64	81.92
Agosto	31.28	53.12	72.48	76.80
Septiembre	30.64	55.44	67.20	78.96
Octubre	27.68	39.52	64.24	74.08
Noviembre	26.32	48.24	61.84	77.60
Diciembre	45.12	84.72	103.44	117.92

En la Tabla 4, se pueden apreciar las ventas mensuales de los años 2015, 2016, 2017 y 2018 para el Pastel tipo 2.

Tabla 4. Cantidad de pasteles tipo 2 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	32.08	29.20	70.88	97.76
Febrero	22.08	14.96	69.84	89.68
Marzo	28.96	63.12	71.92	87.84
Abril	30.00	63.76	73.28	97.92
Mayo	39.36	83.20	99.36	115.84
Junio	13.36	30.48	102.40	109.20
Julio	29.20	70.88	90.56	106.88
Agosto	28.16	50.40	77.84	102.56
Septiembre	27.52	53.44	80.56	104.40
Octubre	28.96	38.88	78.88	98.72
Noviembre	24.80	51.36	77.92	105.20
Diciembre	39.28	85.36	123.84	158.00

Los datos de las ventas mensuales del Pastel tipo 3 para los años 2015, 2016, 2017 y 2018, se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Cantidad de pasteles tipo 3 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	32.48	29.12	80.64	94.00
Febrero	29.12	17.76	75.04	85.92
Marzo	28.64	19.20	69.68	85.92
Abril	27.92	69.76	70.48	90.56
Mayo	36.80	94.32	87.04	106.16
Junio	11.28	38.16	83.04	99.28
Julio	26.88	88.88	92.16	111.28
Agosto	29.84	74.56	83.60	93.68
Septiembre	28.40	70.32	90.40	96.80
Octubre	25.28	53.76	82.24	88.88
Noviembre	23.84	63.20	74.08	99.68
Diciembre	37.68	96.88	123.12	146.56

En la Tabla 6, se muestran los datos de las ventas mensuales del Pastel tipo 4 para los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

Tabla 6. Cantidad de pasteles tipo 4 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	87.84	74.72	140.80	184.40
Febrero	76.88	78.56	137.76	176.56
Marzo	74.32	103.84	145.12	182.24
Abril	70.00	116.24	83.68	191.92
Mayo	96.72	163.20	218.72	241.68
Junio	33.44	64.40	183.92	212.48
Julio	77.92	140.56	171.68	201.84
Agosto	75.36	127.12	154.16	190.96
Septiembre	72.72	124.56	154.08	196.16
Octubre	71.28	87.12	162.88	180.32
Noviembre	72.08	116.00	147.28	194.32
Diciembre	87.76	162.88	211.36	254.24

En la Tabla 7, se presentan los datos de las ventas mensuales de los años 2015, 2016, 2017 y 2018 para el Pastel tipo 5.

Tabla 7. Cantidad de pasteles tipo 5 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	54.08	69.44	94.08	101.76
Febrero	58.88	67.92	86.64	98.24
Marzo	65.12	82.16	84.64	100.96
Abril	56.88	76.16	94.80	111.68
Mayo	85.12	112.24	131.60	134.24
Junio	32.64	34.88	105.60	122.08
Julio	76.80	89.44	110.72	120.64
Agosto	75.28	76.96	91.04	109.44
Septiembre	66.96	86.48	92.88	123.28
Octubre	64.88	62.40	84.64	113.44
Noviembre	62.96	82.32	82.80	114.64
Diciembre	84.56	117.28	121.04	170.72

A continuación, en la Tabla 8, se muestran los datos de las ventas mensuales del Pastel tipo 6 para los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

Tabla 8. Cantidad de pasteles tipo 6 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	95.20	92.56	123.12	145.76
Febrero	91.92	97.04	128.56	172.24
Marzo	90.16	121.52	133.28	160.32
Abril	85.84	126.80	145.68	169.84
Mayo	112.48	170.08	199.44	223.28
Junio	42.80	61.12	175.52	200.32
Julio	95.84	127.68	172.16	187.52
Agosto	90.24	124.08	147.76	180.64
Septiembre	87.92	113.04	148.56	179.28
Octubre	89.84	87.44	157.60	167.36
Noviembre	86.56	121.04	140.72	175.12
Diciembre	102.40	159.12	207.68	245.44

En la Tabla 9, se pueden observar las ventas mensuales de los años 2015, 2016, 2017 y 2018 para el Pastel tipo 7.

Tabla 9. Cantidad de pasteles tipo 7 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	57.84	78.72	143.12	139.36
Febrero	52.32	79.92	159.28	136.88
Marzo	59.92	103.84	154.40	143.20
Abril	62.32	106.16	165.92	154.16
Mayo	73.92	144.88	175.04	180.08
Junio	27.28	56.56	150.00	166.40
Julio	70.08	132.88	180.80	167.68
Agosto	66.88	117.2	146.32	157.04
Septiembre	68.16	126.8	143.6	163.36
Octubre	69.36	103.20	113.60	156.80
Noviembre	70.64	121.52	114.48	171.36
Diciembre	93.44	176.72	185.36	251.44

Los datos de las ventas mensuales del Pastel 8 para los años 2015, 2016, 2017 y 2018, se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Cantidad de pasteles tipo 8 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	31.28	37.76	55.76	75.68
Febrero	36.88	58.48	70.80	88.56
Marzo	37.60	92.80	72.56	93.20
Abril	38.64	92.32	75.36	102.08
Mayo	52.48	113.52	92.24	78.00
Junio	18.80	35.44	78.00	110.24
Julio	44.16	75.20	78.64	107.28
Agosto	43.36	56.88	88.40	110.64
Septiembre	40.00	61.92	93.60	123.68
Octubre	41.28	49.76	85.36	113.68
Noviembre	41.44	63.12	75.28	112.48
Diciembre	56.88	93.36	123.04	190.00

En la Tabla 11, se presentan los datos de las ventas mensuales de los años 2015, 2016, 2017 y 2018 para el Pastel tipo 9.

Tabla 11. Cantidad de pasteles tipo 9 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	16.40	19.84	53.76	69.36
Febrero	13.92	32.64	51.04	76.32
Marzo	13.52	51.52	51.84	76.64
Abril	13.44	52.40	56.64	78.00
Mayo	19.52	54.40	76.64	87.44
Junio	7.52	26.88	69.92	83.36
Julio	21.12	69.12	88.64	99.20
Agosto	19.60	42.08	69.68	83.76
Septiembre	19.92	45.44	69.60	87.92
Octubre	20.48	36.24	72.24	78.96
Noviembre	18.96	46.80	64.80	78.24
Diciembre	22.16	68.64	105.20	129.04

Se muestran los datos de las ventas mensuales de los años 2015, 2016, 2017 y 2018 para el Pastel tipo 10, en la Tabla 12.

Tabla 12. Cantidad de pasteles tipo 10 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	112.16	154.16	159.76	189.60
Febrero	100.24	147.44	156.16	170.48
Marzo	107.28	159.52	159.12	176.40
Abril	101.92	152.32	152.96	183.68
Mayo	116.24	214.48	218.48	244.08
Junio	43.44	70.80	184.24	218.08
Julio	102.72	163.52	207.28	222.32
Agosto	120.32	141.36	177.92	185.52
Septiembre	132.96	150.16	171.20	206.48
Octubre	142.08	114.80	163.92	185.04
Noviembre	127.52	150.24	150.88	182.72
Diciembre	178.08	213.04	238.56	289.36

A continuación, en la Tabla 13 se presentan los datos de las ventas mensuales del Pastel tipo 11 para los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

Tabla 13. Cantidad de pasteles tipo 11 vendidos por mes (Fuente: Propia).

Mes	2015	2016	2017	2018
Enero	57.84	65.84	99.92	129.68
Febrero	48.56	68.88	104.80	126.32
Marzo	54.64	87.04	102.72	128.32
Abril	51.92	83.68	112.96	135.76
Mayo	70.64	121.12	155.04	176.96
Junio	27.76	42.40	133.84	155.12
Julio	69.84	96.64	137.92	166.32
Agosto	65.68	80.96	119.44	143.84
Septiembre	61.76	80.64	123.84	155.28
Octubre	59.84	64.08	115.84	145.52
Noviembre	57.60	84.08	108.88	147.36
Diciembre	82.56	124.40	158.96	206.24

3.7 Realización del pronóstico

En este paso, se procede a calcular el pronóstico de las ventas de cada producto para 2018 con base en los diferentes métodos de pronósticos, con la finalidad de obtener los métodos que mejor se adapten a los datos históricos y así aplicarlos para calcular el pronóstico del año 2019 que es el que se utilizara para realizar el plan maestro para el año 2019.

3.7.1 Promedio móvil simple

El método de promedios móvil simple es de mayor utilidad cuando se tiene la suposición de que la demanda de mercado relativamente permanecerá estable en el tiempo. Sin embargo, en este caso se aplicará este método a pesar de que los datos de piezas de pasteles en algunos casos no son del todo estables, esto con la finalidad de observar el comportamiento de los datos históricos al ajustarlos al método y así medir el error presente en el pronóstico para descartar o afirmar que sea un método adecuado para realización del pronóstico.

Primero, se realiza el pronóstico para 2018 mediante el método de promedio móvil simple de 3 años, que se encuentra sumando la demanda de los últimos 3 años y dividiéndola entre tres como se muestra en el ejemplo aplicado a la primera fila de la Tabla 15:

$$PMS = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} = \frac{410.40000000 + 617.44000000 + 868.16000000}{3} = 632.00000000$$

En la Tabla 14, se pueden apreciar los resultados obtenidos para cada pastel, con la aplicación del método de pronóstico de promedio móvil simple, así mismo, se presentan los valores reales de las ventas realizadas en el año 2018 con el fin de observar que tanto se acerca o aleja el dato real del pronóstico.

Tabla 14. Pronóstico de ventas mediante promedio móvil simple (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	Ventas anuales			Pronóstico (F) demanda 2018	Real (A) 2018
	2015	2016	2017		
1	410.40	617.44	868.16	632.00	956.56
2	350.88	635.04	1017.28	667.73	1274.00
3	338.16	715.92	1011.52	688.53	1198.72
4	896.32	1359.20	1911.44	1388.98	2407.12
5	784.16	957.68	1180.48	974.10	1421.12
6	1071.20	1401.52	1880.08	1450.93	2207.12
7	772.16	1348.40	1831.92	1317.49	1987.76
8	482.80	830.56	989.04	767.46	1305.52
9	206.56	546.00	830.00	527.52	1028.24
10	1384.96	1831.84	2140.48	1785.76	2453.76
11	708.64	999.76	1474.16	1060.85	1816.72

Este método tiende a suavizar las irregularidades del corto plazo en las series de datos, por esta razón tiende a minimizar los cambios que puedan surgir en la demanda y es por ello que los resultados obtenidos al aplicar este método muestran resultados poco aproximados a los datos reales de ventas.

