



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN MODELO DE SERIES DE
TIEMPO PARA EL PRONÓSTICO DE VENTAS EN UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE
EQUIPO INDUSTRIAL**

Marlin Elena López Godoy

Asesorado por la Mtra. Inga. Mayra Virginia Carvajal Castillo

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN MODELO DE SERIES
DE TIEMPO PARA EL PRONÓSTICO DE VENTAS EN UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE
EQUIPO INDUSTRIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARLIN ELENA LÓPEZ GODOY

ASESORADO POR LA MTRA. INGA. MAYRA VIRGINIA CARVAJAL
CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN MODELO DE SERIES DE TIEMPO PARA EL PRONÓSTICO DE VENTAS EN UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE EQUIPO INDUSTRIAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 31 de mayo de 2021.

Marlin Elena López Godoy

Ref. EEPFI-0593-2021
Guatemala, 31 de mayo de 2021

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE UN MODELO DE SERIES DE TIEMPO PARA EL PRONÓSTICO DE VENTAS EN UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE EQUIPO INDUSTRIAL**, presentado por la estudiante **Marlin Elena López Godoy** carné número **201119614**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Estadística Aplicada.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

Mayra Virginia Carrvajal Castillo
Ingeniera Industrial
Colegiada No. 15165

Mtra. Mayra Virginia Castillo Carvajal
Asesora

"Id y Enseñad a Todos"



Mtro. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
Coordinador de Maestría
Estadística Aplicada

Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EEP-EIMI-041-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE UN MODELO DE SERIES DE TIEMPO PARA EL PRONÓSTICO DE VENTAS EN UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE EQUIPO INDUSTRIAL**, presentado por la estudiante universitaria **Marlin Elena López Godoy**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



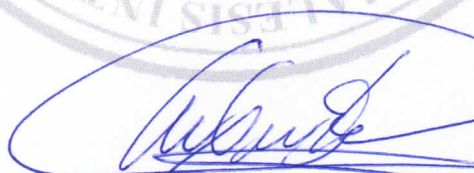
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, junio de 2021

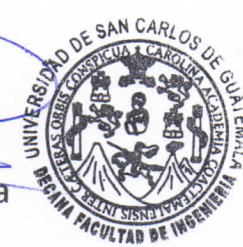
DTG. 632.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN MODELO DE SERIES DE TIEMPO PARA EL PRONÓSTICO DE VENTAS EN UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE EQUIPO INDUSTRIAL**, presentado por la estudiante universitaria: **Marlin Elena López Godoy**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por estar siempre a mi lado, guiarme y darme fuerzas en todo momento.
Mi madre	Marlin Godoy por su amor incondicional y ser ejemplo de esfuerzo y dedicación.
Mi tía	Rosa Santos por sus cuidados y apoyo constantes.
Mi novio	Daniel Jiménez por acompañarme en cada paso y ser un apoyo incondicional.
Mis hermanos	Bianca, Renato y Diego López por apoyarme y motivarme a seguir adelante.
Mi sobrina	Renata Valladares por ser una fuente de inspiración.
Mis amigos	Rocael Gómez, José del Cid, Owen Torres, Esbin Santos, Emilio Marroquín por ser parte de este proceso, apoyarme y animarme constantemente

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por darme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas profesionales.
Empresa Industrial	Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.
Mi asesor	Mtra. Inga. Mayra Carvajal por su guía durante el desarrollo de este trabajo de graduación
Familia y amigos en general	Por acompañarme y compartir conmigo buenos y malos momentos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN.....	15
7. MARCO TEÓRICO	17
7.1. Series de tiempo	17
7.1.1. Análisis previo de datos	17
7.1.2. Generalidades de la serie de tiempo.....	19
7.1.2.1. Objetivo de las series temporales	20

	7.1.2.2.	Enfoques de la serie de tiempo	20
	7.1.2.3.	Áreas de aplicación de la serie de tiempo.....	21
7.1.3.		Componentes de una serie de tiempo.....	21
	7.1.3.1.	Análisis de tendencia	22
	7.1.3.2.	Análisis de variación cíclica	23
	7.1.3.3.	Análisis de variación estacional.....	24
	7.1.3.4.	Análisis de variación irregular	25
7.1.4.		Modelos aplicados a la serie de tiempo	26
	7.1.4.1.	Modelos de promedio.....	26
	7.1.4.2.	Suavizamiento exponencial	27
	7.1.4.3.	Metodología de Box-Jenkins.....	29
7.2.		Pronósticos de ventas.....	32
	7.2.1.	Horizonte de tiempo de los pronósticos	33
	7.2.2.	Métodos para establecer un pronóstico	33
	7.2.3.	Selección de una técnica de pronóstico.....	34
	7.2.4.	Error de pronósticos	36
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	39
9.		METODOLOGÍA	41
	9.1.	Tipo de estudio	41
	9.2.	Unidades de análisis	41
	9.3.	Variables... ..	42
	9.4.	Fases del estudio	42

9.4.1.	Fase 1: exploración bibliográfica	43
9.4.2.	Fase 2: gestión o recolección de la información.....	43
9.4.3.	Fase 3: elaboración de base de datos	43
9.4.4.	Fase 4: análisis de información	43
9.4.5.	Fase 5: interpretación de información	44
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	45
11.	CRONOGRAMA	47
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	49
13.	REFERENCIAS	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Gráfico con tendencia lineal	23
2.	Gráfico con variación cíclica	24
3.	Gráfico con variación estacional.....	25
4.	Proceso de previsión del método	30
5.	Esquema de solución.....	44
6.	Cronograma de actividades.....	47

TABLAS

I.	Variables del estudio	42
II.	Recursos necesarios para el estudio	49

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
E	Error
t	Tiempo
\hat{Y}	Valor pronosticado
Y	Valor real

GLOSARIO

Aleatoriedad	Proceso cuyo resultado no es previsible
ARIMA	Modelo autorregresivo de media móvil
Equipo Industrial	Máquinas, suministros y equipamientos que se utilizan con fines productivos.
Patrón	Sucesión de elementos
Periodo	Espacio de tiempo
Predicción	Acción de anunciar un hecho futuro
Pronóstico	Hecho futuro a partir de criterios lógicos o científicos

RESUMEN

El pronóstico de ventas es una herramienta que se utiliza en diferentes industrias para tener un estimado de los ingresos producto de las ventas que van a realizarse durante un intervalo de tiempo; estas proyecciones pueden realizarse de forma cuantitativa o cualitativa, debido a la facilidad de ejecución algunas empresas optan por el método cualitativo que consiste en determinar las ventas futuras basados en experiencia o conocimiento del mercado.

El análisis de las series de tiempo consiste en estudiar los datos del pasado, en este caso las unidades vendidas en los últimos seis años, con esta información es posible identificar la existencia de algunos patrones y crear modelos estadísticos que proporcionen un pronóstico de ventas futuras.

El presente diseño de investigación busca apoyar el proceso de pronóstico de ventas en una empresa industrial, para que puedan reforzar el método actual al combinarlo con un método cuantitativo.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mercado es cada vez más competitivo, por lo que las empresas se ven en la necesidad de mejorar sus procesos y aumentar sus esfuerzos para planificar e implementar estrategias que les permitan continuar trabajando.

Para que una empresa sea rentable necesita tener ingresos suficientes con los que sea capaz de cubrir gastos, realizar inversiones y generar ganancias; estos ingresos provienen de las ventas, que consisten en intercambiar un bien o servicio por dinero. Por lo que una correcta planificación de las ventas resulta de suma importancia para la industria en la consecución de sus objetivos.

Los pronósticos pueden realizarse por dos tipos de análisis, cualitativo y cuantitativo, dentro de este último se incluyen algunos métodos estadísticos como series de tiempo, los cuales brindan cierto nivel de confiabilidad debido a que consisten en recopilar información que luego es analizada e interpretada para apoyar en la toma de decisiones, con ello se disminuye el riesgo de predecir con base en la intuición.

Tomando en cuenta la información anterior, el estudio propone predecir las ventas para una empresa distribuidora de equipo industrial utilizando la metodología de series temporales Box Jenkins y Holt-Winter, con ello se pretende mejorar el proceso de planificación anual, describiendo el comportamiento de la serie, buscando posibles patrones temporales, estudiando la variable ventas de forma mensual en un periodo de seis años y considerando un nivel de confiabilidad adecuado para los pronósticos.

La importancia de la solución planteada mediante la elaboración de esta investigación es reducir el rango de incertidumbre y aumentar la confiabilidad en la toma de decisiones, que permitan el establecimiento de estrategias. Por lo que será beneficioso no solo para la empresa sino también para los clientes, brindando una alta calidad en el suministro de equipos industriales.

El informe final del estudio se estructura en varios capítulos, que se discuten a continuación:

En el capítulo I se describen los antecedentes, que hacen referencia a los trabajos de investigación realizados con anterioridad, obteniendo de ellos técnicas y procedimientos utilizados por los autores para la elaboración de pronósticos utilizando series temporales.

En el capítulo II se tocarán temas relacionados a una base teórica que servirá para fundamentar el desarrollo de toda la investigación. Se cubrirán conceptos tales como series de tiempo, modelos aplicados a la serie de tiempo, pronósticos de ventas y errores utilizados para analizar la incertidumbre de los modelos.

En el capítulo III se presentan los resultados obtenidos que serán analizados posteriormente.

En el capítulo IV se expone la discusión de resultados, en donde a través de conceptos estadísticos se podrá llegar a las conclusiones y recomendaciones, descritas en los siguientes capítulos, para evaluar la solidez del modelo generado a través de la investigación realizada.

2. ANTECEDENTES

En el área de ventas es de vital importancia contar con métodos de planificación confiables debido a que un mal pronóstico resulta en pérdida de oportunidades, costos más elevados, problemas de inventarios, entre otros.

Carrión (2011), menciona que se deben considerar varios elementos cuando se ejecuta una previsión, estos son, elemento cualitativo, temporal, cuantitativo y probabilístico. Este aporte ayudará en la delimitación de la siguiente investigación, debido a que se analizarán los diferentes componentes.

Castro y Carvajal (2010) mencionan en su trabajo que realizar un análisis previo de los datos es fundamental para establecer la existencia de variaciones en la serie de datos. En su investigación hacen énfasis en la importancia de comprobar el supuesto de normalidad, realizar análisis gráfico que permita observar cambios en la serie de datos, así como análisis de tendencia y homogeneidad, este aporte servirá para el establecimiento de las pruebas a realizar dentro del análisis exploratorio de los datos.

Nojek, Britos, Rossi, y Garcia Martinez (2003) en su trabajo realizaron predicciones utilizando el dato de ventas de la industria Shell CAPSA, mediante metodologías estadísticas tradicionales y técnicas de redes neuronales, se obtuvieron datos históricos de algunos productos de la empresa y se realizó el pronóstico de ventas utilizando métodos estadísticos como suavizamiento exponencial, regresión y promedios móviles, luego se llevaron a cabo las predicciones utilizando redes neuronales y se utilizaron los mismos datos, los resultados de ambos métodos fueron comparados y para determinar la

confiabilidad, con que se puede garantizar que un método es mejor que otro se utilizó la prueba de Kendall, la cual se calcula utilizando las restas del valor absoluto entre los datos pasados con los métodos utilizados, el nivel de confianza con que las redes neuronales alcanzaron resultados más puntuales que los métodos tradicionales estadísticos fue de 82.3 %. Se aporta de manera metodológica a la investigación ya que se tendrán en consideración algunos de los métodos utilizados.

Guevara y Moreno (2016) sugieren en su trabajo que es preciso analizar los datos con diferentes modelos, contrastarlos y con ello tomar la mejor decisión ya que consideran que no es posible determinar todas las series temporales con un único tipo de modelo, debido a que el estudio de la variable es cambiante y dinámico. El aporte metodológico del documento es el paso a paso que se debe considerar al momento de analizar los diferentes modelos. La metodología que se utilizó fue llevar a cabo un diagnóstico de los datos, reducir la volatilidad, aplicar los métodos seleccionados y por último analizar los resultados en ambos métodos y concluir cual es la mejor opción.

Murillo, Trejos, y Carvajal (2003) en su investigación sobre pronóstico de la demanda de energía eléctrica, observaron el comportamiento de la serie temporal basado en el análisis gráfico de las autocorrelaciones simples y parciales ACF Y PACF, luego para evaluar la estacionalidad de las series se realizaron algunas pruebas análíticas y gráficas, entre estas, prueba de Kolmogorov-Smirnov, multigráfico, histograma y autocorrelación, con esta información se determinó que el modelo que cumple con todas las pruebas es ARIMA (*Autorregresive-Integrated-Moving Average*). Esta metodología se utilizará para evaluar los modelos que brinden una predicción más confiable.

Pérez (2017) indica en su trabajo que debe iniciarse con un análisis gráfico de los datos históricos de las ventas por producto, seguido de realizar las transformaciones necesarias para estimar los modelos ARIMA bajo la metodología Box-Jenkins y luego obtener los modelos de Holt – Winter, finalizando con la evaluación de ajuste y capacidad explicativa de cada modelo para la serie temporal, este aporte de tipo metodológico ayudará al establecimiento de familias o productos para su respectivo análisis.

Moreno (2008) en su trabajo menciona que “Los economistas han identificado tres diferentes tipos de variaciones: tendencia secular, variaciones cíclicas y variaciones estacionales” (p.38). La naturaleza de estas es fundamental para el análisis básico de las series temporales ya que permiten identificar las ecuaciones de la tendencias. Esta información resulta útil porque menciona los componentes que deben observarse para reconocer la tendencia de los datos.

Montes, Calvete, y Mantilla (2016) mencionan que criterios como el coeficiente de determinación, el error cuadrático medio, los criterios de información Akaike y Bayes deben considerarse para comprobar que tan bien se ajustan los datos a los diferentes métodos de predicción analizados, esto aporta a la investigación ya que describe las observaciones que deben realizarse para determinar cuál es el modelo tendencial que presenta mayor ajuste.

Menacho (2013) en su investigación realiza una comparación entre los métodos estadísticos de regresión en segundo grado, media móvil, suavización exponencial simple y doble contra los modelos de redes neuronales multicapa back propagación, empleados en varias series temporales, las mediciones de error de pronóstico utilizadas son MAPE, MAD Y MSE, como resultado los modelos de redes neuronales manifiestan valores más pequeños de MAPE en el total de series analizadas y menor MAD y MSE en la mitad de estas. Este aporte

ayuda en la delimitación de errores que pueden ser utilizados para la investigación.

Para que un pronóstico sea efectivo es necesario considerar el alcance, estos pueden ser, corto, mediano y largo plazo dependiendo de la industria que se esté analizando, según Ríos (2008) el nivel de incertidumbre está relacionado proporcionalmente al alcance, es decir a mayor alcance más incertidumbre. Esto es útil ya que en su trabajo muestra un ejemplo de la industria del cobre que incluye las mediciones convencionales (horas, días, meses, entre otros.) y las decisiones comunes en el mercado relacionadas a esta proyección, debido a lo anterior puede usarse de guía en la determinación del horizonte de planeación para esta investigación.

Con el paso del tiempo las empresas se han visto en la necesidad de actualizar sus estrategias, como parte de esto se ha observado la necesidad de realizar proyecciones más adecuadas de acuerdo con el tipo de negocio, es por eso que se han estudiado diferentes métodos de predicción, el más utilizado es el de series temporales debido a que ha presentado un nivel de confiabilidad aceptable.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento de ventas tiene entre sus funciones el análisis de la demanda para los productos que ofrecen al mercado, este análisis dispone de dos procesos diferentes, que se complementan entre sí, análisis cualitativo y análisis cuantitativo.

El análisis cualitativo se realiza con base en el conocimiento o experiencia, es útil para la creación de estrategias y fijación de objetivos. por el contrario, el análisis cuantitativo se basa en el estudio de ventas históricas para estimar las cantidades que se podrían alcanzar en el futuro.

En una empresa dedicada a la distribución de equipo industrial, la Jefatura del área de ventas ha utilizado el análisis cualitativo para sus pronósticos durante muchos años, a la fecha en que se realiza este estudio se ha observado que realizar la planificación de ventas de esta forma ocasiona algunos inconvenientes, entre ellos baja rotación de inventario, retrasos en las entregas, incumplimiento de metas, desventaja competitiva y acumulación de inventario que se transforma en mercancía obsoleta. Anteriormente, como parte de las mejoras, se solicitó a cada asesor de ventas la realización de su propio pronóstico para reducir la incertidumbre, debido a que estos tienen mayor interacción con los clientes y por lo tanto conocen mejor sus necesidades.

Actualmente los pronósticos de ventas se realizan a través de un análisis cualitativo, que consiste en solicitar a cada vendedor una proyección de las ventas para su sector, esta información es consolidada por el jefe de operaciones y con ello se obtiene la predicción de ventas para el siguiente año. Esta técnica

al utilizarse por sí sola, sin el apoyo de un análisis cuantitativo tiene como resultado un rango de incertidumbre muy amplio, dentro del cual se toman las decisiones que pueden afectar el futuro del negocio.