3.7.2 Promedio móvil ponderado

Posteriormente, se realiza el pronóstico con base en el método de promedio móvil ponderado, el cual permite asignar cualquier importancia a cada elemento, siempre y cuando la suma de todas las ponderaciones sea igual a uno (Chase & Jacobs, 2009). En este caso, las ponderaciones se asignaron de la siguiente manera, en un período de 3 años el mejor pronóstico se deriva asignando una ponderación del 50% de las ventas reales durante el año más reciente, 30% de dos años antes y 20% de hace cuatro años, como se muestra en el siguiente ejemplo:

$$\begin{aligned}
 PMP &= \frac{\sum_{i=1}^n W_i D_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \\
 &= \frac{(410.40000000 * 0.2) + (617.44000000 * 0.3) + (868.16000000 * 0.5)}{1} \\
 &= 701.39200000
 \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos de la aplicación del método de promedio móvil ponderado para los tipos de pasteles, se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Pronósticos de ventas mediante promedio móvil ponderado (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	Ventas anuales			Pronóstico (F) demanda 2018	Real (A) 2018
	2015	2016	2017		
1	410.40	617.44	868.16	701.39	956.56
2	350.88	635.04	1017.28	769.32	1274.00
3	338.16	715.92	1011.52	788.16	1198.72
4	896.32	1359.20	1911.44	1542.74	2407.12
5	784.16	957.68	1180.48	1034.37	1421.12
6	1071.20	1401.52	1880.08	1574.73	2207.12
7	772.16	1348.40	1831.92	1474.91	1987.76
8	482.80	830.56	989.04	840.24	1305.52
9	206.56	546.00	830.00	620.11	1028.24
10	1384.96	1831.84	2140.48	1896.78	2453.76
11	708.64	999.76	1474.16	1178.73	1816.72

El promedio móvil ponderado tiene una ventaja definitiva sobre el promedio móvil simple, ya que puede variar los efectos de los datos pasados sobre el pronóstico, al brindarle una

ponderación mayor a los datos más recientes se obtiene una respuesta más rápida ante los cambios de la demanda.

3.7.3 Suavización exponencial simple

En el método de suavización exponencial solo se necesitan tres piezas de datos para pronosticar el futuro de la demanda: el pronóstico más reciente, la demanda real que ocurrió durante el período de pronóstico y una constante de suavización α , que en este caso se asignó un valor de 0.9, esta constante de suavización determina el nivel de uniformidad y la velocidad de reacción ante las diferencias entre los pronósticos y los hechos reales. Mientras más rápido sea el crecimiento, más alto deberá ser el índice de reacción de acuerdo a Chase y Jacobs (2009).

A continuación, se muestra un ejemplo para el cálculo del pronóstico por el método de suavización exponencial simple, los resultados de estos cálculos para cada pastel se muestran en la Tabla 16.

$$SES_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

$$SES_{2018} = F_{2017} + \alpha(A_{2017} - F_{2017})$$

Para la ecuación anterior, donde los valores de cada una de las variables son:

$$F_{2017} = 596.73000000$$

$$\alpha = 0.9$$

$$A_{2017} = 868.16000000$$

Al sustituir los valores en la ecuación, se obtiene el siguiente resultado que corresponde al pronóstico anual de 2018 para el Pastel tipo 1.

$$SES_{2018} = 596.73000000 + 0.9(868.16000000 - 596.73000000) = 841.01000000$$

Tabla 16. Pronósticos de ventas mediante Suavización exponencial simple (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	Real (A)			Pronóstico (F)				Real 2018
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2018	
1	410.40	617.44	868.16	410.40	410.40	596.73	841.01	956.56
2	350.88	635.04	1017.28	350.88	350.88	606.62	976.21	1274.00

3	338.16	715.92	1011.52	338.16	338.16	678.14	978.18	1198.72
4	896.32	1359.20	1911.44	896.32	896.32	1312.91	1851.58	2407.12
5	784.16	957.68	1180.48	784.16	784.16	940.32	1156.46	1421.12
6	1071.20	1401.52	1880.08	1071.20	1071.20	1368.48	1828.92	2207.12
7	772.16	1348.40	1831.92	772.16	772.16	1290.77	1777.80	1987.76
8	482.80	830.56	989.04	482.80	482.80	795.78	969.71	1305.52
9	206.56	546.00	830.00	206.56	206.56	512.05	798.20	1028.24
10	1384.96	1831.84	2140.48	1384.96	1384.96	1787.15	2105.14	2453.76
11	708.64	999.76	1474.16	708.64	708.64	970.64	1423.80	1816.72

Al aplicar este método se observa una suavización en los pronósticos, esto significa que los pronósticos se apegaran más a la línea de tendencia promedio de los datos dando como resultado la eliminación de los picos de venta suavizando así el comportamiento de la demanda futura.

3.7.4 Suavización exponencial con tendencia

El modelo de suavización exponencial con tendencia es un método aún más complejo, ya que en éste se realizan ajustes de tendencia. La idea es calcular un promedio suavizado exponencialmente de los datos y después ajustar el retraso positivo o negativo en la tendencia. Estos cálculos se realizan como lo muestra el siguiente ejemplo:

$$SET_t = F_t + T_t$$

Primero, se procede a calcular el promedio para cada período mediante la siguiente fórmula:

$$F_{2016} = \alpha(A_{2015}) + (1 - \alpha)(F_{2015} + T_{2015})$$

Para la ecuación anterior, los valores de cada una de las variables son los siguientes:

$$\alpha = 0.155$$

$$A_{2015} = 410.40000000$$

$$F_{2015} = 410.40000000$$

$$T_{2015} = 0$$

$$F_{2016} = 0.155(410.40000000) + (1 - 0.155)(410.40000000 + 0) = 410.40000000$$

Los resultados obtenidos del cálculo de los pronósticos mediante la aplicación de la fórmula anterior para los 11 tipos pasteles se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Cálculos del pronóstico anual (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	Constante		Real (A)			Pronóstico (F)			
	α	β	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2018
1	0.155	0.93	410.40	617.44	868.16	410.40	410.40	602.95	795.37
2	0.155	0.93	350.88	635.04	1017.28	350.88	350.88	615.15	885.15
3	0.155	0.93	338.16	715.92	1011.52	338.16	338.16	689.48	1015.48
4	0.155	0.93	896.32	1359.20	1911.44	896.32	896.32	1326.80	1755.71
5	0.155	0.93	784.16	957.68	1180.48	784.16	784.16	945.53	1108.77
6	0.155	0.93	1071.20	1401.52	1880.08	1071.20	1071.20	1378.40	1697.57
7	0.155	0.93	772.16	1348.40	1831.92	772.16	772.16	1308.06	1810.40
8	0.155	0.93	482.80	830.56	989.04	482.80	482.80	806.22	1088.71
9	0.155	0.93	206.56	546.00	830.00	206.56	206.56	522.24	818.02
10	0.155	0.93	1384.96	1831.84	2140.48	1384.96	1384.96	1800.56	2179.84
11	0.155	0.93	708.64	999.76	1474.16	708.64	708.64	979.38	1268.83

Una vez calculado el promedio para cada período, se determina la tendencia para cada período mediante la siguiente fórmula, donde se tiene una constante $\beta = 0.93$. Los resultados obtenidos para cada pastel se pueden observar en la Tabla 18.

$$T_{2016} = \beta(F_{2016} - F_{2015}) + (1 - \beta)T_{2015}$$

donde:

$$\beta = 0.93$$

$$F_{2016} = 410.40000000$$

$$F_{2015} = 410.40000000$$

$$T_{2015} = 0$$

$$T_{2016} = 0.93(410.40000000 - 410.40000000) + (1 - 0.93)0 = 0$$

Tabla 18. Cálculos de la tendencia anual (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	Constante		Real (A)			Tendencia (T)			
	α	B	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2018
1	0.155	0.93	410.40	617.44	868.16	0	0	179.07	191.49
2	0.155	0.93	350.88	635.04	1017.28	0	0	245.77	268.31
3	0.155	0.93	338.16	715.92	1011.52	0	0	326.72	326.05
4	0.155	0.93	896.32	1359.20	1911.44	0	0	400.34	426.91
5	0.155	0.93	784.16	957.68	1180.48	0	0	150.08	162.31
6	0.155	0.93	1071.20	1401.52	1880.08	0	0	285.69	316.83
7	0.155	0.93	772.16	1348.40	1831.92	0	0	498.39	502.06
8	0.155	0.93	482.80	830.56	989.04	0	0	300.78	283.77
9	0.155	0.93	206.56	546.00	830.00	0	0	293.58	295.63
10	0.155	0.93	1384.96	1831.84	2140.48	0	0	386.51	379.79
11	0.155	0.93	708.64	999.76	1474.16	0	0	251.79	286.82

Por último, para obtener el valor final del pronóstico mediante suavización exponencial con tendencia se realiza la suma del promedio $F_{2016} = 410.40000000$ y la tendencia $T_{2016} = 0$. Los resultados obtenidos para cada pastel se muestran en la Tabla 19.

$$SET_{2016} = 410.40000000 + 0 = 410.40000000$$

Tabla 19. Pronósticos de ventas mediante suavización exponencial con tendencia (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	SET				Real (A) 2018
	2015	2016	2017	2018	
1	410.40	410.40	782.02	986.85	956.56
2	350.88	350.88	860.92	1153.46	1274.00
3	338.16	338.16	1016.20	1341.53	1198.72
4	896.32	896.32	1727.14	2182.62	2407.12
5	784.16	784.16	1095.61	1271.08	1421.12
6	1071.20	1071.20	1664.09	2014.40	2207.12
7	772.16	772.16	1806.45	2312.46	1987.76
8	482.80	482.80	1106.99	1372.49	1305.52
9	206.56	206.56	815.82	1113.64	1028.24
10	1384.96	1384.96	2187.06	2559.64	2453.76
11	708.64	708.64	1231.17	1555.65	1816.72

3.7.5 Regresión lineal simple

El pronóstico de regresión lineal mediante mínimos cuadrados da como resultado una línea recta que minimiza la suma de los cuadrados de las diferencias verticales o desviaciones de la recta a cada una de las observaciones reales (Render & Heizer, 2007).

A continuación, se muestra el cálculo del pronóstico utilizando regresión lineal y cuyos resultados obtenidos para cada pastel se presentan en la Tabla 20.