No se ha realizado un análisis cuantitativo de las ventas a lo largo del tiempo por lo que se ignora la existencia de algún patrón o tendencia en los datos que pueda utilizarse para obtener una predicción con mayor ajuste, adicional no se ha evaluado la precisión de los métodos utilizados en los últimos años por lo que se ignora el rango de incertidumbre con el que se ha trabajado.

Se desconoce cuál es modelo estadístico apropiado para predecir las ventas con nivel de confiabilidad aceptable, que avale la precisión de las ventas en el futuro.

Pregunta central:

¿Cuál es el modelo estadístico adecuado para pronosticar las ventas en una empresa dedicada a la distribución de equipo industrial?

Preguntas auxiliares:

- ¿Cuál es el comportamiento de las ventas a lo largo del tiempo en los últimos seis años?
- ¿Cuál de las metodologías entre: *Box – Jenkins* y *Holt – Winter* describe mejor la serie temporal de ventas en el periodo 2015 – 2020?
- ¿Qué método presenta mayor ajuste en la predicción de la serie temporal?

El problema será analizado en una empresa distribuidora de equipo industrial ubicada en la ciudad de Guatemala, utilizando los datos mensuales de unidades vendidas en los años 2015 al 2020.

4. JUSTIFICACIÓN

El estudio se basa en el análisis y aplicación del método de series temporales para la creación de pronósticos, debido a que el histórico de las ventas puede ayudar a identificar patrones que mejoren la predicción y planificación de las ventas futuras.

La correcta elaboración de pronósticos es parte integral en la toma de decisiones, debido a que se utiliza como base para crear estrategias que ayuden a la empresa a lograr sus objetivos, por ello es necesario mejorar el proceso de planificación y así aumentar la eficiencia en las ventas, al finalizar se espera contar con un modelo estadístico que sirva como herramienta para planear la cantidad de equipos industriales que pueden venderse cada mes con la menor incertidumbre posible.

Debido a que en la actualidad el mercado se ha vuelto más competitivo, es de gran importancia que la empresa reestructure el proceso de planificación para ejecutar una mejor planeación de ventas y pueda anticiparse a las necesidades de los clientes, esto beneficiará a la empresa ya que puede tener un mejor desempeño financiero y también a los colaboradores aumentando la posibilidad de éxito en sus negocios.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Establecer un modelo estadístico para pronosticar las ventas en una empresa dedicada a la distribución de equipo industrial utilizando métodos de series temporales

5.2. Específicos

- Analizar el comportamiento de las unidades vendidas a lo largo del tiempo en los últimos seis años, para comprobar la existencia de tendencia, estacionalidad y variaciones irregulares utilizando un gráfico de serie temporal.
- Identificar la metodología que mejor describe la serie temporal de unidades vendidas en el periodo 2015-2020 utilizando las metodologías Box-Jenkins y Holt Winter.
- Establecer el método que mejor se ajuste a las características de la serie real de unidades vendidas, por medio de la comparación de los errores obtenidos en cada uno.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

La necesidad de la elaboración de esta investigación radica en reducir el rango de incertidumbre en las proyecciones de venta para el establecimiento de objetivos, estrategias y acciones que le permitan a la empresa anticiparse y responder de la mejor manera.

Utilizando los datos de las unidades vendidas en los últimos seis años se construirá una base de datos que ayudará a identificar los equipos de mayor rotación y el comportamiento de estos a través del tiempo.

Una vez seleccionados cuáles equipos serán utilizados, se procederá a comprobar lo supuestos y se analizarán las propiedades de la serie de datos. Serán aplicadas las metodologías Box Jenkins y Holt-Winter a los datos previamente seleccionados. Con base en los resultados obtenidos se llevará a cabo una comparación entre los diferentes modelos, usando la medición del error de pronóstico MAPE (error porcentual absoluto medio), MAD (Desviación media absoluta) y MSE (error cuadrático medio), finalmente será seleccionado el modelo más robusto.

El modelo seleccionado se utilizará para realizar el pronóstico de riesgo que consiste en predecir las ventas para un periodo en que se desconocen los valores reales. Se espera que, utilizando dicho modelo, la empresa mejore sus proyecciones y logre alcanzar los objetivos propuestos en cuanto a venta, rotación de inventario e inversión

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Series de tiempo

El estudio de las series temporales consiste en analizar información histórica para una variable y su comportamiento a lo largo del tiempo, es necesario considerar que ciertos periodos pueden tener algunas características tales como estacionalidad, tendencia o ciclos y estas deben ser tomadas en cuenta para modelar la serie.

La teoría de las series temporales suele aplicarse en predicciones económicas, análisis de presupuesto, estudios hidrológicos, entre otros.

7.1.1. Análisis previo de datos

Castro y Carbajal (2010) mencionan que dentro del análisis exploratorio se debe considerar el uso de métodos gráficos y cuantitativos para determinar la existencia de tendencia, cambios y homogeneidad de la serie, comentan que se debe iniciar por un análisis gráfico en el que se incluyan, diagrama de cajas , el grafico de la serie de tiempo, histograma y gráfico de cuantiles teóricos, a continuación se lleva a cabo una prueba de normalidad y se finaliza comprobando la homogeneidad y tendencia utilizando pruebas paramétricas y no paramétricas.

Por otro lado, Campos (2015) indica que los estadísticos básicos que deben considerarse son, la consistencia u homogeneidad, tendencia y finalmente la persistencia o independencia de los datos.

- Normalidad: Levy y Varela (2006) manifiestan que “es uno de los principales supuestos a evaluar, con ello se comprueba que las variables observadas siguen una distribución normal, su verificación es fundamental para identificar que estimadores serian óptimos” (p. 31). Para el estudio de la normalidad podemos utilizar métodos gráficos como el histograma, el inconveniente es que presentan cierta subjetividad por lo que es necesario aplicar otro tipo de procedimiento como el contraste de Kolmogórov-Smirnov cuando la muestra es mayor a 50 datos según Balluerka y Vergara (2002).
- Homogeneidad o consistencia: de acuerdo con Campos (2015) la homogeneidad implica que los datos corresponden a la misma población estadística. Por otro lado, Castro y Carvajal (2010) recomiendan realizar el test para la estabilidad de la varianza como primer punto debido a que la inestabilidad de la misma implica la no estacionariedad de la serie, también indican que entre las pruebas estadísticas usadas se encuentra el test F que consiste en dividir la serie de datos y relacionar sus varianzas.
- Tendencia: Campos (2015) menciona que cuando los datos y el tiempo presentan una correlación significativa, ya sea positiva o negativa se puede inferir la existencia de tendencia. Para comprobar esto Castro y Carvajal (2010) recomiendan utilizar el método de correlación de Spearman el cual consiste en medir la asociación lineal entre los rangos y números de orden de la serie original y la serie ordenada de forma creciente, también mencionan el método de correlación de Pearson, que se puede utilizar únicamente si la relación es lineal y se comprueba el supuesto de normalidad.

- Independencia: Rosendo (2018) menciona que muchas veces existe autocorrelación cuando se trata de series temporales debido a que este supuesto es incumplido, por otro lado, Campos (2015) señala que entre los métodos que pueden utilizarse se encuentra el Test de Anderson y el test de Sneyers.

7.1.2. Generalidades de la serie de tiempo

A lo largo del tiempo se han desarrollado diversas definiciones para las series temporales, algunas de ellas se mencionan a continuación:

- Según Otero (1993) “Una serie de tiempo es una sucesión de valores observados de una variable referidos a momentos o a periodos de tiempo diferentes” (p. 1).
- “Una serie temporal es el resultado de observar los valores de una variable a lo largo del tiempo en intervalos regulares”. (Peña, 2010, pág. 21).
- “Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones $x(t)$, cada una de las cuales se registra en un momento específico t ”. (Brockwell y A., 2016, pág. 1).

Por tanto, es posible definir una serie de tiempo como una sucesión de valores tomados durante un periodo de tiempo, idealmente las observaciones deben tomarse en periodos de tiempo regulares y no deben existir valores faltantes.

7.1.2.1. Objetivo de las series temporales

Según Berenson (1996) las series temporales tienen como objetivo poder identificar y aislar factores que han causado patrones con anterioridad y que continúen haciéndolo de forma similar en el futuro, esto con el propósito de realizar predicciones

Por otro lado, Otero (1993) menciona que al estudio de series temporales se le pueden atribuir dos objetivos, el primero de ellos es la descripción de la serie dada y el segundo la predicción y evolución de la serie.

7.1.2.2. Enfoques de la serie de tiempo

Dentro del análisis de series temporales se comprenden dos enfoques:

- **Determinista:** los datos se conocen con certeza, esto suele darse cuando los datos son dependientes ya que los valores futuros pueden predecirse a partir de valores pasados.
- **Estocástico o probabilístico:** los datos son aleatorios a lo largo del tiempo, por lo que las predicciones están sometidas a cierta incertidumbre descrita por una distribución de probabilidad basada en el conocimiento de valores pasados.