En la ecuación para obtener la pendiente de regresión b , y representa el dato histórico de la variable que debe predecirse, en este caso, corresponde a las ventas de los años 2015, 2016 y 2017.

$$y = 410.40000000, 617.44000000, 868.16000000$$

$$x = 1, 2, 3$$

Después, se obtienen los promedios de estos datos, los cuales son:

$$\bar{y} = 632.00000000$$

$$\bar{x} = 2$$

Luego, se realiza la sustitución de los datos para obtener la pendiente de la recta de regresión b y la ordenada al origen a :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} = 154.32000000$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} = 632.00000000 - (154.32000000 * 2) = 162.00000000$$

Una vez calculados los valores de a y b , se calcula el pronóstico:

$$\hat{y} = a + bx = 162.00000000 + (154.32000000 * 4) = 779.28000000$$

Tabla 20. Pronósticos de ventas mediante regresión lineal (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	Real (A)			RLS				Pronóstico 2018 (F)	Real 2018
	2015	2016	2017	a	b	x	bx		
1	410.40	617.44	868.16	162	154.32	4	617.28	779.28	956.56
2	350.88	635.04	1017.28	8.16	336.8	4	1347.2	1355.36	1274
3	338.16	715.92	1011.52	151.76	336.72	4	1346.88	1498.64	1198.72

4	896.32	1359.2	1911.44	373.84	507.6	4	2030.4	2404.24	2407.12
5	784.16	957.68	1180.48	577.76	198.16	4	792.64	1370.4	1421.12
6	1071.20	1401.52	1880.08	642.08	404.48	4	1617.92	2260	2207.12
7	772.16	1348.4	1831.92	257.76	529.92	4	2119.68	2377.44	1987.76
8	482.80	830.56	989.04	261.2	253.12	4	1012.48	1273.68	1305.52
9	206.56	546	830	95.92	311.76	4	1247.04	1342.96	1028.24
10	1384.96	1831.84	2140.48	1030.24	377.76	4	1511.04	2541.28	2453.76
11	708.64	999.76	1474.16	295.36	382.8	4	1531.2	1826.56	1816.72

3.8 Validación del resultado

Determinado el pronóstico, se realizó una comparación con los datos reales, calculando así los errores existentes en cada tipo de pronóstico para asegurar la validez del modelo.

A continuación, se muestra el procedimiento para la realización del cálculo del error en los pronósticos del método del promedio móvil simple:

$$EPP = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)}{n} = \frac{956.56000000 - 632.00000000}{1} = 324.56000000$$

$$DMA = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} = \frac{|956.56000000 - 632.00000000|}{1} = 324.56000000$$

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (E_t)^2}{n} = \frac{(324.56000000)^2}{1} = 105339.19360000$$

$$EPAM = \frac{100 \sum_{i=1}^n |A_i - F_i| / A_i}{n} = \frac{|956.56000000 - 632.00000000| / 956.56000000}{1} = 33.92991553$$

En la Tabla 21, se muestran los resultados obtenidos del cálculo de los errores presentados en el pronóstico mediante la aplicación del método del promedio móvil simple (PMS).

Tabla 21. Cálculo del error en el método de promedio móvil simple (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	2018		PMS			
	Real	Pronóstico	EPP	DMA	ECM	EPAM
1	956.56	632.00	324.56	324.56	105339.19	33.92
2	1274.00	667.73	606.26	606.26	367559.27	47.58
3	1198.72	688.53	510.18	510.18	260290.43	42.56

4	2407.12	1388.99	1018.13	1018.13	1036595.48	42.29
5	1421.12	974.11	447.01	447.01	199820.92	31.45
6	2207.12	1450.93	756.18	756.18	571818.27	34.26
7	1987.76	1317.49	670.26	670.26	449257.40	33.71
8	1305.52	767.47	538.05	538.05	289501.38	41.21
9	1028.24	527.52	500.72	500.72	250720.51	48.69
10	2453.76	1785.76	668.00	668.00	446224.00	27.22
11	1816.72	1060.85	755.86	755.86	571334.41	41.60
PROMEDIO			617.75	617.75	413496.48	38.59

Los resultados de los errores presentados en el cálculo de los pronósticos mediante el método del promedio móvil ponderado (PMP) para cada pastel, se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Cálculo del error en el método de promedio móvil ponderado (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	2018		PMP			
	Real	Pronóstico	EPP	DMA	ECM	EPAM
1	956.56	701.39	255.17	255.17	65110.71	26.68
2	1274.00	769.33	504.67	504.67	254693.83	39.61
3	1198.72	788.17	410.55	410.55	168552.94	34.25
4	2407.12	1542.74	864.38	864.38	747145.87	35.91
5	1421.12	1034.38	386.74	386.74	149570.92	27.21
6	2207.12	1574.74	632.38	632.38	399909.52	28.65
7	1987.76	1474.91	512.85	512.85	263013.07	25.80
8	1305.52	840.25	465.27	465.27	216478.03	35.64
9	1028.24	620.11	408.13	408.13	166568.46	39.69
10	2453.76	1896.78	556.98	556.98	310222.26	22.70
11	1816.72	1178.74	637.98	637.98	407023.58	35.12
Promedio			512.28	512.28	286208.11	31.93

El cálculo del pronóstico mediante el método de suavización exponencial simple (SES) presenta ciertos errores, los cuales fueron registrados en la Tabla 23, que se muestra a continuación.

Tabla 23. Cálculo del error en el método de suavización exponencial simple (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	2018		SES			
	Real	Pronóstico	EPP	DMA	ECM	EPAM
1	956.56	841.02	148.50	148.50	32471.65	19.22
2	1274.00	976.21	248.15	248.15	84515.38	27.12
3	1198.72	978.18	232.92	232.92	75619.75	26.03
4	2407.12	1851.59	404.24	404.24	220277.59	22.11
5	1421.12	1156.46	169.58	169.58	39456.14	14.27
6	2207.12	1828.92	305.03	305.03	128468.08	16.98
7	1987.76	1777.81	331.83	331.83	167242.55	20.71
8	1305.52	969.71	219.21	219.21	67762.58	21.78
9	1028.24	798.21	221.85	221.85	67305.93	30.71
10	2453.76	2105.15	287.21	287.21	111518.32	13.78
11	1816.72	1423.81	296.89	296.89	123163.60	21.23
Promedio			260.49	260.49	101618.32	21.27

En la Tabla 24, se muestran los resultados obtenidos del cálculo de los errores presentados en el pronóstico, mediante la aplicación del método de suavización exponencial con tendencia (SET).

Tabla 24. Cálculo del error en el método de suavización exponencial con tendencia (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	2018		SET			
	Real	Pronóstico	EPP	DMA	ECM	EPAM
1	956.56	986.85	65.72	80.87	12801.03	11.66
2	1274.00	1153.46	140.26	140.26	29931.15	17.39
3	1198.72	1341.53	57.57	131.31	40779.49	16.29
4	2407.12	2182.62	217.92	217.92	74655.79	13.26
5	1421.12	1271.08	102.11	102.11	14956.20	8.97
6	2207.12	2014.40	184.76	184.76	48226.03	10.95
7	1987.76	2312.46	69.25	231.60	109533.05	15.12
8	1305.52	1372.49	40.71	133.17	34833.68	14.73
9	1028.24	1113.64	67.05	109.76	30678.61	18.05
10	2453.76	2559.64	73.60	149.84	53270.38	7.72
11	1816.72	1555.65	198.79	198.79	52987.84	14.99
Promedio			110.70	152.76	45695.75	13.56

Los resultados obtenidos de los errores presentados en el cálculo de los pronósticos mediante el método de regresión lineal simple (RLS) para cada pastel, se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Cálculo del error en el método de regresión lineal simple (Fuente: Propia).

Tipo de Pastel	2018		RLS			
	Real	Pronóstico	EPP	DMA	ECM	EPAM
1	956.56	779.28	177.28	177.28	31428.20	18.53
2	1274.00	1355.36	-81.36	81.36	6619.45	6.39
3	1198.72	1498.64	-299.92	299.92	89952.01	25.02
4	2407.12	2404.24	2.88	2.88	8.29	0.12
5	1421.12	1370.40	50.72	50.72	2572.52	3.57
6	2207.12	2260.00	-52.88	52.88	2796.29	2.40
7	1987.76	2377.44	-389.68	389.68	151850.50	19.60
8	1305.52	1273.68	31.84	31.84	1013.79	2.44
9	1028.24	1342.96	-314.72	314.72	99048.68	30.61
10	2453.76	2541.28	-87.52	87.52	7659.75	3.57
11	1816.72	1826.56	-9.84	9.84	96.83	0.54
Promedio			-88.47	136.24	35731.48	10.25

Como se observa en las tablas anteriores, los métodos de pronósticos que presentan un menor índice de error son la suavización exponencial simple con un EPAM promedio de 21.27%, la suavización exponencial con tendencia con un EPAM promedio de 13.56% y la regresión lineal simple que tiene un EPAM promedio de 10.25%.

En la Figura 12, se puede observar la gráfica donde se muestra el comportamiento de los pronósticos respecto a su aproximación con los datos reales, donde se puede apreciar que al igual que en la Tabla 26, los métodos que más se acercan a los datos reales son el SES, RLS Y SET.

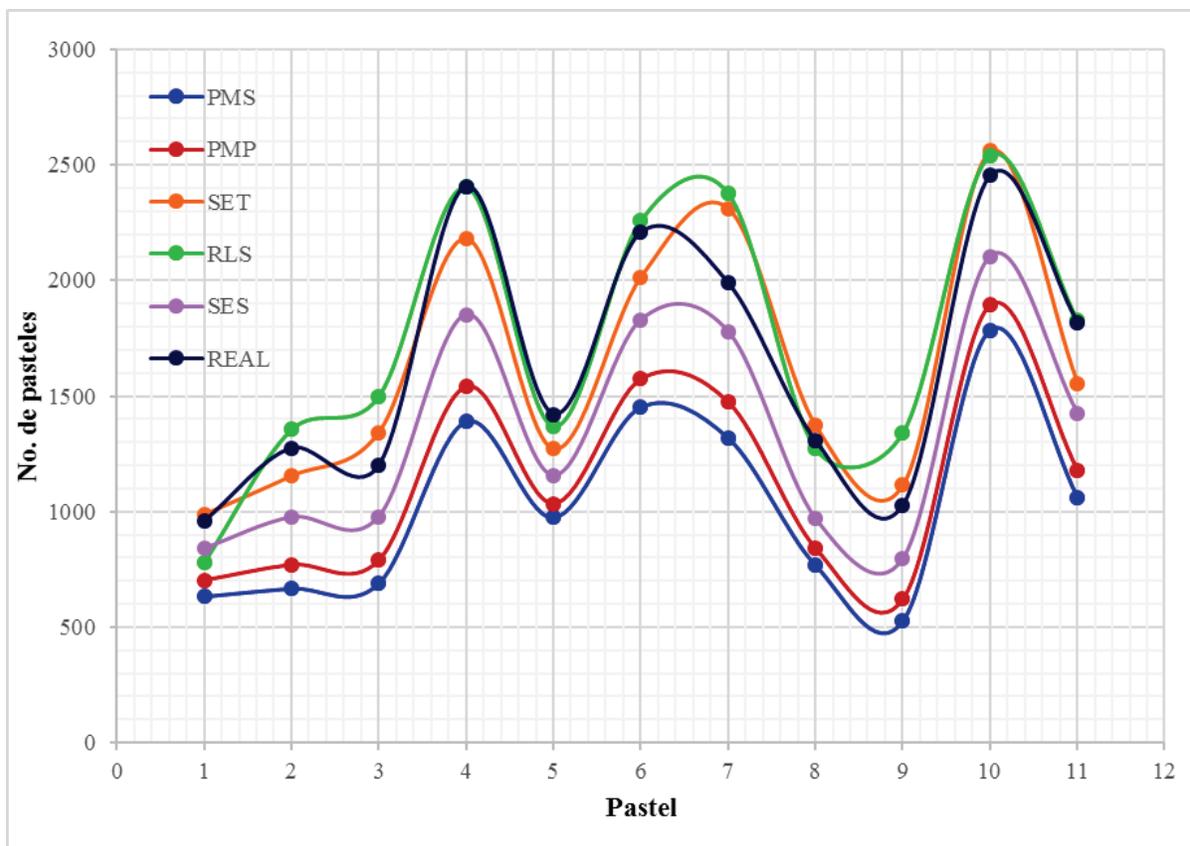


Figura 12. Pronósticos cuantitativos para 2019 (Fuente: Propia).