De acuerdo con los enfoques mencionados anteriormente es posible distinguir dos tipos de modelos, según Ríos (2008) estos son:

- **Modelos deterministas:** se trata de métodos sencillos en los que no se consideran relevantes las fuentes de aleatoriedad implícita en la serie.

Generalmente tienen menor precisión, ejemplo de modelos son los de promedio móvil en los se la realiza la predicción de la variable basado en el promedio de los “n” valores inmediatamente anteriores.

- Modelos estocásticos: se basan en la descripción simplificada del proceso aleatorio implícito en la serie. Se asume que está conformada de variables aleatorias con una cierta distribución compleja de establecer, por lo que se elaboran modelos aproximados que sean útiles para la generación de predicciones.

7.1.2.3. Áreas de aplicación de la serie de tiempo

Las series temporales son una herramienta utilizada para realizar predicciones por lo cual son empleadas en distintas áreas, según Ríos (2008) algunas de estas son:

- *Economía*: estudio de precios, tasa de inflación, entre otros.
- *Meteorología*: cantidad de lluvia caída en una región, temperatura mínima o máxima diaria, entre otros.
- *Demografía*: tasas de crecimiento demográfico, tasa de mortalidad, entre otros.
- *Geofísica*: series sismológicas
- *Marketing*: evolución de visitas en sitio web, series de venta, entre otros.

7.1.3. Componentes de una serie de tiempo

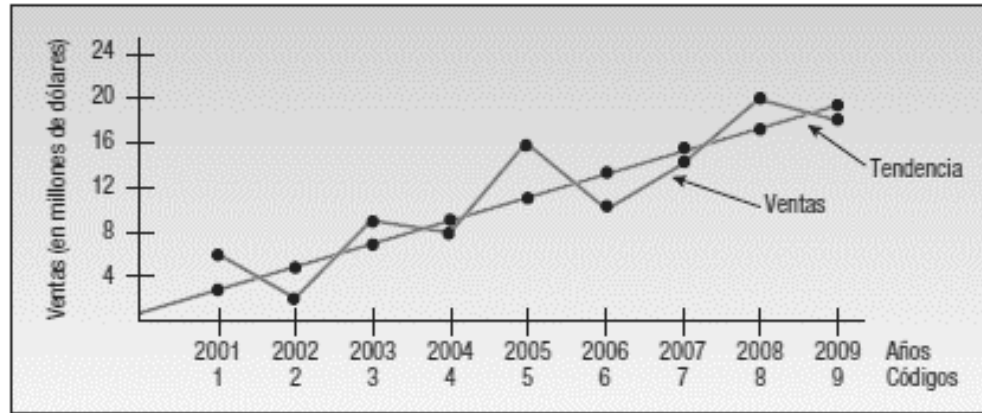
Una serie de tiempo está conformada por cuatro elementos, según Guerrero (2003) estos son, tendencia, variación estacional, variabilidad cíclica e irregularidad.

- Tendencia: según Webster (2000) “Es la conducta a largo plazo de la variable durante un periodo de longitud prolongada, refleja la dirección general de la serie de tiempo como ascendente o descendente”. (p.414)
- Componente estacional: Webster (2000) la describe como “Patrones que tienden a ocurrir de nuevo, regularmente, durante el periodo. Aunque se piensa con frecuencia que las variaciones estacionales ocurren regularmente cada año, el periodo puede ser mucho más corto”. (p.414)
- Variaciones cíclicas: Lind, Whaten y Marchal (2012) lo definen como “Aumento y reducción de una serie de tiempo durante periodos mayores de un año”. (p.606)
- Componente irregular: según Webster (2000) “sucesos inusuales, que producen movimiento sin un patrón discernible”. (p.416)

7.1.3.1. Análisis de tendencia

Entre las componentes que integran la serie temporal, la tendencia representa la dirección a largo plazo, según Levin y Rubín (2004) se pueden utilizar dos métodos para describir la tendencia, el primero es ajustar visualmente una función a un conjunto de puntos en una gráfica, esto permite escoger la que explique mejor el comportamiento de los datos, el segundo consiste en ajustar la tendencia utilizando la técnica de mínimos cuadrados.

Figura 1. **Gráfico con tendencia lineal**



Fuente: Lind, Whaten, y Marchal (2012) *Estadística aplicada a los negocios y economía*.

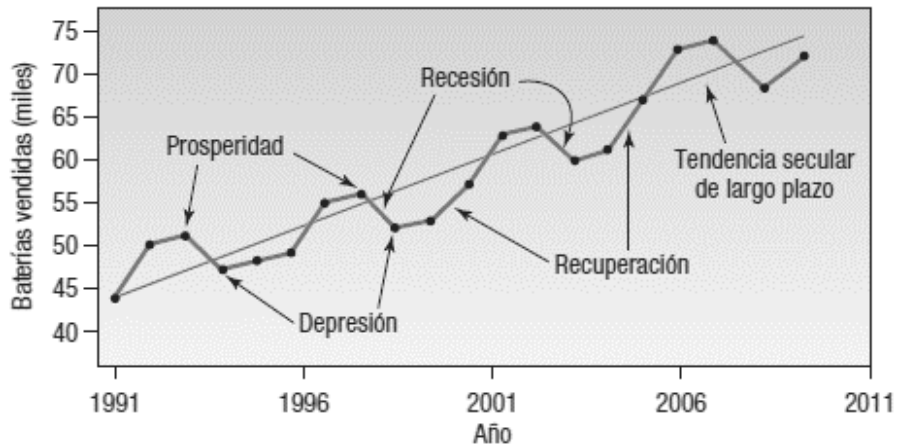
- Método de mínimos cuadrados: según Kendall & Kendall (1997) el objetivo del método es obtener el mejor ajuste, “minimizando la suma de las desviaciones de una recta” (p.426), la línea de mejor ajuste se basa en la ecuación 01. En donde la variable x es cualquier valor del tiempo seleccionado, m es igual a la pendiente y b es el punto de intersección con y .

$$y = mx + b \quad (\text{Ec. 01})$$

7.1.3.2. **Análisis de variación cíclica**

De acuerdo con Levin y Rubín (2004) “la variación cíclica es la componente en la serie de tiempo que se presenta como oscilaciones alrededor de la línea de tendencia en forma periódica mayor a un año” (p. 686), para identificar la variación cíclica es utilizado el método de residuos.

Figura 2. **Gráfico con variación cíclica**



Fuente: Lind, Whaten, y Marchal (2012) *Estadística aplicada a los negocios y economía*

- Método de residuos: consiste en determinar la fracción de la tendencia dividiendo el valor real (Y) entre el valor ajustado (\hat{Y}) para cada uno de los valores de la serie temporal, el resultado se multiplica por 100 tal y como se muestra en la ecuación 02, de esta forma se obtiene un porcentaje de tendencia, con este proceso se aísla el componente cíclico.

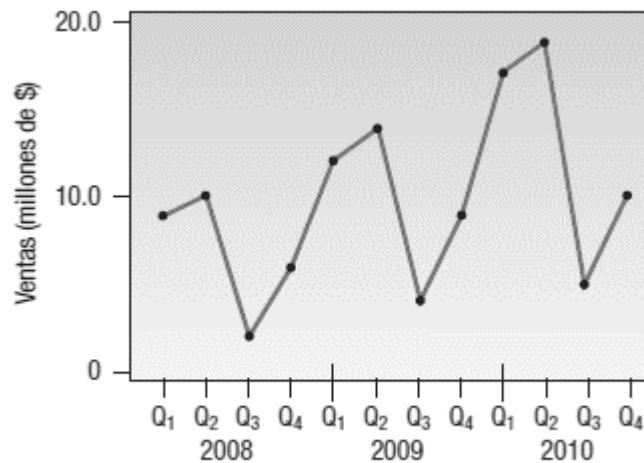
$$\frac{Y}{\hat{Y}} * 100 \quad (\text{Ec. 02})$$

7.1.3.3. Análisis de variación estacional

Según Webster (2000) “las variaciones estacionales son patrones que tienden a ocurrir de nuevo regularmente durante un periodo” (p.414), se piensa muchas veces que ocurre de forma anual pero este periodo se puede modificar, es por ello que se recomienda para la realización del análisis, recolectar los datos

de forma trimestral, mensual o semanal. El método utilizado comúnmente para medir la variación estacional es la razón de promedio móvil.

Figura 3. **Gráfico con variación estacional**



Fuente: Lind, Whaten, y Marchal (2012) *Estadística aplicada a los negocios y economía*.

Razón de promedio móvil: esta técnica ofrece un índice que describe el grado de variación estacional, de acuerdo con Levin y Rubín (2004) el índice está basado en una media de 100 con el grado de estacionalidad medido por las variaciones respecto a la base.