En la Tabla 26, se concentran los datos de los pronósticos realizados mediante los 3 métodos que presentaron el menor error en el cálculo de los pronósticos, los cuales son la suavización exponencial simple, suavización exponencial con tendencia y regresión lineal.

Tabla 26. Concentrado de errores en los pronósticos (Fuente: Propia).

MÉTODO	SES	SET	RLS	Real	Menor error
Tipo de Pastel					
1	841.02	986.85	779.28	956.56	SET
2	976.21	1153.46	1355.36	1274.00	RLS
3	978.18	1341.53	1498.64	1198.72	SET
4	1851.59	2182.62	2404.24	2407.12	RLS
5	1156.46	1271.08	1370.40	1421.12	RLS
6	1828.92	2014.40	2260.00	2207.12	RLS
7	1777.81	2312.46	2377.44	1987.76	SES
8	969.71	1372.49	1273.68	1305.52	RLS

9	798.21	1113.64	1342.96	1028.24	SET
10	2105.15	2559.64	2541.28	2453.76	RLS
11	1423.81	1555.65	1826.56	1816.72	RLS

También en la Tabla 26, se marcaron en color rojo los métodos para el cálculo de pronósticos más adecuado para cada tipo pastel, esto se logró buscando el pronóstico que se acercaba más al dato real de ventas de 2018, ya que esto indica que es el método más adecuado para la obtención del pronóstico anual de cada pastel, cuyo dato se utilizará más adelante en el cálculo del pronóstico mensual mediante variación estacional y, así lograr el establecimiento del plan maestro de producción.

3.8.1 Variación estacional

Un factor estacional se puede definir como la cantidad de corrección necesaria en una serie temporal para ajustarse a una estación del año. Por lo general, el término *estacional* se relaciona con un período del año caracterizado por alguna actividad en particular (Chase, Jacobs & Aquilano 2009).

Utilizando los pronósticos anuales de la Tabla 26, obtenidos mediante los métodos de suavización exponencial simple, suavización exponencial con tendencia y regresión lineal que presentaban un menor error, se obtiene el pronóstico mensual mediante la aplicación de variación estacional. A continuación, se muestra cómo se determinan y utilizan los índices estacionales para pronosticar la demanda mensual del Pastel tipo 1.

Primeramente, se realizan los siguientes cálculos:

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda promedio } 2015 - 2017 &= \frac{34.00000000 + 28.56000000 + 58.32000000}{3} \\
 &= 40.29333333
 \end{aligned}$$

La demanda promedio mensual se calcula dividiendo el resultado de la suma de todas las demandas promedios 2015-2017 sobre los 12 meses del año.

$$\text{Demanda promedio mensual} = \frac{628.93333333}{12} = 52.41111111$$

En la Tabla 27, se pueden apreciar los resultados obtenidos a partir de la realización de los cálculos anteriores.

Tabla 27. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 1 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	34.00	28.56	58.32	40.29	52.41
Febrero	29.44	41.04	60.56	43.68	52.41
Marzo	39.28	51.60	62.88	51.25	52.41
Abril	37.28	50.64	63.84	50.59	52.41
Mayo	46.96	70.88	86.88	68.24	52.41
Junio	17.36	27.76	83.84	42.99	52.41
Julio	35.84	65.92	82.64	61.47	52.41
Agosto	31.28	53.12	72.48	52.29	52.41
Septiembre	30.64	55.44	67.20	51.09	52.41
Octubre	27.68	39.52	64.24	43.81	52.41
Noviembre	26.32	48.24	61.84	45.47	52.41
Diciembre	45.12	84.72	103.44	77.76	52.41

El índice estacional se calcula realizando la división de la demanda promedio de 2015-2017 sobre la demanda promedio mensual:

$$\text{Índice estacional} = \frac{40.29333333}{52.41111111} = 0.76879372$$

La demanda para 2018 se obtiene del cálculo previo que se realizó del pronóstico anual para el Pastel tipo 1, ya que de acuerdo a los datos presentados en la Tabla 26, el pronóstico más acertado fue el realizado mediante el método de suavización exponencial con tendencia (SET), el cual arrojó un resultado de 986.85 que se muestra en la Tabla 28.

Como último paso, para obtener el pronóstico de la demanda mensual mediante variación estacional, se realizan los siguientes cálculos:

$$\text{Demanda pronosticada} = \left(\frac{\text{Demanda para 2018}}{12} \right) * \text{Índice estacional}$$

$$Demanda\ pronosticada = \left(\frac{986.85494088}{12} \right) * 0.76879372 = 63.22399049$$

En la Tabla 28, se muestran los resultados obtenidos de la demanda pronosticada para los 12 meses del 2018, calculados mediante el método de variación estacional para el Pastel tipo 1.

Tabla 28. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 1 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (SET)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.77	986.85	63.22	63.28
Febrero	0.83	986.85	68.54	69.44
Marzo	0.98	986.85	80.42	65.44
Abril	0.97	986.85	79.38	73.20
Mayo	1.30	986.85	107.07	95.44
Junio	0.82	986.85	67.45	82.48
Julio	1.17	986.85	96.45	81.92
Agosto	1.00	986.85	82.05	76.80
Septiembre	0.97	986.85	80.17	78.96
Octubre	0.84	986.85	68.75	74.08
Noviembre	0.87	986.85	71.34	77.60
Diciembre	1.48	986.85	122.01	117.92

En la Tabla 29, se muestran los cálculos realizados para obtener las demandas promedios mensuales para el Pastel tipo 2.

Tabla 29. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 2 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	32.08	29.20	70.88	44.05	55.45
Febrero	22.08	14.96	69.84	35.63	55.45
Marzo	28.96	63.12	71.92	54.67	55.45
Abril	30.00	63.76	73.28	55.68	55.45
Mayo	39.36	83.20	99.36	73.97	55.45
Junio	13.36	30.48	102.40	48.75	55.45
Julio	29.20	70.88	90.56	63.55	55.45
Agosto	28.16	50.40	77.84	52.13	55.45

Septiembre	27.52	53.44	80.56	53.84	55.45
Octubre	28.96	38.88	78.88	48.91	55.45
Noviembre	24.80	51.36	77.92	51.36	55.45
Diciembre	39.28	85.36	123.84	82.83	55.45

En la Tabla 30, se pueden apreciar los pronósticos para el Pastel tipo 2 realizados para cada mes del 2018, aplicando variación estacional.

Tabla 30. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 2 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (RLS)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.79	1355.36	89.74	97.76
Febrero	0.64	1355.36	72.57	89.68
Marzo	0.99	1355.36	111.36	87.84
Abril	1.00	1355.36	113.42	97.92
Mayo	1.33	1355.36	150.69	115.84
Junio	0.88	1355.36	99.30	109.20
Julio	1.15	1355.36	129.45	106.88
Agosto	0.94	1355.36	106.20	102.56
Septiembre	0.97	1355.36	109.67	104.40
Octubre	0.88	1355.36	99.62	98.72
Noviembre	0.93	1355.36	104.62	105.20
Diciembre	1.49	1355.36	168.72	158.00

Se realizaron los cálculos pertinentes para obtener las demandas promedios mensuales para el Pastel tipo 3, cuyos resultados se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 3 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	32.48	29.12	80.64	47.41	57.38
Febrero	29.12	17.76	75.04	40.64	57.38
Marzo	28.64	19.20	69.68	39.17	57.38
Abril	27.92	69.76	70.48	56.05	57.38
Mayo	36.80	94.32	87.04	72.72	57.38

Junio	11.28	38.16	83.04	44.16	57.38
Julio	26.88	88.88	92.16	69.31	57.38
Agosto	29.84	74.56	83.60	62.67	57.38
Septiembre	28.40	70.32	90.40	63.04	57.38
Octubre	25.28	53.76	82.24	53.76	57.38
Noviembre	23.84	63.20	74.08	53.71	57.38
Diciembre	37.68	96.88	123.12	85.89	57.38

En la Tabla 32, se muestran los resultados obtenidos del pronóstico de la demanda del Pastel tipo 3 para los 12 meses del 2018, calculados mediante el método de variación estacional.

Tabla 32. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 3 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (SET)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.83	1341.53	92.38	94.00
Febrero	0.71	1341.53	79.18	85.92
Marzo	0.68	1341.53	76.32	85.92
Abril	0.98	1341.53	109.21	90.56
Mayo	1.27	1341.53	141.69	106.16
Junio	0.77	1341.53	86.04	99.28
Julio	1.21	1341.53	135.04	111.28
Agosto	1.09	1341.53	122.10	93.68
Septiembre	1.10	1341.53	122.83	96.80
Octubre	0.94	1341.53	104.74	88.88
Noviembre	0.94	1341.53	104.64	99.68
Diciembre	1.50	1341.53	167.35	146.56

En la Tabla 33, se pueden observar los resultados obtenidos de los cálculos realizados para obtener las demandas promedios mensuales para el Pastel tipo 4.

Tabla 33. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 4 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	87.84	74.72	140.80	101.12	115.75
Febrero	76.88	78.56	137.76	97.73	115.75
Marzo	74.32	103.84	145.12	107.76	115.75

Abril	70.00	116.24	83.68	89.97	115.75
Mayo	96.72	163.20	218.72	159.55	115.75
Junio	33.44	64.40	183.92	93.92	115.75
Julio	77.92	140.56	171.68	130.05	115.75
Agosto	75.36	127.12	154.16	118.88	115.75
Septiembre	72.72	124.56	154.08	117.12	115.75
Octubre	71.28	87.12	162.88	107.09	115.75
Noviembre	72.08	116.00	147.28	111.79	115.75
Diciembre	87.76	162.88	211.36	154.00	115.75

Los pronósticos realizados mediante variación estacional para el cálculo de la demanda del Pastel tipo 4 en los 12 meses del 2018, se presentan en la Tabla 34.

Tabla 34. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 4 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (RLS)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.87	2404.24	175.03	184.40
Febrero	0.84	2404.24	169.17	176.56
Marzo	0.93	2404.24	186.53	182.24
Abril	0.78	2404.24	155.74	191.92
Mayo	1.38	2404.24	276.16	241.68
Junio	0.81	2404.24	162.57	212.48
Julio	1.12	2404.24	225.11	201.84
Agosto	1.03	2404.24	205.77	190.96
Septiembre	1.01	2404.24	202.73	196.16
Octubre	0.93	2404.24	185.37	180.32
Noviembre	0.97	2404.24	193.50	194.32
Diciembre	1.33	2404.24	266.56	254.24

En la Tabla 35, se pueden observar los resultados obtenidos para el Pastel tipo 5 de los cálculos realizados para obtener las demandas promedios mensuales.

Tabla 35. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 5 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	54.08	69.44	94.08	72.53	81.18
Febrero	58.88	67.92	86.64	71.15	81.18
Marzo	65.12	82.16	84.64	77.31	81.18
Abril	56.88	76.16	94.80	75.95	81.18
Mayo	85.12	112.24	131.60	109.65	81.18
Junio	32.64	34.88	105.60	57.71	81.18
Julio	76.80	89.44	110.72	92.32	81.18
Agosto	75.28	76.96	91.04	81.09	81.18
Septiembre	66.96	86.48	92.88	82.11	81.18
Octubre	64.88	62.40	84.64	70.64	81.18
Noviembre	62.96	82.32	82.80	76.03	81.18
Diciembre	84.56	117.28	121.04	107.63	81.18

En la Tabla 36, se pueden apreciar los pronósticos para el Pastel tipo 5 realizados para cada mes del 2018, aplicando el método de variación estacional.

Tabla 36. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 5 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (RLS)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.89	1370.40	102.04	101.76
Febrero	0.88	1370.40	100.09	98.24
Marzo	0.95	1370.40	108.76	100.96
Abril	0.94	1370.40	106.84	111.68
Mayo	1.35	1370.40	154.26	134.24
Junio	0.71	1370.40	81.18	122.08
Julio	1.14	1370.40	129.88	120.64
Agosto	1.00	1370.40	114.08	109.44
Septiembre	1.01	1370.40	115.51	123.28
Octubre	0.87	1370.40	99.38	113.44
Noviembre	0.94	1370.40	106.96	114.64
Diciembre	1.33	1370.40	151.41	170.72

Se realizaron los cálculos pertinentes para la obtención de las demandas promedios mensuales para el Pastel tipo 6, cuyos resultados se pueden apreciar en la Tabla 37.

Tabla 37. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 6 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	95.20	92.56	123.12	103.63	120.91
Febrero	91.92	97.04	128.56	105.84	120.91
Marzo	90.16	121.52	133.28	114.99	120.91
Abril	85.84	126.80	145.68	119.44	120.91
Mayo	112.48	170.08	199.44	160.67	120.91
Junio	42.80	61.12	175.52	93.15	120.91
Julio	95.84	127.68	172.16	131.89	120.91
Agosto	90.24	124.08	147.76	120.69	120.91
Septiembre	87.92	113.04	148.56	116.51	120.91
Octubre	89.84	87.44	157.60	111.63	120.91
Noviembre	86.56	121.04	140.72	116.11	120.91
Diciembre	102.40	159.12	207.68	156.40	120.91

A continuación, en la Tabla 38, se presentan los resultados obtenidos del cálculo del pronóstico de la demanda para el Pastel tipo 6 de los 12 meses del 2018 mediante el método de variación estacional.

Tabla 38. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 6 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (RLS)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.86	2260.00	161.41	145.76
Febrero	0.88	2260.00	164.86	172.24
Marzo	0.95	2260.00	179.11	160.32
Abril	0.99	2260.00	186.04	169.84
Mayo	1.33	2260.00	250.26	223.28
Junio	0.77	2260.00	145.09	200.32
Julio	1.09	2260.00	205.44	187.52
Agosto	1.00	2260.00	187.99	180.64
Septiembre	0.96	2260.00	181.47	179.28

Octubre	0.92	2260.00	173.87	167.36
Noviembre	0.96	2260.00	180.85	175.12
Diciembre	1.29	2260.00	243.61	245.44

En la Tabla 39, se presentan los resultados obtenidos de los cálculos realizados para la obtención de las demandas promedios mensuales para el Pastel tipo 7.

Tabla 39. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 7 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	57.84	78.72	143.12	93.23	109.79
Febrero	52.32	79.92	159.28	97.17	109.79
Marzo	59.92	103.84	154.40	106.05	109.79
Abril	62.32	106.16	165.92	111.47	109.79
Mayo	73.92	144.88	175.04	131.28	109.79
Junio	27.28	56.56	150.00	77.95	109.79
Julio	70.08	132.88	180.80	127.92	109.79
Agosto	66.88	117.20	146.32	110.13	109.79
Septiembre	68.16	126.80	143.60	112.85	109.79
Octubre	69.36	103.20	113.60	95.39	109.79
Noviembre	70.64	121.52	114.48	102.21	109.79
Diciembre	93.44	176.72	185.36	151.84	109.79

En la Tabla 40, se muestran los resultados obtenidos de la demanda pronosticada para los 12 meses del 2018, calculados mediante el método de variación estacional para el Pastel tipo 7.

Tabla 40. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 7 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (SES)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.85	1777.81	125.80	139.36
Febrero	0.89	1777.81	131.12	136.88
Marzo	0.97	1777.81	143.11	143.20
Abril	1.02	1777.81	150.41	154.16
Mayo	1.20	1777.81	177.15	180.08

Junio	0.71	1777.81	105.18	166.40
Julio	1.17	1777.81	172.61	167.68
Agosto	1.00	1777.81	148.61	157.04
Septiembre	1.03	1777.81	152.28	163.36
Octubre	0.87	1777.81	128.71	156.80
Noviembre	0.93	1777.81	137.93	171.36
Diciembre	1.38	1777.81	204.89	251.44

Se realizaron los cálculos para la obtención de las demandas promedios mensuales para el Pastel tipo 8, cuyos resultados se pueden apreciar en la Tabla 41.

Tabla 41. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 8 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	31.28	37.76	55.76	41.60	63.96
Febrero	36.88	58.48	70.80	55.39	63.96
Marzo	37.60	92.80	72.56	67.65	63.96
Abril	38.64	92.32	75.36	68.77	63.96
Mayo	52.48	113.52	92.24	86.08	63.96
Junio	18.80	35.44	78.00	44.08	63.96
Julio	44.16	75.20	78.64	66.00	63.96
Agosto	43.36	56.88	88.40	62.88	63.96
Septiembre	40.00	61.92	93.60	65.17	63.96
Octubre	41.28	49.76	85.36	58.80	63.96
Noviembre	41.44	63.12	75.28	59.95	63.96
Diciembre	56.88	93.36	123.04	91.09	63.96

En la Tabla 42, se muestran los resultados obtenidos del pronóstico de la demanda del Pastel tipo 8 para los 12 meses del 2018, calculados mediante el método de variación estacional.

Tabla 42. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 8 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (RLS)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.65	1273.68	69.04	75.68
Febrero	0.87	1273.68	91.92	88.56

Marzo	1.06	1273.68	112.28	93.20
Abril	1.08	1273.68	114.14	102.08
Mayo	1.35	1273.68	142.86	78.00
Junio	0.69	1273.68	73.15	110.24
Julio	1.03	1273.68	109.53	107.28
Agosto	0.98	1273.68	104.36	110.64
Septiembre	1.02	1273.68	108.16	123.68
Octubre	0.92	1273.68	97.58	113.68
Noviembre	0.94	1273.68	99.49	112.48
Diciembre	1.42	1273.68	151.18	190.00

En la Tabla 43, se pueden observar los resultados obtenidos para el Pastel tipo 9, de los cálculos realizados para obtener las demandas promedios mensuales.

Tabla 43. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 9 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	16.40	19.84	53.76	30.00	43.96
Febrero	13.92	32.64	51.04	32.53	43.96
Marzo	13.52	51.52	51.84	38.96	43.96
Abril	13.44	52.40	56.64	40.83	43.96
Mayo	19.52	54.40	76.64	50.19	43.96
Junio	7.52	26.88	69.92	34.77	43.96
Julio	21.12	69.12	88.64	59.63	43.96
Agosto	19.60	42.08	69.68	43.79	43.96
Septiembre	19.92	45.44	69.60	44.99	43.96
Octubre	20.48	36.24	72.24	42.99	43.96
Noviembre	18.96	46.80	64.80	43.52	43.96
Diciembre	22.16	68.64	105.20	65.33	43.96

Los pronósticos realizados mediante la variación estacional para el cálculo de la demanda del Pastel tipo 9 en los 12 meses del 2018 se presentan en la Tabla 44.

Tabla 44. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 9 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (SET)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.68	1113.64	63.33	69.36
Febrero	0.74	1113.64	68.68	76.32
Marzo	0.89	1113.64	82.25	76.64
Abril	0.93	1113.64	86.19	78.00
Mayo	1.14	1113.64	105.95	87.44
Junio	0.79	1113.64	73.41	83.36
Julio	1.36	1113.64	125.88	99.20
Agosto	1.00	1113.64	92.44	83.76
Septiembre	1.02	1113.64	94.97	87.92
Octubre	0.98	1113.64	90.75	78.96
Noviembre	0.99	1113.64	91.87	78.24
Diciembre	1.49	1113.64	137.92	129.04

Los pronósticos realizados mediante variación estacional para el cálculo de la demanda del Pastel tipo 10 en los 12 meses del 2018, se presentan en la Tabla 45.

Tabla 45. Pronóstico de la demanda para el Pastel tipo 10 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	112.16	154.16	159.76	142.03	148.81
Febrero	100.24	147.44	156.16	134.61	148.81
Marzo	107.28	159.52	159.12	141.97	148.81
Abril	101.92	152.32	152.96	135.73	148.81
Mayo	116.24	214.48	218.48	183.07	148.81
Junio	43.44	70.80	184.24	99.49	148.81
Julio	102.72	163.52	207.28	157.84	148.81
Agosto	120.32	141.36	177.92	146.53	148.81
Septiembre	132.96	150.16	171.20	151.44	148.81
Octubre	142.08	114.80	163.92	140.27	148.81
Noviembre	127.52	150.24	150.88	142.88	148.81
Diciembre	178.08	213.04	238.56	209.89	148.81

En la Tabla 46, se puede observar los resultados obtenidos del cálculo del pronóstico para los 12 meses del año 2018 del Pastel tipo 10, mediante la aplicación del método de variación estacional.