7.1.3.4. Análisis de variación irregular

Según Jesús, Pierdant y Cristina (2014) la componente irregular aparece durante cortos periodos de tiempo, muestra patrones al azar, es muy importante y resulta matemáticamente complicada, es por ello que luego de eliminar la variación por tendencia, cíclica y estacional es necesario analizar las posibles causas que pudieron ocasionar la variación irregular para considerarlas y aislarlas.

7.1.4. Modelos aplicados a la serie de tiempo

Existen diversos métodos que pueden aplicarse a los datos con el fin de evaluar la serie temporal y generar predicciones, algunos de ellos se mencionan a continuación.

7.1.4.1. Modelos de promedio

Los modelos de promedio son una opción económica y sencilla que puede utilizarse cuando no es posible llevar a cabo técnicas más especializadas. Este tipo de técnicas utilizan observaciones pasadas para atenuar fluctuaciones en el corto plazo. (Hanke y Reitsch, 1996).

- Promedio móvil: es uno de los métodos más utilizados debido su practicidad, según Kendall y Kendall (1997) la principal función de los promedios móviles consiste en calcular el promedio aritmético de datos de periodos usando la ecuación 03. Donde N es el número de periodos, para el siguiente periodo se debe eliminar el dato más antiguo y agregar los datos más recientes.

$$M_t = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_N}{N} \quad (\text{Ec. 03})$$

- Promedios móviles ponderados: según Krajewsky y Ritzman (2000) este método permite hacer énfasis en la información reciente, ya que se le asigna una ponderación a cada dato histórico incluido dentro del conjunto de promedios; la suma de las ponderaciones debe dar como resultado 1, para ello se utiliza la ecuación 04. En donde W es la ponderación asignada.

$$M_t = W_t Y_t + W_{t-1} Y_{t-1} + W_{t-2} Y_{t-2} \quad (\text{Ec. 04})$$

7.1.4.2. Suavizamiento exponencial

El objetivo de los métodos de suavizado es permitir que los últimos datos de la serie tengan mayor peso en las predicciones que los valores antiguos, esto se logra permitiendo que los parámetros del modelo de tendencias no sean constantes si no que puedan variar en el tiempo. (Peña, 2010).

Hay varios métodos para suavizar una serie, a continuación, se mencionan algunos:

- Suavizamiento exponencial de Brown: Aguirre (1994) describe que este método tiene como finalidad el filtrado de las fluctuaciones locales de la serie para pronosticar los valores esperados de la variable, está dado por la ecuación 05. Donde Y es el valor real de la serie, \hat{Y}_{t-1} el estimador anterior y α la constante de suavizamiento con valores entre 0 y 1. Utiliza una constante igual a la media serial y asume poca o nula tendencia en la serie.

$$\hat{Y}_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) * \hat{Y}_{t-1} \quad (\text{Ec. 05})$$

- Suavizamiento exponencial de Holt: Hanke y Reitsch (1996) indican que “el método de Holt mitiga en forma directa la tendencia y la pendiente utilizando distintas constantes de suavizamiento para cada una, esta técnica proporciona mayor flexibilidad al seleccionar las proporciones a las que se rastrearán la tendencia y la pendiente” (p.169), las tres ecuaciones que se utilizan en esta técnica son los mostrados a continuación.

- Serie exponencialmente suavizada:

$$A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) * A_{t-1} + T_{t-1} \quad (\text{Ec. 06})$$

- La estimación de la tendencia:

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (\text{Ec. 07})$$

- El pronóstico de p periodos en el futuro:

$$\hat{Y}_{1+p} = A_t + pT_t \quad (\text{Ec. 08})$$

donde A_t es el nuevo valor suavizado, α es la constante de suavizamiento con valores entre 0 y 1, β la constante de atenuación de la estimación de la tendencia con valores entre 0 y 1, T_t la estimación de la tendencia y p los periodos a pronosticar en el futuro.

- Método Holt Winter: Montero (2007) indica que es una variante del método de Holt creado para realizar predicciones en series con tendencia aproximadamente lineal y con influencia de la variación estacional, dependiendo del esquema de agregación elegido para la tendencia y la variación estacional se menciona el método Holt Winter multiplicativo o

aditivo. Para ambos casos la componente irregular interviene de forma aditiva en el modelo. El método consiste en tres ecuaciones de suavizado, una para cada parámetro, estos se indican a continuación.

- Serie exponencialmente suavizada:

$$A_t = \alpha \frac{Y_t}{E_t - L} + (1 - \alpha) * A_{t-1} + T_{t-1} \quad (\text{Ec. 09})$$

- La estimación de la tendencia:

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (\text{Ec. 10})$$

- El factor estacional:

$$E_t = y \frac{Y_t}{A_t} + (1 - y) * E_t - L \quad (\text{Ec. 11})$$

donde $E_t - L$ es el factor estacional del año anterior y α , β , y son constantes de suavización entre 0 y 1. Para la ecuación 11 se utiliza la serie sin tendencia, es decir el factor estacional se obtiene a partir de una serie en la que se ha eliminado la tendencia.

7.1.4.3. Metodología de Box-Jenkins

Esta metodología es ampliamente explicada en el trabajo de Hanke y Reitsch (1996), quienes exponen lo siguiente:

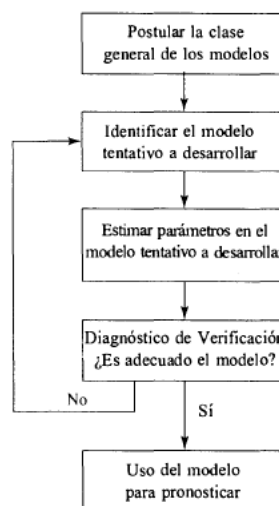
El método Box-Jenkins de pronóstico es un tanto diferente a otros, ya que en esta técnica no se asume ningún patrón particular en los datos de la serie a

pronosticar. Utilizan un enfoque iterativo de identificación de un modelo a partir de modelos de tipo general, el modelo seleccionado se verifica contra los datos históricos para observar si describe la serie con precisión. Un indicador de que el modelo se ajusta bien es si los residuos entre el modelo de pronóstico y los puntos de datos históricos son reducidos, aleatorios e independientes. (p. 431)

Los modelos mencionados son los conocidos modelos ARIMA, que constituyen una herramienta fundamental en las técnicas actuales de previsión. Para desarrollar los modelos ARIMA es necesario contar con una sucesión de datos cronológicos comprobando antes su estabilidad o aplicando las transformaciones necesarias para obtener dicha estabilidad. (De La Fuente, Pino, y Pareño, 1995)

La filosofía de este método consiste en dividir el proceso en cuatro etapas, como se indica en la figura 4.

Figura 4. **Proceso de previsión del método**



Fuente: Hanke y Reitsch (1996). *Pronósticos en los negocios*.

- Modelos autorregresivos: Aguirre (1994) describe que un modelo autorregresivo no estacional de orden 1, o de primer orden, representado por AR(1) para una serie Y_t viene dado por la ecuación 12, donde Y_{t-1} es el valor que toma la variable en el instante de tiempo inmediatamente anterior, el coeficiente ϕ_1 representa el peso o grado de influencia del valor anterior, la variable a_t es un elemento aleatorio en el momento (t).

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + a_t \quad (\text{Ec. 12})$$

Un modelo autorregresivo de orden 2 representado como AR(2), para una serie Z_t viene dado por la ecuación 13, la interpretación es la misma que el modelo anterior, la diferencia es que el valor que tome la variable dos instantes de tiempo antes ($t - 2$) influye en el valor de la variable en cada instante de tiempo.

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + a_t \quad (\text{Ec. 13})$$

Y así sucesivamente el modelo autorregresivo general o de orden p , representado como AR(p) sobre una serie Y_t viene dado por la ecuación 14.

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \phi_p Y_{t-p} + a_t \quad (\text{Ec. 14})$$

- Modelos de promedio móvil: un modelo de promedio móvil toma la forma de la ecuación 15, donde W es el peso específico, Y_t la variable dependiente y a_t el residuo o error. En estos modelos la variable dependiente Y_t depende de los valores previos de los residuos, en vez de la misma variable. Los modelos (MA) ofrecen pronósticos de Y_t con base a una combinación lineal de errores anteriores. (Hanke & Reitsch, 1996)

$$Y_t = W_0 + a_t - W_1 a_{t-1} - W_q a_{t-q} \quad (\text{Ec. 15})$$

- Modelos autorregresivos de promedio móvil: los modelos AR y MA pueden combinarse para formar un tercer tipo de modelo general llamado ARIMA, para ello se combinan las ecuaciones 14 y 15 formando la ecuación 16. Estos modelos ARIMA (pq) ofrecen mayor potencial para ajustar modelos que no pudieron ajustarse con los modelos AR y MA aplicados por separado. (Hanke & Reitsch, 1996)

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t - W_1 a_{t-1} - W_2 a_{t-2} - \dots - W_q a_{t-q} \quad (\text{Ec. 16})$$

7.2. Pronósticos de ventas

Según Heizer y Render (2004) pronosticar es “el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros” (p.104).

Hanke y Wichem (2006) indican que siempre ha existido la necesidad de pronosticar, sin embargo, en los últimos años se ha incrementado su uso, así como la dependencia de métodos que implican técnicas de manipulación de datos.

7.2.1. Horizonte de tiempo de los pronósticos

En los pronósticos el horizonte de tiempo se refiere al intervalo de tiempo futuro que abarca la predicción, Heizer y Render (2004) consideran las siguientes categorías:

- Corto plazo: se utiliza comúnmente para el planeamiento de compras, programación de trabajo y decisión respecto a niveles de producción, el intervalo de tiempo es de uno a tres meses.
- Mediano plazo: se utiliza para planear ventas, producción y presupuesto el intervalo de tiempo es de tres meses a un año.
- Largo plazo: tienden a utilizarse para planear nuevos productos, gastos de capital o ampliación de instalaciones y su proyección es mayor a tres años.

7.2.2. Métodos para establecer un pronóstico

Render, Stair y Michael (2006) mencionan que los pronósticos pueden clasificarse en tres categorías, las cuales se describen a continuación.

- Modelos de series temporales: estos tratan de pronosticar el futuro haciendo uso de datos históricos, trabajan bajo el supuesto de que los acontecimientos del futuro están en función de lo que ocurrió en el pasado.
- Modelos causales: consideran variables que podrían influir en el pronóstico, este tipo de modelos también pueden incluir datos de ventas pasadas como los de series de tiempo, pero también incluye otros factores, el análisis de regresión es el modelo de este tipo más habitual.

- Modelos cualitativos: estos se basan en factores de juicio o subjetivos, pueden considerarse opiniones de expertos, experiencias, juicios individuales, entre otros. Su uso es útil cuando es complicado obtener datos cuantitativos exactos, las cuatro técnicas más comunes son: el Método Delphi que es un método iterativo que se basa en un panel de expertos con el objetivo de llegar a un consenso. El juicio de opinión ejecutiva en donde son consideradas las opiniones de los directivos. La consulta a vendedores en donde cada vendedor considera el nivel de ventas que puede alcanzar de acuerdo a su segmentación, clientes, entre otros. Y por último la investigación de mercados de consumo, para su aplicación es necesario conocer la opinión de los consumidores respecto a sus compras futuras, esta técnica además de preparar un pronóstico permite mejorar el producto.

7.2.3. Selección de una técnica de pronóstico

Para seleccionar una técnica de pronósticos es necesario evaluar el tipo de producto, objetivos de la organización y algunos limitantes como costos, tiempo o experiencia. (Hanke y Wichern, 2006).

Render, Stair y Michael (2006) mencionan que independientemente del método empleado para ejecutar el pronóstico, se utilizan ocho pasos generales, estos son:

- Determinar el uso del pronóstico
- Seleccionar los elementos o cantidades que se quiere pronosticar
- Determinar el horizonte del tiempo
- Seleccionar el modelo o modelos de pronósticos
- Reunir la información necesaria para hacer el pronóstico

- Validar el modelo del pronóstico
- Realizar el pronóstico
- Implementar los resultados

Hanke y Wichern (2006) mencionan que un factor relevante que influye en la elección de una técnica de pronósticos adecuada es entender los patrones de la serie de datos como, tendencia, variación cíclica o estacional, también nos sugiere las técnicas que pueden utilizarse para datos estacionarios, con tendencia, estacionales y cíclicos, las cuales se indican a continuación.

- Técnicas de pronósticos para datos estacionarios: es una serie estacionaria cuando el valor medio de los datos se mantiene a través del tiempo, para estos casos las técnicas más adecuadas son, modelos autorregresivos (ARMA), promedio simple, modelos Box-Jenkins y promedio móvil.
- Técnicas de pronósticos para datos con tendencia: cuando los datos presentan tendencia, es decir que el valor medio varía través del tiempo se recomienda el uso de técnicas como promedio móvil, modelos autorregresivos integrados de promedio móvil (ARIMA), regresión simple, suavizamiento exponencial lineal de Holt y curvas de crecimiento exponenciales
- Técnicas de pronósticos para datos estacionales: cuando el patrón de la serie cambia de forma periódica se dice que es estacional y las técnicas que deben considerarse incluyen: los modelos clásicos de descomposición, censo x-12, de suavizamiento exponencial de Winter, ARIMA (métodos Box-Jenkins) y de regresión múltiple.

- Técnicas de pronósticos para series cíclicas: estas series se caracterizan por movimientos oscilatorios alrededor de la tendencia, las técnicas que se recomiendan son, modelos de descomposición clásica, de indicadores económicos, econométricos, de regresión múltiple y ARIMA (métodos Box-Jenkins)

7.2.4. Error de pronósticos

Todas las situaciones en las que se utilicen pronósticos tienen cierto grado de incertidumbre, Krajewski y Ritzman (2000) mencionan que los errores en los pronósticos se clasifican en dos, los cuales se describen a continuación:

- Error de sesgo: resultado de equivocaciones sistemáticas, se observa que los pronósticos siempre son demasiado altos o bajos, regularmente son el resultado de ignorar o no estimar de forma adecuada la tendencia, variaciones estacionales o cíclicas.
- Error aleatorio: es el resultado de factores inadvertidos que obligan al pronóstico a desviarse de la demanda real.

Render, et al. (2006) indican que el error del pronóstico o desviación se define como se muestra en la ecuación 17, donde E es el error del pronóstico, Y el valor real y \hat{Y} el valor pronosticado.

$$E = Y - \hat{Y} \quad (\text{Ec. 17})$$

Hanke y Wichern (2006) mencionan distintos metodos para evaluar las técnicas de pronosticos, estos son:

- Desviación absoluta media (MAD): mide la precisión del pronóstico promediando las magnitudes de los errores, según como se explica en la ecuación 18.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y - \hat{Y}| \quad (\text{Ec. 18})$$

- Error cuadrático medio (MSE): este método consiste en elevar al cuadrado el promedio de los errores, de acuerdo con la ecuación 19.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y - \hat{Y})^2 \quad (\text{Ec. 19})$$

- Error porcentual absoluto medio (MAPE): este método proporciona una indicación del tamaño de los errores del pronóstico con respecto a los valores reales, es útil cuando los valores de Y son grandes, la ecuación 20 muestra cómo se calcula.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (\text{Ec. 20})$$

- Error porcentual medio (MPE): este método es útil para determinar si un método de pronóstico tiene sesgo, si el pronóstico no tiene sesgo entonces el valor del MPE será cercano a 0, si el resultado es un porcentaje alto negativo entonces significa que el método sobreestima y por el contrario si el resultado es un porcentaje alto positivo, entonces el método subestima, el cálculo se determina según la ecuación 21.

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(Y - \hat{Y})}{Y} \quad (\text{Ec. 21})$$

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Series de tiempo

2.1.1 Análisis previo de los datos

2.1.2 Generalidades de la serie de tiempo

2.1.2.1 Objetivo de las series temporales

2.1.2.2 Enfoques de la serie de tiempo

2.1.2.3 Áreas de aplicación de las series de tiempo

2.1.3 Componentes que integran una serie de tiempo

2.1.3.1 Análisis de tendencia

2.1.3.2 Análisis de variación cíclica

2.1.3.3 Análisis de variación estacional

2.1.3.4 Análisis de la variación irregular

2.1.4 Modelos aplicados a la serie de tiempo

- 2.1.4.1 Modelos de promedio
 - 2.1.4.2 Suavizamiento exponencial
 - 2.1.4.3 Metodología de Box-Jenkins
 - 2.2 Pronósticos de ventas
 - 2.2.1 Horizonte de tiempo de los pronósticos
 - 2.2.2 Métodos para establecer un pronóstico
 - 2.2.3 Selección de una técnica de pronóstico
 - 2.2.4 Error de pronósticos
- 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
- 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

En esta sección se presentará un conjunto de métodos que describen la forma en que se pretende desarrollar la investigación.

9.1. Tipo de estudio

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, ya que consiste en la construcción de una base de datos concerniente a las ventas obtenidas en los últimos seis años, esta será analizada para predecir el comportamiento futuro de las mismas utilizando análisis de series temporales.