Tabla 46. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 10 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (RLS)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.95	2541.28	202.12	189.60
Febrero	0.90	2541.28	191.57	170.48
Marzo	0.95	2541.28	202.04	176.40
Abril	0.91	2541.28	193.16	183.68
Mayo	1.23	2541.28	260.52	244.08
Junio	0.67	2541.28	141.59	218.08
Julio	1.06	2541.28	224.62	222.32
Agosto	0.98	2541.28	208.53	185.52
Septiembre	1.02	2541.28	215.51	206.48
Octubre	0.94	2541.28	199.61	185.04
Noviembre	0.96	2541.28	203.33	182.72
Diciembre	1.41	2541.28	298.70	289.36

Los cálculos realizados para obtener las demandas promedios mensuales para el Pastel tipo 11, se muestran en la Tabla 47.

Tabla 47. Cálculos de las demandas promedio para el Pastel tipo 11 (Fuente: Propia).

MES	2015	2016	2017	Demanda promedio 2015-2017	Demanda promedio mensual
Enero	57.84	65.84	99.92	74.53	88.40
Febrero	48.56	68.88	104.80	74.08	88.40
Marzo	54.64	87.04	102.72	81.47	88.40
Abril	51.92	83.68	112.96	82.85	88.40
Mayo	70.64	121.12	155.04	115.60	88.40
Junio	27.76	42.40	133.84	68.00	88.40
Julio	69.84	96.64	137.92	101.47	88.40

Agosto	65.68	80.96	119.44	88.69	88.40
Septiembre	61.76	80.64	123.84	88.75	88.40
Octubre	59.84	64.08	115.84	79.92	88.40
Noviembre	57.60	84.08	108.88	83.52	88.40
Diciembre	82.56	124.40	158.96	121.97	88.40

A continuación, en la Tabla 48, se presentan los pronósticos realizados mediante la variación estacional para el Pastel tipo 11, cuyos resultados pronostican la demanda para los 12 meses del 2018.

Tabla 48. Pronósticos de la demanda para el Pastel tipo 11 mediante variación estacional (Fuente: Propia).

MES	Índice estacional	Demanda para 2018 (RLS)	Demanda pronosticada	Real 2018
Enero	0.84	1826.56	128.33	129.68
Febrero	0.84	1826.56	127.55	126.32
Marzo	0.92	1826.56	140.27	128.32
Abril	0.94	1826.56	142.66	135.76
Mayo	1.31	1826.56	199.04	176.96
Junio	0.77	1826.56	117.08	155.12
Julio	1.15	1826.56	174.70	166.32
Agosto	1.00	1826.56	152.71	143.84
Septiembre	1.00	1826.56	152.80	155.28
Octubre	0.90	1826.56	137.60	145.52
Noviembre	0.94	1826.56	143.80	147.36
Diciembre	1.38	1826.56	210.01	206.24

3.9 Elaboración del Plan maestro

El **programa o plan maestro de producción (MPS)** (del inglés *master production schedule*), en este caso es aquel donde se detalla cuántos elementos finales se producirán dentro del año 2019 durante cada mes.

El plan maestro de producción es una conexión entre las estrategias generales de la compañía y los planes fundamentales que le permitirán alcanzar sus metas. El MPS proporciona información primordial para la toma de decisiones en las diferentes áreas funcionales de la empresa. La persona a cargo de la realización de la planeación deberá tomar en cuenta las limitaciones que existan para la producción de cada tipo de pastel y establecer así las fechas y las cantidades de producción de acuerdo con eso.

Para el desarrollo de un MPS se contemplan dos pasos esenciales, el primer paso consiste en calcular el inventario disponible proyectado, debido a que los productos que se están analizando son productos perecederos, el inventario disponible se toma como cero y por último en el paso dos se determinan las fechas y la magnitud de las cantidades en el MPS.

A continuación, se muestra el plan maestro de producción realizado para cada uno de los 11 tipos de pastel de la empresa pastelera, para el año de 2019.

La Tabla 49 muestra el plan maestro producción del Pastel tipo 1 para el año 2019, que abarca los doce meses del año. En la primera columna se observan los períodos, en los cuales deberá empezar la producción de las cantidades señaladas en el MPS, el cual corresponde a la séptima columna, esto con la finalidad de que los elementos puedan estar disponibles en las fechas que se indican. Para cada cantidad en el MPS, el programador trabaja hacia atrás a través del tiempo de espera para determinar cuándo tendrá que empezar a producir cada cantidad de pasteles.

Tabla 49. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 1 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 1					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	34.00	28.56	58.32	63.28	76.93	76.93
Febrero	29.44	41.04	60.56	69.44	87.62	87.62
Marzo	39.28	51.60	62.88	65.44	92.17	92.17
Abril	37.28	50.64	63.84	73.20	96.15	96.15
Mayo	46.96	70.88	86.88	95.44	129.72	129.72
Junio	17.36	27.76	83.84	82.48	99.43	99.43
Julio	35.84	65.92	82.64	81.92	118.08	118.08

Agosto	31.28	53.12	72.48	76.80	103.69	103.69
Septiembre	30.64	55.44	67.20	78.96	103.28	103.28
Octubre	27.68	39.52	64.24	74.08	91.11	91.11
Noviembre	26.32	48.24	61.84	77.60	96.15	96.15
Diciembre	45.12	84.72	103.44	117.92	156.81	156.81

En la Tabla 50, se presenta el plan maestro de producción para el Pastel tipo 2, el cual abarca el período de los doce meses del año 2019, en la primera columna se observan los períodos en los cuales se deberá empezar la producción de las cantidades señaladas en la columna correspondiente al MPS.

Tabla 50. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 2 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 2					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	32.08	29.20	70.88	97.76	109.16	109.16
Febrero	22.08	14.96	69.84	89.68	96.27	96.27
Marzo	28.96	63.12	71.92	87.84	122.97	122.97
Abril	30.00	63.76	73.28	97.92	129.64	129.64
Mayo	39.36	83.20	99.36	115.84	164.64	164.64
Junio	13.36	30.48	102.40	109.20	133.56	133.56
Julio	29.20	70.88	90.56	106.88	148.04	148.04
Agosto	28.16	50.40	77.84	102.56	127.34	127.34
Septiembre	27.52	53.44	80.56	104.40	131.53	131.53
Octubre	28.96	38.88	78.88	98.72	119.44	119.44
Noviembre	24.80	51.36	77.92	105.20	129.37	129.37
Diciembre	39.28	85.36	123.84	158.00	202.60	202.60

A continuación, en la Tabla 51 se muestra el plan maestro de producción (MPS) para el Pastel tipo 3. Donde se usarán como períodos de planificación los 12 meses del año 2019 que se encuentran en la primera columna de la tabla, cuyas cantidades de producción son las que aparecen en la última columna de la tabla.

Tabla 51. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 3 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 3					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	32.48	29.12	80.64	94.00	103.61	103.61
Febrero	29.12	17.76	75.04	85.92	90.87	90.87
Marzo	28.64	19.20	69.68	85.92	88.88	88.88
Abril	27.92	69.76	70.48	90.56	117.35	117.35
Mayo	36.80	94.32	87.04	106.16	146.20	146.20
Junio	11.28	38.16	83.04	99.28	112.11	112.11
Julio	26.88	88.88	92.16	111.28	148.64	148.64
Agosto	29.84	74.56	83.60	93.68	128.05	128.05
Septiembre	28.40	70.32	90.40	96.80	130.94	130.94
Octubre	25.28	53.76	82.24	88.88	114.34	114.34
Noviembre	23.84	63.20	74.08	99.68	120.49	120.49
Diciembre	37.68	96.88	123.12	146.56	186.38	186.38

En la primera columna de la Tabla 52, se aprecian los períodos de planificación desglosados para los 12 meses del año 2019 del Pastel tipo 4, estos períodos también marcan los meses en que se deberá empezar la producción de las cantidades señaladas en el plan maestro de producción (MPS) para el Pastel 4, el cual corresponde a la séptima columna.

Tabla 52. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 4 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 4					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	87.84	74.72	140.80	184.40	207.13	207.13
Febrero	76.88	78.56	137.76	176.56	203.48	203.48
Marzo	74.32	103.84	145.12	182.24	223.33	223.33
Abril	70.00	116.24	83.68	191.92	202.94	202.94
Mayo	96.72	163.20	218.72	241.68	322.98	322.98
Junio	33.44	64.40	183.92	212.48	238.66	238.66
Julio	77.92	140.56	171.68	201.84	266.25	266.25

Agosto	75.36	127.12	154.16	190.96	244.58	244.58
Septiembre	72.72	124.56	154.08	196.16	245.91	245.91
Octubre	71.28	87.12	162.88	180.32	222.87	222.87
Noviembre	72.08	116.00	147.28	194.32	237.00	237.00
Diciembre	87.76	162.88	211.36	254.24	325.50	325.50

La Tabla 53, se observa un plan maestro de producción para el Pastel tipo 5, el cual abarca el período de los doce meses del año 2019, en la primera columna se puede apreciar el período en los cuales deberá empezar la producción de las cantidades señaladas en el apartado MPS correspondiente a la última columna de la Tabla 53.

Tabla 53. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 5 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 5					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	54.08	69.44	94.08	101.76	122.98	122.98
Febrero	58.88	67.92	86.64	98.24	117.19	117.19
Marzo	65.12	82.16	84.64	100.96	124.13	124.13
Abril	56.88	76.16	94.80	111.68	131.03	131.03
Mayo	85.12	112.24	131.60	134.24	175.27	175.27
Junio	32.64	34.88	105.60	122.08	121.72	121.72
Julio	76.80	89.44	110.72	120.64	148.72	148.72
Agosto	75.28	76.96	91.04	109.44	128.61	128.61
Septiembre	66.96	86.48	92.88	123.28	140.30	140.30
Octubre	64.88	62.40	84.64	113.44	120.75	120.75
Noviembre	62.96	82.32	82.80	114.64	129.69	129.69
Diciembre	84.56	117.28	121.04	170.72	189.62	189.62

A continuación, en la Tabla 54 se muestra el plan maestro de producción (MPS) para el Pastel tipo 6, donde se usarán como períodos de planificación los 12 meses del año 2019 que se encuentran en la primera columna, cuyas cantidades de producción son las que aparecen en la última columna.

Tabla 54. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 6 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 6					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	95.20	92.56	123.12	145.76	173.53	173.53
Febrero	91.92	97.04	128.56	172.24	191.01	191.01
Marzo	90.16	121.52	133.28	160.32	199.30	199.30
Abril	85.84	126.80	145.68	169.84	212.36	212.36
Mayo	112.48	170.08	199.44	223.28	284.61	284.61
Junio	42.80	61.12	175.52	200.32	209.79	209.79
Julio	95.84	127.68	172.16	187.52	233.99	233.99
Agosto	90.24	124.08	147.76	180.64	217.24	217.24
Septiembre	87.92	113.04	148.56	179.28	211.67	211.67
Octubre	89.84	87.44	157.60	167.36	198.00	198.00
Noviembre	86.56	121.04	140.72	175.12	209.75	209.75
Diciembre	102.40	159.12	207.68	245.44	293.94	293.94

El plan maestro de producción para el Pastel tipo 7 que abarca los 12 meses del 2019 se observa en la Tabla 55, en la que la primera columna corresponde a los períodos en los cuales deberá empezar la producción de las cantidades señaladas en el MPS de la séptima columna.