El alcance es descriptivo y correlacional, dado que se busca en primer lugar describir las características y tendencias de la serie temporal para luego predecir las ventas a mediano y corto plazo a partir de las ventas generadas en los últimos seis años.

El diseño adoptado será no experimental, pues la información de las ventas se analizará en su estado original sin ninguna manipulación; además será longitudinal de tendencia, pues se analizará el comportamiento de las ventas a lo largo de los años 2015-2020

9.2. Unidades de análisis

La población en estudio estará conformada por las unidades vendidas de una empresa distribuidora de equipo industrial en Guatemala durante el periodo 2015-2020, la cual se encuentra dividida en subpoblaciones dadas por los tipos

de equipos. La población será estudiada en su totalidad por lo que no se realizarán muestreos.

9.3. Variables

Las variables se describen en la siguiente tabla:

Tabla I. **Variables del estudio**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Unidades vendidas (Uv)	Cantidad de artículos vendidos durante un periodo determinado (Variable dependiente, cuantitativa-discreta).	Numero entero referente a unidades de equipo industrial vendidas mensualmente.
Tiempo (t)	Periodo de duración en el que se desarrolla una acción o suceso. (variable independiente, cuantitativa-continua)	Numero entero con el que se representan los meses

Fuente: elaboración propia.

9.4. Fases del estudio

A continuación, se describen las fases que se llevarán a cabo para ejecutar el estudio

9.4.1. Fase 1: exploración bibliográfica

Se realizará la lectura de distinta bibliografía para ampliar la información relacionada con diferentes aspectos teóricos y técnicos concernientes a las ventas y series temporales, con el objetivo de fundamentar la información a utilizar en la investigación.

9.4.2. Fase 2: gestión o recolección de la información

Se solicitará a la empresa la información histórica de las ventas realizadas en el periodo 2015-2020.

9.4.3. Fase 3: elaboración de base de datos

Se construirá una base de datos en Excel con el objetivo de organizar la información de manera que pueda utilizarse para llevar a cabo el estudio.

9.4.4. Fase 4: análisis de información

Con la base de datos construida se comprobarán los supuestos de normalidad, homocedasticidad, homogeneidad e independencia. Los cuales se verificarán de forma gráfica y teórica.

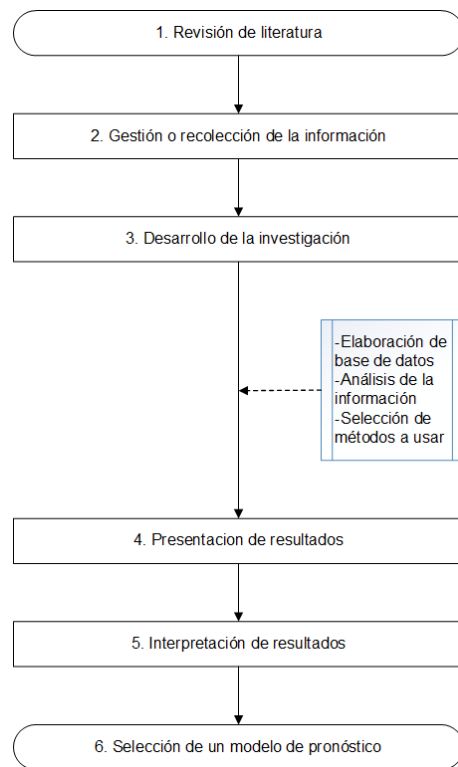
Para el estudio de la serie de tiempo se analizarán las principales propiedades, tales como estacionalidad, tendencia, presencia de valores atípicos, entre otras, estas se verificarán de manera gráfica y teórica.

Una vez se analizaron los supuestos y propiedades se procederá a construir los modelos utilizando las metodologías Box Jenkins y Holt Winter y se validará el resultado de ambos.

9.4.5. Fase 5: interpretación de información

Al obtener el resultado de los análisis realizados a la serie de datos, se interpretarán y se discutirán, estableciendo el aporte de cada uno y se llevará a cabo la selección del modelo que presente mayor ajuste a las características de los datos.

Figura 5. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

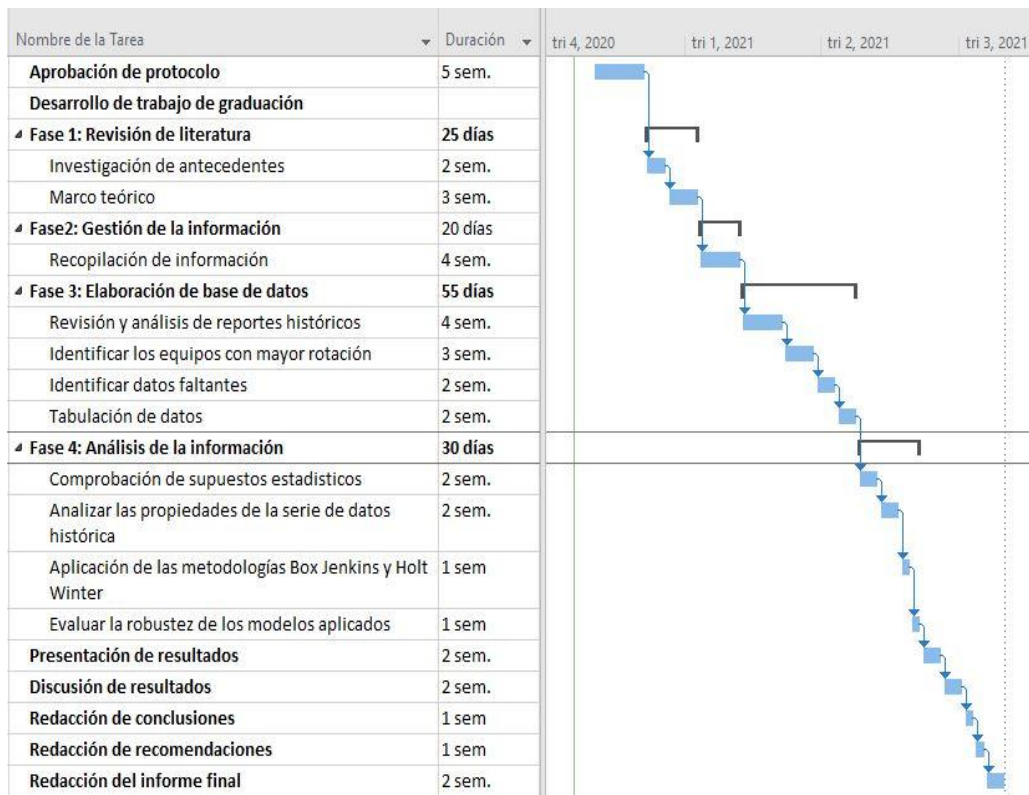
A lo largo del desarrollo del trabajo de investigación se utilizarán diferentes tipos de pruebas estadísticas que permitan el adecuado análisis de los datos sometidos a estudio. A continuación, se muestran las pruebas por utilizar:

- Pruebas de normalidad: se utilizarán la prueba de Kolmogórov-Smirnov, así como el histograma y el gráfico QQ-plot, para inferir si la distribución de los datos de las unidades vendidas se ajusta a una distribución Normal. Con base en ello se seleccionará la aplicación de análisis paramétrico o no paramétrico. Las pruebas se mencionan en el punto 7.1.1 del marco teórico.
- Prueba de tendencia: se utilizará la prueba de correlación de Spearman o de Pearson según corresponda, adicional a esto se elaborará un gráfico de autocorrelación para inferir el grado de asociación entre unidades vendidas y el tiempo y con ello determinar la existencia de tendencia en la serie de datos. Las pruebas se mencionan en el punto 7.1.1 del marco teórico.
- Pruebas de homogeneidad: se utilizará el test F para detectar la existencia de cambios en la varianza de los datos de las unidades vendidas en el periodo 2015 a 2020. Con base en ello se comprobará la estabilidad de la serie a lo largo del tiempo, además servirá para inferir sobre la estacionariedad de la misma. La prueba se menciona en el punto 7.1.1 del marco teórico.

- Prueba de independencia: se utilizará la prueba de Anderson para comprobar si los datos de las unidades vendidas son aleatorios e independientes. Con base a ello se tomarán decisiones en la elección de modelos que incrementen la exactitud de la predicción. La prueba se menciona en el punto 7.1.1 del marco teórico.
- Series de tiempo: se utilizarán la metodología Holt-Winter y Box-Jenkins para crear predicciones con los datos y determinar cuál de ellos tiene un mayor ajuste. Las metodologías se mencionas en el punto 7.1.4 del marco teórico.
- Validación de modelos: se utilizarán los métodos MAPE, MAD Y MSE para las mediciones de error de pronóstico y con ello determinar qué modelo es el más robusto. Los métodos se mencionas en el punto 7.2.4 del marco teórico.

11. CRONOGRAMA

Figura 6. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Debido a que, en cada una de las fases propuestas para el desarrollo de este estudio se cuenta con los recursos necesarios para la ejecución, es posible decir que es factible la realización de la investigación y cumplir con cada uno de los objetivos.

Los reportes y documentación histórica relacionada a las ventas serán prestados por la parte interesada.

Tabla II. **Recursos necesarios para el estudio**

No.	Recurso	Descripción del gasto	Costos
1	Humano	Inversión del tiempo del investigador	Q 2,000.00
2	Humano	Asesor del trabajo	Q 2,500.00
4	Tecnológico	Infostat	Q 4,000.00
5	Tecnológico	Rstudio	Q 640.00
6	Tecnológico	Minitab	Q 10,000.00
7	Tecnológico	Microsoft Office	Q 168.00
8	Acceso a la información y permisos	Base de datos de la parte interesada	Q 0.00
9	Equipo	Depreciación de laptop	Q 500.00
Total			Q 19,808.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1.

Aguirre, A. (1994). *Introducción al tratamiento de series temporales Aplicación a las ciencias de la salud*. Madrid, España: Diaz De Santos, S.A.

2. Balluerka, N., y Vergara, A. I. (2002). *Diseños de Investigación Experimental en Psicología*. Madrid: Pearson Educación. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=F6g6mEqC8CIC&pg=PA46&dq=su+puesto+de+normalidad&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjw7YLIucTsAhWH2FkKHfoUDpIQ6AEwAnoECAgQAq#v=onepage&q=su+puesto%20de%20normalidad&f=false>

3. Berenson, M. L. (1996). *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones*. Mexico: Pearson, Educación.

4. Brockwell, P., y A., R. (2016). *Introduction to Time Series and Forecasting* (tercera ed.). Nueva York, Estados Unidos: Springer. doi:10.1007/978-3-319-29854-2

5. Cáceres, R. (2007). *Estadística aplicada a las ciencias de la salud*. España: Diaz de Santos. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=V2ZosgPYI0kC&pg=PA499&dq=normalidad+estadística&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjZ9IKjucTsAhWRpFkKHZgEAwsQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=normalidad%20estadística&f=false>

6. Campos Aranda, D. F. (2015). Búsqueda de tendencias en la precipitación anual del estado de Zacatecas, México; en 30 registros con más de 50 años. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, XVI(3), 355-368. Recuperado [tps://www.redalyc.org/articulo.oa?id=404/40440683004](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=404/40440683004)
7. Carrión, A. (2011). *Análisis de Series Temporales y Técnicas de previsión*. Valencia, Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/31656405_Analisis_de_series_temporales_tecnicas_de_prevision_A_Carrion_Garcia
8. Castro, L., y Carvajal, Y. (2010). *Análisis de Tendencia y Homogeneidad de Series Climatológicas*. *EIDENAR*(9), 18-25. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231116434002.pdf>
9. De La Fuente, D., Pino, R., & Pareño, J. (1995). *Métodos cuantitativos de previsión*. España: Universidad de Oviedo.
10. Guerrero, V. (2003). *Análisis Estadístico de Series Temporales Económicas* (Segunda ed.). Mexico: International Thomson Editores.
11. Guevara, J., y Moreno, L. (2016). *Modelos de pronóstico para las ventas semanales en la empresa Américas BPS en la campaña ETB*. Fundación Universitaria Los Libertadores, Departamento de Ciencias Básicas. Bogotá: Fundación Universitaria Los Libertadores. Recuperado de <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/683/GuevaraJavierAlfredo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

12. Hanke, J., y Reitsch, A. (1996). *Pronósticos en los negocios*. Mexico: Pearson, Educación.
13. Hanke, J., y Wichern, D. (2006). *Pronósticos en los negocios* (Octava ed.). Mexico, Mexico: Pearson, Educación.
14. Heizer, J., y Render, B. (2004). *Principios de administración de operaciones* (Quinta ed.). Mexico, Mexico: Pearson, Educación.
15. Jesús, R., Pierdant, A., y Cristina, R. (2014). *Estadística Aplicada II Estadística en administración para la toma de decisiones*. Mexico: Grupo Editorial Patria .
16. Kendall, K., y Kendall, J. (1997). *Análisis y Diseño de sistemas* (Tercera ed.). Mexico, Mexico: Pearson Educación.
17. Krajewski, L., y Ritzman, L. (2000). *Administración de Operaciones, Estrategía y análisis*. (Quinta ed.). Mexico: Pearson Educación.
18. Levin, R., y Rubin, D. (2004). *Estadística para administración y economía* (Séptima ed.). Mexico: Pearson, Educación.
19. Levy, J.-P., y Varela, J. (2006). *Modelización con Estructuras de Covarianzas en Ciencias Sociales*. España: Netbiblo. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=WEfC1TGVJBgC&pg=PA31&dq=supuesto+normalidad&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwizyZOatMnsAhUkzlkKHX_pCRAQ6AEwBHoECAQQAg#v=onepage&q=supuesto%20normalidad&f=false

20. Lind, D., Whaten, S., y Marchal, W. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y economía* (Quinta ed.). Mexico: McGraw-Hill
21. Menacho, C. (2013). *Comparación de los métodos de series de tiempo y redes neuronales*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima: Comparación de los métodos de series de tiempo y redes neuronales. doi:<http://dx.doi.org/10.21704/ac.v75i2.960>
22. Montero, J. (2007). *Estadística Descriptiva*. Madrid, España: THOMSON.
23. Montes, E., Calvete, F., y Mantilla, C. (2016). Aplicación de Series de Tiempo en la Realización de Pronósticos de producción. *El reventó energético*, 14(1), 79-88.
24. Moreno, E. (2008). Predicción con series de tiempo y regresión. *Panorama*, 2(4), 36-58. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4780125>
25. Murillo, J., Trejos, A., y Carvajal, P. (23 de Diciembre de 2003). *Estudio de pronóstico de la demanda de energía eléctrica, utilizando modelos de series de tiempo*. *Scientia et Technica*, 3(23), 37-42. doi:<http://dx.doi.org/10.22517/23447214.7379>
26. Nojek, S., Britos, P., Rossi, B., y Garcia Martinez, R. (2003). *Pronóstico de Ventas: Comparación de Predicción basada en Redes*. Buenos Aires: Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Paola_Britos/publication/228487341_Pronostico_de_Ventas_Comparacion_de_Prediccion_basada_en_Rede

s_Neuronales_versus_Metodo_Estadistico/links/02bfe50ed9c7e165d200000/Pronostico-de-Ventas-Comparacion-de-Prediccion-basad

27. Otero, J. (1993). *Econometría Series temporales y predicción*. (V. d. Serna, Ed.) Madrid, España: Editorial AC.
28. Peña, D. (2010). *Análisis de series temporales*. Madrid: Alianza Editorial, S.A.
29. Pérez, L. (2017). *Procedimiento para el pronóstico de ventas de la empresa de materiales de construcción las tunas*. UNIVERSIDAD DE LAS TUNAS, FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS. Las Tunas: Universidad de las Tunas. Recuperado de <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/4095/1/Leonardo%2520Rafael%2520P%25E9rez%2520Molina.pdf>
30. Render, B., Stair, R., y Michael, H. (2006). *Métodos cuantitativos para los negocios* (Novena ed.). México: Pearson, Educación.
31. Rial, A., & Jesús, V. (2008). *Estadística Práctica para la investigación en ciencias de la salud*. España: Netbiblio. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=5KdXV7lxHIEC&pg=PA32&dq=supuestos+estadisticos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjEzY6qtsTsAhWM1VkkHaEVB7IQ6AEwBHoECAAQAg#v=onepage&q=supuestos%20estadisticos&f=false>
32. Rios, G. (2008). *Series de Tiempo*. Universidad de Chile, Departamento de Ciencias de la Computación. Chile: Universidad de Chile.

33. Rosendo Rios, V. (2018). *Investigación de mercados: Aplicación al marketing estratégico empresarial*. Madrid: ESIC. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=LI9RDwAAQBAJ&pg=PA337&dq=normalidad,+independencia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwji89CEzcnsAhWutlkKHb9yBpcQ6AEwAnoECAMQAg#v=onepage&q=normalidad%2C%20independencia&f=false>
34. Serrano Gallego, R. (2003). *Introducción al análisis de datos experimentales: Tratamiento de datos en bioensayos*. España: Universitat Jaume. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=NLUVJTK7EIoC&pg=PA67&dq=supuesto+de+independencia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwik4pKUwMnsAhWts1kKHWPABFoQ6wEwAnoECAEQAQ#v=onepage&q=supuesto%20de%20independencia&f=false>
35. Webster, A. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Colombia: McGraw-Hill.