Tabla 55. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 7 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 7					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	57.84	78.72	143.12	139.36	137.50	137.50
Febrero	52.32	79.92	159.28	136.88	143.16	143.16
Marzo	59.92	103.84	154.40	143.20	152.82	152.82
Abril	62.32	106.16	165.92	154.16	162.26	162.26
Mayo	73.92	144.88	175.04	180.08	190.34	190.34
Junio	27.28	56.56	150.00	166.40	141.98	141.98
Julio	70.08	132.88	180.80	167.68	183.24	183.24
Agosto	66.88	117.20	146.32	157.04	160.10	160.10

Septiembre	68.16	126.80	143.60	163.36	165.12	165.12
Octubre	69.36	103.20	113.60	156.80	142.22	142.22
Noviembre	70.64	121.52	114.48	171.36	155.07	155.07
Diciembre	93.44	176.72	185.36	251.44	233.55	233.55

En la primera columna de la Tabla 56, se muestran los períodos de planificación desglosada de los 12 meses del año 2019 para el Pastel tipo 8, estos períodos también marcan las fechas en que deberá empezar la producción de las cantidades señaladas en el plan maestro de producción (MPS) para el Pastel 8, el cual se encuentra en la última columna.

Tabla 56. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 8 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 8					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	31.28	37.76	55.76	75.68	82.12	82.12
Febrero	36.88	58.48	70.80	88.56	105.73	105.73
Marzo	37.60	92.80	72.56	93.20	125.49	125.49
Abril	38.64	92.32	75.36	102.08	130.93	130.93
Mayo	52.48	113.52	92.24	78.00	137.73	137.73
Junio	18.80	35.44	78.00	110.24	108.56	108.56
Julio	44.16	75.20	78.64	107.28	126.74	126.74
Agosto	43.36	56.88	88.40	110.64	124.21	124.21
Septiembre	40.00	61.92	93.60	123.68	135.51	135.51
Octubre	41.28	49.76	85.36	113.68	120.76	120.76
Noviembre	41.44	63.12	75.28	112.48	121.77	121.77
Diciembre	56.88	93.36	123.04	190.00	197.25	197.25

La Tabla 57, se presenta el plan maestro de producción del Pastel tipo 9, cuya programación abarca los doce meses siguientes del año 2019. La primera columna de esta tabla muestra los períodos en los cuales deberá empezar la producción de las cantidades señaladas en el MPS, el cual corresponde a la columna siete, esto con la finalidad de que los elementos puedan estar disponibles en las fechas que se indican en el MPS.

Tabla 57. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 9 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 9					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	16.40	19.84	53.76	69.36	76.89	76.89
Febrero	13.92	32.64	51.04	76.32	86.06	86.06
Marzo	13.52	51.52	51.84	76.64	96.82	96.82
Abril	13.44	52.40	56.64	78.00	100.60	100.60
Mayo	19.52	54.40	76.64	87.44	117.51	117.51
Junio	7.52	26.88	69.92	83.36	96.90	96.90
Julio	21.12	69.12	88.64	99.20	138.21	138.21
Agosto	19.60	42.08	69.68	83.76	105.16	105.16
Septiembre	19.92	45.44	69.60	87.92	109.16	109.16
Octubre	20.48	36.24	72.24	78.96	100.82	100.82
Noviembre	18.96	46.80	64.80	78.24	102.11	102.11
Diciembre	22.16	68.64	105.20	129.04	162.91	162.91

A continuación, en la Tabla 58 se aprecia el plan maestro de producción (MPS) para el Pastel tipo 10. Donde se usarán como períodos de planificación los 12 meses del año 2019 que se encuentran en la primera columna de la tabla, cuyas cantidades de producción son las que aparecen en la séptima columna de la tabla.

Tabla 58. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 10 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 10					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	112.16	154.16	159.76	189.60	216.57	216.57
Febrero	100.24	147.44	156.16	170.48	203.91	203.91
Marzo	107.28	159.52	159.12	176.40	212.92	212.92
Abril	101.92	152.32	152.96	183.68	210.31	210.31
Mayo	116.24	214.48	218.48	244.08	291.20	291.20
Junio	43.44	70.80	184.24	218.08	203.49	203.49
Julio	102.72	163.52	207.28	222.32	255.11	255.11

Agosto	120.32	141.36	177.92	185.52	217.12	217.12
Septiembre	132.96	150.16	171.20	206.48	227.03	227.03
Octubre	142.08	114.80	163.92	185.04	199.47	199.47
Noviembre	127.52	150.24	150.88	182.72	208.10	208.10
Diciembre	178.08	213.04	238.56	289.36	318.69	318.69

El plan maestro de producción para el Pastel tipo 11 que abarca los 12 meses del 2019 se muestra en la Tabla 59, en el cual, la primera columna corresponde a los períodos en los cuales deberá empezar la producción de las cantidades señaladas en el MPS que corresponden a la última columna.

Tabla 59. Plan maestro de producción de 2019 para el Pastel tipo 11 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019						
Producto:	Pastel tipo 11					
Período:	Enero - Diciembre					
Mes	Ventas reales				Pronóstico 2019	MPS
	2015	2016	2017	2018		
Enero	57.84	65.84	99.92	129.68	154.74	154.74
Febrero	48.56	68.88	104.80	126.32	157.12	157.12
Marzo	54.64	87.04	102.72	128.32	166.59	166.59
Abril	51.92	83.68	112.96	135.76	174.09	174.09
Mayo	70.64	121.12	155.04	176.96	237.32	237.32
Junio	27.76	42.40	133.84	155.12	173.55	173.55
Julio	69.84	96.64	137.92	166.32	209.96	209.96
Agosto	65.68	80.96	119.44	143.84	180.29	180.29
Septiembre	61.76	80.64	123.84	155.28	188.42	188.42
Octubre	59.84	64.08	115.84	145.52	170.45	170.45
Noviembre	57.60	84.08	108.88	147.36	178.24	178.24
Diciembre	82.56	124.40	158.96	206.24	256.43	256.43

Capítulo 4. Resultados y conclusiones

En este último capítulo, se presenta una descripción detallada de los resultados obtenidos de la realización de los pronósticos mediante distintos métodos de pronósticos cuantitativos para la obtención del plan maestro de producción para el año 2019 y se plantean las conclusiones derivadas de este proyecto.

4.1 Análisis de resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del pronóstico realizado para 2019 con los métodos de Suavización Exponencial Simple, Suavización exponencial con Tendencia, Regresión Lineal y Variación Estacional, seleccionados anteriormente para el pronóstico 2018, así como, su respectiva validación, que consiste en verificar el error presente en los pronósticos.

Cabe mencionar, que para realizar la validación de los pronósticos se requiere el dato real de ventas, por lo que sólo se cuentan con los datos de los meses de enero a julio de 2019 de cada uno de los 11 tipos de pasteles.

En la Tabla 60, se observan los resultados obtenidos del pronóstico de la demanda para los 7 primeros meses del 2019 del Pastel tipo 1, calculados mediante el método de variación estacional y, también se observa el resultado obtenido del cálculo del error mediante el EPAM.

Tabla 60. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 1 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 1			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	76.93	71.68	7.32
Febrero	87.62	78.72	11.31
Marzo	92.17	86.32	6.78
Abril	96.15	82.64	16.35
Mayo	129.72	111.92	15.90
Junio	99.43	99.60	0.17
Julio	118.08	88.16	33.93

Se puede observar que el pronóstico para el mes de junio presenta un error muy pequeño en el cálculo presentando un EPAM de 0.17% variando solo por 1 pieza faltante en el pronóstico, mientras que para el mes de Julio se presenta un EPAM de 33.93% que significa una baja asertividad del pronóstico respecto al dato real.

En la Tabla 61, se presentan los pronósticos para el Pastel tipo 2 realizados para los 7 primeros meses del 2019, aplicando la variación estacional y también se observa el resultado obtenido del cálculo del error mediante el EPAM.

Tabla 61. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 2 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 2			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	109.16	120.88	9.70
Febrero	96.27	116.08	17.07
Marzo	122.97	118.24	4.00
Abril	129.64	117.76	10.09
Mayo	164.64	153.52	7.24
Junio	133.56	137.60	2.93
Julio	148.04	127.68	15.95

A continuación, en la Tabla 62 se muestran los pronósticos realizados mediante la variación estacional para el Pastel tipo 3, cuyos resultados pronostican la demanda para los meses de enero-julio del 2019 y sus respectivos errores.

Tabla 62. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 3 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 3			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	103.61	118.56	12.61
Febrero	90.87	113.84	20.17
Marzo	88.88	102.80	13.54
Abril	117.35	93.28	25.81
Mayo	146.20	130.56	11.98
Junio	112.11	119.52	6.20
Julio	148.64	120.08	23.78

Se realizaron los cálculos para obtener las demandas promedios mensuales para 2019 del Pastel tipo 4, cuyos resultados se observan en la Tabla 63. También se realizó la comparación de estos resultados con los datos reales, obteniendo el error que presenta este método de enero-julio 2019.

Tabla 63. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 4 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 4			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	207.13	208.96	0.88
Febrero	203.48	193.76	5.02
Marzo	223.33	198.08	12.75
Abril	202.94	200.56	1.19
Mayo	322.98	275.84	17.09
Junio	238.66	251.20	4.99
Julio	266.25	224.24	18.74

En la Tabla 64, se muestran los resultados obtenidos del pronóstico de la demanda del Pastel tipo 5 para los 12 meses del 2019, calculados mediante el método de variación estacional y también se muestran los resultados obtenidos del cálculo de los errores presentados en este método.

Tabla 64. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 5 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 5			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	122.98	119.28	3.10
Febrero	117.19	116.88	0.27
Marzo	124.13	125.28	0.92
Abril	131.03	120.00	9.19
Mayo	175.27	173.68	0.91
Junio	121.72	160.32	24.08
Julio	148.72	151.92	2.11

En la Tabla 65, se pueden observar los resultados obtenidos de los cálculos realizados para obtener las demandas promedios mensuales de 2019 para el Pastel tipo 6, así como también el cálculo del error que se presenta en el método.

Tabla 65. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 6 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 6			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	173.53	191.60	9.43
Febrero	191.01	187.04	2.12
Marzo	199.30	189.60	5.12
Abril	212.36	185.04	14.77
Mayo	284.61	261.04	9.03
Junio	209.79	237.04	11.50
Julio	233.99	202.16	15.74

Los pronósticos realizados mediante la variación estacional para el cálculo de la demanda del Pastel tipo 7 en los primeros 7 meses del 2019 se presentan en la Tabla 66, así también se muestran los resultados del cálculo del error presente en el pronóstico.

Tabla 66. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 7 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 7			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	137.50	157.76	12.84
Febrero	143.16	154.96	7.61
Marzo	152.82	165.76	7.81
Abril	162.26	174.16	6.83
Mayo	190.34	229.04	16.90
Junio	141.98	206.32	31.19
Julio	183.24	206.24	11.15

En la Tabla 67, se pueden observar los resultados obtenidos de los cálculos realizados para obtener las demandas promedios mensuales para el Pastel tipo 8, así como, los errores que presenta el pronóstico respecto al dato real.

Tabla 67. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 8 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 8			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	82.12	121.52	32.42
Febrero	105.73	143.52	26.33
Marzo	125.49	144.72	13.28
Abril	130.93	132.40	1.11
Mayo	137.73	176.56	22.00
Junio	108.56	155.84	30.34
Julio	126.74	147.44	14.04

En la Tabla 68 se pueden apreciar los pronósticos para el Pastel tipo 9, realizados para los primeros 7 meses del 2019 mediante la aplicación de la variación estacional y también los resultados obtenidos del cálculo del error presentado en los pronósticos.

Tabla 68. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 9 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 9			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	76.89	86.48	11.09
Febrero	86.06	86.16	0.12
Marzo	96.82	86.16	12.37
Abril	100.60	86.16	16.76
Mayo	117.51	109.04	7.77
Junio	96.90	95.52	1.45
Julio	138.21	103.44	33.61

Se realizaron los cálculos para la obtención de las demandas promedios mensuales para 2019 del Pastel tipo 10 y se calcularon los errores presentes en este método, cuyos resultados se pueden visualizar en la Tabla 69.

Tabla 69. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 10 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 10			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	216.57	207.04	4.60

Febrero	203.91	221.04	7.75
Marzo	212.92	222.72	4.40
Abril	210.31	207.92	1.15
Mayo	291.20	282.80	2.97
Junio	203.49	257.68	21.03
Julio	255.11	244.64	4.28

A continuación, en la Tabla 70, se presentan los resultados obtenidos del cálculo del pronóstico de la demanda para el Pastel tipo 11 de los primeros 7 meses del 2019 mediante el método de variación estacional. También se muestran los resultados obtenidos del cálculo del error presente entre el pronóstico y los datos reales.

Tabla 70. Cálculo del pronóstico de la demanda para 2019 del Pastel tipo 11 (Fuente: Propia).

Pastel tipo 11			
Mes	Pronóstico	Real 2019	EPAM
Enero	154.74	148.00	4.55
Febrero	157.12	149.36	5.20
Marzo	166.59	151.44	10.01
Abril	174.09	152.40	14.23
Mayo	237.32	202.40	17.25
Junio	173.55	191.52	9.38
Julio	209.96	184.00	14.11

Por último, en la Tabla 71 se concentran los datos del error presentado en los pronósticos realizados para 2018 y 2019 únicamente para los primeros 6 meses de cada año siguiendo la misma metodología, usando los 3 métodos de pronóstico anual que presentaron el menor error en el cálculo de los pronósticos, los cuales son la suavización exponencial simple (SES), suavización exponencial con tendencia (SET) y regresión lineal simple (RLS).

Tabla 71. EPAM 2019 respecto al EPAM 2018 (Fuente: Propia).

Pastel	EPAM 2018	EPAM 2019	EPAM PROMEDIO
1	11.55	13.11	12.33
2	18.59	9.57	14.08
3	15.64	16.30	15.97

4	11.39	8.66	10.02
5	10.04	5.80	7.92
6	12.21	9.67	10.94
7	8.26	13.48	10.87
8	23.39	19.93	21.66
9	13.79	11.88	12.83
10	11.64	6.60	9.12
11	8.35	10.68	9.51
Promedio	13.17	11.42	12.30

Como se puede observar en la Tabla 71, el error presente en el pronóstico de 2019 disminuyó con respecto al error presentado en los pronósticos de 2018, por ejemplo, en el caso del Pastel tipo 2 que paso de un EPAM de 18.59 para 2018 a un EPAM de 9.57 para 2019, en general se puede observar que el EPAM promedio de 2018 de 13.17 respecto al EPAM promedio de 2019 de 11.42 presento una disminución considerablemente.

Lo anterior, indica que los métodos seleccionados, los cuales son Suavización Exponencial Simple, Suavización Exponencial con Tendencia, Regresión Lineal y Variación Estacional, se adecuaron también a los datos para realizar el pronóstico de ventas de cada pastel para el año 2019 que fueron seleccionados conforme a los datos del 2018.

Los resultados alcanzados confirman la factibilidad de la utilización de los métodos de pronósticos cuantitativos, como técnicas confiables de pronóstico y sientan la base para su implementación en los pronósticos de la demanda para la empresa pastelera, criterio demostrado con los márgenes de error que se presentaron en los pronósticos.

En la Tabla 72, se muestra el plan maestro final para los meses de enero a diciembre 2019, con la demanda pronosticada en piezas enteras para cada uno de los 11 tipos de pasteles.

Tabla 72. Plan maestro 2019 (Fuente: Propia).

Plan maestro de producción mensual para 2019											
	Tipo de Pastel										
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Enero	77	109	104	207	123	174	137	82	77	217	155
Febrero	88	96	91	203	117	191	143	106	86	204	157

Marzo	92	123	89	223	124	199	153	125	97	213	167
Abril	96	130	117	203	131	212	162	131	101	210	174
Mayo	130	165	146	323	175	285	190	138	118	291	237
Junio	99	134	112	239	122	210	142	109	97	203	174
Julio	118	148	149	266	149	234	183	127	138	255	210
Agosto	104	127	128	245	129	217	160	124	105	217	180
Septiembre	103	132	131	246	140	212	165	136	109	227	188
Octubre	91	119	114	223	121	198	142	121	101	199	170
Noviembre	96	129	120	237	130	210	155	122	102	208	178
Diciembre	157	203	186	326	190	294	234	197	163	319	256

4.2 Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos de la realización de este proyecto se logró generar un pronóstico cuantitativo que ofrece una aproximación adecuada para el cálculo de la demanda futura de la empresa, contando únicamente con los datos históricos de 3 años anteriores al pronóstico.

Las aportaciones de este trabajo representan una mejora relevante para la empresa, contribuyendo al incremento de su productividad y competitividad, al conocer las expectativas de demanda del mercado. Este incremento en la productividad se logrará mediante la disminución de desperdicios y la realización de más ventas concretadas.

Por lo tanto, una vez terminado el presente proyecto de tesis, se tienen las siguientes conclusiones:

- Se recopilaron y analizaron los datos históricos de ventas de los pasteles, los datos históricos anuales se encuentran en la Tabla 2 y, de la Tabla 3 a la Tabla 13 se encuentran los datos históricos mensuales para cada uno de los 11 tipos de pastel. Así también se muestra una gráfica en la Figura 11 donde se pueden identificar los componentes de la demanda presentes en los datos históricos.
- Se realizaron los pronósticos de las ventas para cada pastel, mediante la aplicación de los distintos métodos de pronósticos cuantitativos, los cuales se muestran en el apartado

3.7 Realización del pronóstico, en el cual se desglosan cada uno de los cálculos realizados para obtener los pronósticos mediante los métodos de pronóstico cuantitativo.

- Se estimó el error de los métodos de pronósticos cuantitativos utilizados mediante cada uno de los métodos del cálculo del error (EPP, DMA, ECM Y EPAM), cuyo desarrollo y resultados se observan en el apartado 3.8 Validación de resultados.
- Se validó cada método de pronósticos cuantitativo que más se aproximó a las ventas reales de la empresa con la finalidad de identificar el que se adaptó mejor a los datos históricos y presentó un menor porcentaje de error.
- Se estableció el plan maestro de producción para cada pastel como lo muestra el apartado 3.9 Elaboración del Plan maestro y, se realizó un concentrado del plan maestro, que se presenta en la Tabla 72.

Por lo tanto, se afirma que se cumplió con el objetivo general de este proyecto de tesis, al establecer un plan maestro de producción en la empresa pastelera, mediante un método de pronósticos cuantitativo que analice sus ventas históricas y presente el menor porcentaje de error para incrementar su productividad.

A partir de la metodología propuesta, la administración podrá mejorar su planeación de recursos y mejorar así sus pronósticos de la demanda. Esto ayudará a estabilizar la demanda y con ello se podrán obtener mejores estimaciones en los pronósticos, ya que entre más estabilizada sea la demanda y se tengan más datos históricos el pronóstico será más exacto.

4.3 Trabajos a futuro

- Una vez recopilados más datos, se mejorará el cálculo de los pronósticos y se comparará con las ventas reales para disminuir aún más el error que se pueda presentar.
- Se aplicarán los métodos de series de tiempo en el análisis de pronósticos productivos, con el objetivo de contribuir a una mejora sustancial en la planeación de la empresa, optimizando los recursos existentes y evitando pérdidas futuras en el mercado.

Referencias

- Acosta Cervantes M.C., Villarreal Marroquín M.G. & Cabrera-Ríos M. (2013). Estudio de validación de un método para seleccionar técnicas de pronóstico de series de tiempo mediante redes neuronales artificiales. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 14(1), pp. 53-63.
- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción*. México: Pearson Educación.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R. & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. (12ª ed.). México: McGraw-Hill / Interamericana Editores.
- D'alesio Ipinza, F. (2004). *Administración y dirección de la producción. Enfoque estratégico y de calidad*. (2ª ed). México: Pearson Educación.
- Heizer J. & Render, B. (2004). *Principios de administración de operaciones* (5ª ed). México: Pearson educación.
- Heizer J. & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. (7ª ed). México: Pearson Educación.
- Jacobs, F. R. & Chase, R. B. (2014). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. (13ª ed). México: McGraw-Hill/interamericana Editores.
- Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones* (8ª ed.). México: Pearson Educación.
- Medina Varela, P., & Restrepo Correa, J., & Cruz Trejos, E. (2009). Plan de producción para la compañía de helados "nata". *Scientia Et Technica*, 15 (43), 311-315.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. (5ª ed). México: Mcgraw-Hill/ Interamericana Editores.
- Orlando Lao, Y., & Rivas Méndez, A., & Pérez Pravia, M., & Marrero-Delgado, F. (2017). Procedimiento para el pronóstico de la demanda mediante redes neuronales artificiales. *Ciencias Holguín*, 23 (1), 1-18.

- Pastelerías Quemén. (3 de septiembre de 2019). Historia. Recuperado de: <https://www.pasteleriasquemen.com/historia/>
- Render, B. & Heizer, J. (2007). *Administración de la producción*. México: Pearson Educación.
- Ruiz Ramírez, J., & Hernández Rodríguez, G., & Zulueta Rodríguez, R. (2011). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la producción de caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*, 29 (1), 103-109.
- Salazar Aguilar, M. A. & Cabrera Ríos, M. (2007) Pronóstico de demanda por medio de redes neuronales artificiales. *Ingenierías*, 10 (35). pp. 6-12.
- Schroeder, R.G., Meyer Goldstein, S., & Rungtusanatham, M. J. (2011). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*. (5ª ed). México: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores.