



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA
LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE
CARNE DE RES**

Alan Geovany Aguilar Higueros

Asesorado por la Mtra. Mayra Virginia Carvajal Castillo

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA
LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE
CARNE DE RES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALAN GEOVANY AGUILAR HIGUEROS

ASESORADO POR LA MTRA. MAYRA VIRGINIA CARVAJAL CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola de López
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE CARNE DE RES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 19 de febrero de 2019.

Alan Geovany Aguilar Higueros



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: **DISEÑO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE CARNE DE RES**, presentado por el estudiante universitario Alan Geovany Aguilar Higueros, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAR A TODOS


Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2020

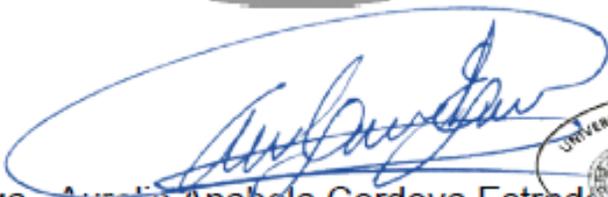


Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.077.2023

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 EL DISEÑO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE CARNE DE RES**, presentado por: **Alan Geovany Aguilar Higueros**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

Guatemala, 22 de noviembre de 2019.

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí.
Director de la Escuela de Estudios de Postgrado. FIUSAC.
Presente.

Estimado Maestro Álvarez Cotí:

Deseándole éxitos en sus labores diarias me dirijo a Ud.

Por medio de la presente hago de su conocimiento que Alan Geovany Aguilar Higueros, estudiante de la Maestría en Estadística Aplicada, quien se identifica con carné número 2250115300101, me ha presentado el protocolo de su trabajo de graduación titulado "Diseño de un modelo de pronóstico para la elaboración del plan de producción de una empresa procesadora de carne de res", solicitando mi asesoría para la realización de dicho estudio.

Luego de revisar el documento que contiene la propuesta de investigación, manifiesto que le doy mi aprobación y acepto asesorar en forma Ad-Honorem al estudiante Aguilar Higueros, comprometiéndome a brindar el apoyo necesario para el desarrollo exitoso del estudio propuesto.

Sin otro particular, me suscribo a sus respetables órdenes.

Atentamente,



Mayra Virginia Carvajal Castillo
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 15,165

M.A. Inga. Mayra Virginia Carvajal Castillo
Maestro en Estadística Aplicada

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme permitido cumplir con una más de mis metas.
Mi madre	Ruth Higueros, por ser mi guía durante toda la vida, mi infinito agradecimiento por su amor y apoyo.
Mi familia	Por sus enseñanzas y consejos a lo largo de mi vida, así como su apoyo incondicional.
Mi esposa	Por su amor, compañía y apoyo para alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi segundo hogar y mi fuente de conocimiento.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme desarrollar mi pasión por la ciencia y brindarme conocimiento para toda la vida.
Escuela de estudios de posgrado	Por brindarme nuevos conocimientos para realizar este diseño de investigación.
Mis amigos	Por su apoyo y acompañamiento durante todos los años de estudio.
Mis catedráticos	Por todo el conocimiento compartido y la pasión hacia la ingeniería durante cada curso impartido. Por ser mi alma mater entre otras cosas.

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	9
5. OBJETIVOS	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
7. MARCO TEÓRICO	15
7.1. Series de tiempo	15
7.1.1. Tendencia	16
7.1.2. Estacionalidad	16
7.1.3. Ciclicidad	17
7.1.4. Aleatoriedad	18
7.1.5. Autocorrelación	19
7.1.6. Metodología ARIMA	20

	7.1.6.1.	Análisis de residuos	22
	7.1.6.2.	Pronósticos con metodología ARIMA	23
7.2.		Planificación de la producción	23
	7.2.1.	Plan maestro de producción	24
	7.2.2.	Demanda	25
	7.2.2.1.	Planificación de la demanda	26
		7.2.2.1.1. Pronósticos de la demanda.....	26
	7.2.3.	Programación de la producción	27
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	29
9.		METODOLOGÍA	31
	9.1.	Tipo de estudio.....	31
	9.2.	Unidades de análisis	31
	9.3.	Variables	31
	9.4.	Fase de estudio	32
	9.4.1.	Fase 1: revisión de la literatura	33
	9.4.2.	Fase 2: gestión o recolección de la información.....	33
	9.4.3.	Fase 3: análisis de la información	33
	9.4.4.	Fase 4: estimación de proyecciones	33
	9.4.5.	Fase 5: informe final	34
10.		TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	35
11.		FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	37
12.		REFERENCIAS	39

13. APÉNDICES..... 43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tendencia de una serie de tiempo	16
2.	Variaciones estacionales de una serie de tiempo	17
3.	Variaciones cíclicas de una serie de tiempo	18
4.	Diagrama de flujo para el desarrollo de un modelo ARIMA	21
5.	Enfoque del plan maestro de producción en tres estrategias de proceso.	25
6.	Pronóstico ajustado a una tendencia de datos	27
7.	Diagrama de Gantt utilizado en la programación de producción	28

TABLAS

I.	Variables de estudio	32
II.	Inversiones	37

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ϕ_i	Coefficiente de autorregresión
r_k	Coefficiente de correlación
ε_t	Error en el tiempo
χ^2	Estadístico Chi-Cuadrado
K	Periodos de estudio en el tiempo
Q	Símbolo de moneda quetzal
Σ	Sumatoria
t	Tiempo

GLOSARIO

Adimensional	Variable que carece de dimensionales. Se considera únicamente su valor numérico.
ARIMA	Es una metodología para estimar datos en series de tiempo. Se realiza mediante análisis gráfico de la serie de datos, describiendo su comportamiento y construyendo un modelo de pronóstico. Es un modelo autorregresivo de medias móviles.
Cíclico	Que refiere a un ciclo de datos.
Diagrama de Gantt	Metodología grafica de planificación de actividades en un marco temporal.
Grados de libertad	Variable de análisis estadístico, que representa el número de valores asignados de forma arbitraria con el fin de compensar un resultado.
Microsoft Excel	Aplicación para la realización de hojas de cálculo en ofimática.
Minitab	Software de análisis estadístico de aplicación.
R	Software de análisis estadístico de aplicación.

RESUMEN

Con la finalidad de optimizar los procesos de planificación, es necesario conocer de forma acertada la información que se utiliza para hacer los pronósticos e interpretarla de la manera más apropiada. Para la industria alimenticia este es un proceso crítico, debido a la caducidad de sus productos.

El objetivo de utilizar una metodología de pronóstico, es poder llegar a un punto óptimo entre la planificación y la demanda de producción, para poder llevar estos procesos a niveles confiables. Las series temporales, como técnica de análisis histórico de datos, se presentan como una excelente opción de estimación de pronósticos, adicional que sustentan de una forma metodológica las decisiones que deban ser tomadas en consideración, para crear un modelo de análisis de la demanda.

Aquí se detalla la metodología utilizada para el análisis de series de tiempo, con los datos históricos recopilados en periodos de tiempo, que permitirán una comprensión del fenómeno, comprendiendo las fases del diseño del estudio, revisión y análisis de la información, para luego hacer una proyección de los resultados obtenidos. Permitiendo seleccionar el modelo más apropiado, mediante estudios de resultados proyectados y análisis de residuos. Sustentando así un modelo de pronóstico de producción, de forma que se cuente con una herramienta de predicción acertada y confiable.

1. INTRODUCCIÓN

Una empresa procesadora de carne de res, para la fabricación de productos cocinados con varios años de presencia en el mercado guatemalteco y de reciente ingreso al mercado centroamericano, presenta problemas de cumplimiento a sus clientes extranjeros, esto debido a que los pedidos se reciben con tres días de anticipación y no se cuenta con pronósticos de demanda, por lo que se propone elaborar un plan de producción que se ajuste a las necesidades cada uno de sus clientes mediante pronósticos de demanda.

Las series de tiempo son técnicas que, a través de datos recolectados, buscan predecir acontecimientos futuros mediante pronósticos. Utilizan datos históricos semanales de demanda de los últimos tres años, se busca analizar el comportamiento de los datos a lo largo del año para obtener un pronóstico de demanda y mejorar el proceso de planificación, el cual está directamente relacionado con la efectividad en la producción y cumplimiento a los clientes.

El objetivo de estimar pronósticos de demanda es disminuir los incumplimientos a clientes y contar con información confiable para elaborar el plan de producción anticipándose al pedido de cada cliente del área centroamericana. Esto se traduce en eliminar cambios por urgencias durante la fabricación de los productos, traslados adicionales de materiales y despachos a clientes fuera de programación.

Se plantea realizar los pronósticos mediante series de tiempo, utilizando la metodología ARIMA. Para esto se realizará un análisis gráfico de la serie de datos, se describirá su comportamiento y se intentará determinar la existencia de

las cuatro componentes de las series de tiempo. Se calcularán los coeficientes de autocorrelación para determinar la estacionalidad de la serie y buscar una estimación inicial de los factores (p, d, q) del modelo ARIMA.

El informe final del estudio constará de cuatro capítulos: el primero, es un marco referencial sobre antecedentes en donde han sido utilizadas las series de tiempo y el modelo ARIMA para la estimación de la demanda futura en diferentes ámbitos; el segundo capítulo, un marco conceptual en el que se detallan los fundamentos estadísticos de series de tiempo y los fundamentos específicos de la planificación de producción; en el tercer capítulo, se presentarán los resultados del estudio, en donde se incluye el pronóstico de demanda y, mediante análisis de residuos, se elegirá el modelo con los factores que brinde el mejor pronóstico; el análisis de estos datos obtenidos conformará el capítulo cuatro y por último, se elaborarán las conclusiones y las recomendaciones para el caso de estudio.

2. ANTECEDENTES

Los pronósticos son una herramienta muy importante en varios ámbitos y el sector industrial no es la excepción, especialmente dentro de la cadena de suministros, ya sea para saber las cantidades que se producirán, las cantidades de materiales e insumos que se obtendrán o para saber el espacio necesario en bodegas para almacenaje. Debido a esto, los pronósticos se han vuelto imprescindibles en las diferentes áreas de planificación.

Como lo menciona, Martin (2017) se utiliza la estadística para extrapolar información histórica en el futuro. Las herramientas estadísticas permitirán generar automáticamente pronósticos para todos los meses dentro del horizonte de planificación, dependiendo de la volatilidad del mercado, del comportamiento de la demanda, y la capacidad de respuesta ante cambios en esta.

Como dice, Contreras, Atzity, Martínez y Sánchez (2016) quienes con base a datos históricos semanales de productos perecederos y con necesidad de cámara frigorífica, como en este caso de estudio, y utilizando técnicas como promedio móvil y suavización exponencial lograron obtener pronósticos que permitieron mejorar la utilización de las cámaras frigoríficas y minimizar la incertidumbre en las operaciones a través del área de planificación.

Un caso muy similar a este fue desarrollado por Sánchez, Cabañas, Abad y Torres (2014) pero esta vez realizaron pronósticos para la manufactura de lácteos, utilizaron datos mensuales desde el año 2000 al año 2010, estimaron y validaron la producción de leche para el año 2011 con un nivel de confianza del 95 %.

Como lo mencionan Ruiz, Hernández y Zulueta (2011) también mediante los datos históricos de las zafras de un ingenio desde 1949 hasta 2006, aplicaron series de tiempo para pronosticar los datos del volumen de cosecha del periodo 2006-2007, obtuvieron un pronóstico con una precisión del 94 %, utilizaron el modelo autorregresivo de medias móviles.

Un ejemplo más de series de tiempo es presentado por Delgadillo, Ramírez, Leos, Salas y Valdez (2016) para el pronóstico de rendimientos de granos básicos, utilizaron modelos como el ARIMA, para la producción de maíz, con datos históricos anuales de más de un siglo. Se obtuvieron pronósticos muy importantes para el análisis estadístico de la producción de los granos básicos contra el aumento de demanda.

Gracias a la descomposición de las series de tiempo, estas se pueden utilizar en cualquier escenario, siempre que se cuente con datos reunidos sobre una línea cronológica, como lo demuestran Murillo, Trejos y Carvajal (2003) en el estudio pronóstico sobre la demanda de la energía eléctrica, en el cual logran predecir los consumos de los municipios de Colombia usando el modelo ARIMA.

Un caso más del modelo ARIMA, es desarrollado por Ceballos y Pire (2015), en el cual logran estimar precios por tonelada de arroz para tratar de ajustarlo al precio internacional y planificar de forma óptima la toma de decisiones.

Una variante del modelo ARIMA, en el que los datos únicamente tienen componente estacional es el modelo SARIMA, utilizado por Sánchez (2018) para la determinación de un modelo de pronóstico para la producción mensual de cacao, dicho modelo fue evaluado durante los años 2017 y 2018, en donde se obtuvieron errores de aproximadamente 5 %.

Por otro lado, Alonso y Gallo (2015) plantean un modelo de regresión lineal con forma semilogarítmica para resolver un caso de pronósticos para la demanda del producto estrella de una empresa panificadora. Mediante este análisis obtienen un modelo que permite pronosticar la demanda del siguiente periodo pero que podría presentar sesgo.

Se podría afirmar entonces que las series de tiempo brindan pronósticos más acertados que otros métodos, esto lo comprueban Montes, Calvete y Mantilla (2016) en un estudio de pronósticos para la producción de productos de petróleo, ya que las series de tiempo además de la tendencia también toman en cuenta las componentes cíclicas, estacionales e irregulares de los datos.

En síntesis, mediante las series de tiempo es posible analizar las componentes y el comportamiento de datos históricos, para que a través de ellos se puedan estimar pronósticos certeros, en este caso, de demanda de productos cárnicos refrigerados.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En una empresa guatemalteca procesadora de carne de res para la producción de productos cocinados, el área de planificación de producción es la encargada de recibir pedidos de clientes nacionales desde hace más de veinte años y de clientes extranjeros centroamericanos desde hace tres años, tiempo durante el cual se ve afectado el indicador de cumplimiento de órdenes de producción y despachos, y en efecto, la satisfacción de los clientes. Esto se debe a los cambios necesarios que deben hacerse en el plan de producción y al corto tiempo disponible para reaccionar a los pedidos de clientes centroamericanos.

La empresa se enfrenta al reto de planificar los pedidos de los clientes centroamericanos con un tiempo de cinco días desde la recepción del pedido hasta la fecha de entrega. Esto es debido a que el tipo de fabricación utilizado es *make to order* o fabricación contra pedido, y a la falta de pronósticos de demanda que permitan al departamento de planificación anticiparse a los pedidos, ocasionando cambios frecuentes en el plan de producción, que a su vez incurren en el pago de horas extraordinarias y generando incumplimientos de hasta 10 % de los pedidos, en función de la temporada del año.

Este problema afecta al área de planificación de producción de la empresa, específicamente a las líneas de productos congelados y los pedidos de clientes extranjeros del área centroamericana.

Esto lleva al planteamiento de la pregunta principal del estudio: ¿qué modelo estadístico, con la utilización de series de tiempo, permite generar

predicciones para pedidos de clientes centroamericanos que ayuden a elaborar un plan de producción que se ajuste a las necesidades de los clientes?

Para dar respuesta a esta pregunta se deberán contestar las siguientes interrogantes auxiliares:

- ¿Cómo se comporta la demanda del producto durante cada semana del año?
-
- ¿Cómo se comportan las componentes de la serie de tiempo de la demanda?
-
- ¿Qué modelo de pronósticos se ajusta a la demanda del producto?

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enmarca en el campo de planificación de producción en el área de pronósticos, dado que actualmente no se cuenta con pronósticos de demanda para la fabricación del producto de exportación. Se debe reaccionar a los pedidos únicamente con cinco días de anticipación a la fecha de entrega, lo cual genera atrasos en las entregas y se incurre en costos adicionales de fabricación.

Al concluir el estudio se obtuvieron tendencias y datos predichos de demanda por semana necesarios para cada producto de exportación, con el fin de realizar el plan de producción que anticipe los pedidos de los clientes, reduciendo de gran manera la cantidad de modificaciones a dicho plan y el incumplimiento de los pedidos, de este modo, mejorará considerablemente el tiempo de respuesta, que es uno de los factores determinantes para la satisfacción de los clientes.

5. OBJETIVOS

- General

Diseñar un modelo de pronóstico de demanda para el producto de exportación, a través de series de tiempo con la utilización la metodología ARIMA mediante datos históricos y la evaluación de sus componentes, para elaborar el plan de producción cumpliendo con las necesidades de los clientes.

- Específicos

- Analizar gráficamente el comportamiento de la demanda del producto durante cada semana del año para identificar su comportamiento.
- Describir las componentes de las series de tiempo del producto a través de su descomposición para la selección de un modelo ARIMA.
- Estimar el modelo ARIMA con mejor certeza para la demanda del producto y analizar la calidad de sus predicciones mediante análisis de residuos para justificar su selección.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Se cubrió la necesidad de tener un pronóstico de demanda de clientes centroamericanos de forma semanal, para poder elaborar el plan de producción evitando la espera de los pedidos de cada cliente centroamericano, el cual actualmente se recibe con cinco días de anticipación a la fecha en que se debe entregar el producto terminado.

Mediante los datos históricos de los pedidos de clientes centroamericanos, se evaluó el comportamiento de la demanda durante cada semana del año y su tendencia a través de cada año. Mediante series de tiempo y evaluando sus componentes de tendencia, estacionalidad, ciclicidad e irregularidad de los datos, se estimará un modelo de pronóstico de demanda con la utilización de la metodología ARIMA para evitar la alteración de los planes de producción cuando se encuentren terminados.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Series de tiempo

Según Hanke y Wichern (2010) “Una serie de tiempo consiste en datos que se recopilan, registran u observan durante incrementos sucesivos de tiempo” (p. 62). Es decir, es una recopilación de datos ordenados durante incrementos consecutivos de tiempo, sin importar la escala de medición de este. Como se observa en la figura 2, a cada medición de la unidad de interés le corresponde un valor puntual en la escala de tiempo.

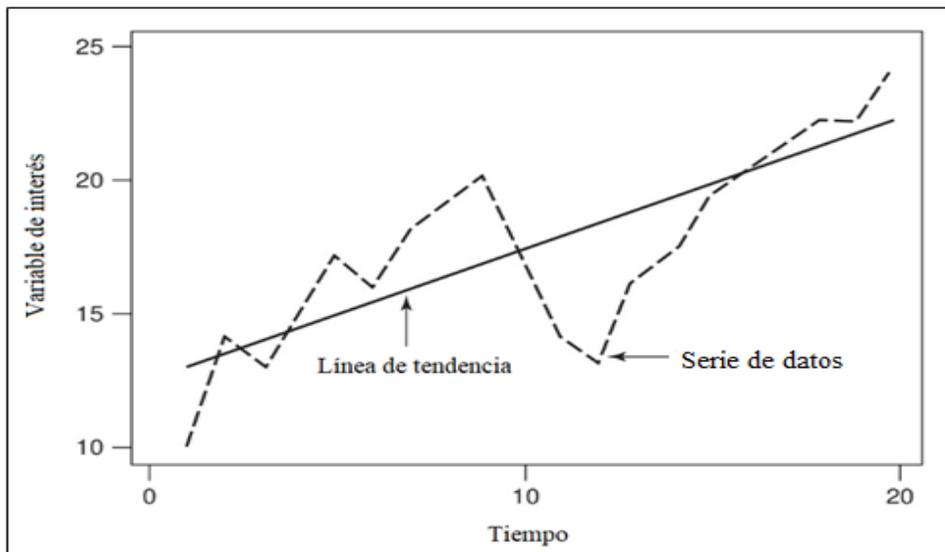
Las series de tiempo tienen dos grandes utilidades, la primera es describir eventos mediante el comportamiento de una serie de datos registrados a través del tiempo, analizando las componentes de la serie de tiempo para determinar si hay eventos cíclicos, aleatorios, estacionales o si los datos presentan una tendencia de crecimiento o decaimiento. La segunda utilidad consiste en pronosticar eventos futuros con cierto nivel de confianza, basándose en el comportamiento de los datos registrados.

Como ya se mencionó Webster (2000) “Todas las series de tiempo contienen al menos uno de los siguientes cuatro componentes: a) tendencia secular o simplemente tendencia; b) variación estacional; c) variación cíclica; d) variación irregular o aleatoria” (p. 413). De esta forma, una serie de tiempo puede no estar compuesta solamente de una de estas componentes, sino de la combinación de dos, tres o las cuatro, lo que da como resultado la serie de tiempo final.

7.1.1. Tendencia

La tendencia es el comportamiento de la variable de interés a través un periodo de tiempo extenso, como lo indica Webster (2000) “La tendencia refleja la dirección general de la serie de tiempo como ascendente o descendente” (p. 414), como se visualiza en la figura 1, y pesar de los valores extremos que presenta la serie de tiempo, la línea sólida representa la dirección general de la serie en la ventana de tiempo observado.

Figura 1. Tendencia de una serie de tiempo



Fuente: Hanke y Wichern (2010). *Pronósticos en los negocios*.

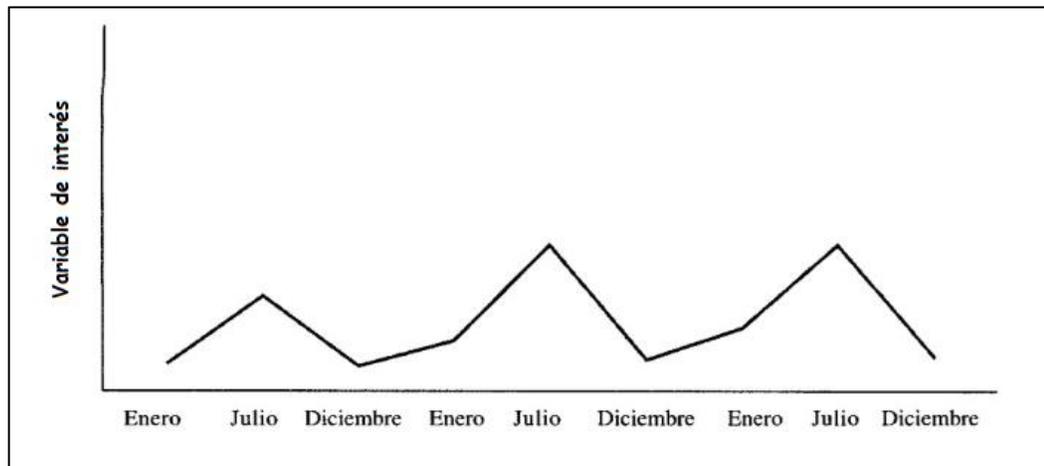
7.1.2. Estacionalidad

La estacionalidad de una serie de tiempo se compone por patrones de cambio que se repiten constantemente cada cierto intervalo de tiempo, es muy

importante determinar el periodo de estacionalidad, pues este puede variar según el fenómeno de estudio, podría ser quinquenal, anual, mensual, entre otros.

En la figura 2 se ejemplifica una serie de tiempo con estacionalidad anual, se representan los datos de una variable de interés durante un periodo de tres años, en la cual es posible observar un incremento desde enero hasta julio, donde se alcanza el punto máximo, seguido de un decremento a partir de julio hasta diciembre, en donde se alcanza el punto mínimo, y este patrón se repite durante el periodo de tres años.

Figura 2. **Variaciones estacionales de una serie de tiempo**



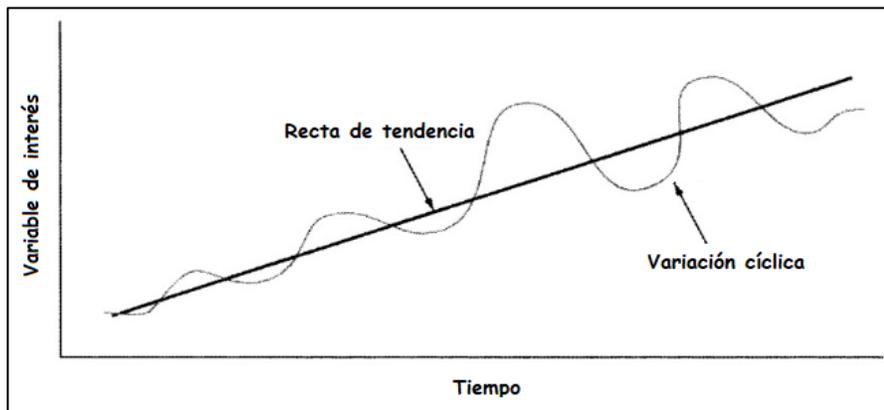
Fuente: Webster (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*.

7.1.3. **Ciclicidad**

La variación cíclica o ciclicidad “Es la fluctuación con forma de onda alrededor de la tendencia, indica aumentos y caídas que no tienen un periodo fijo” (Hanke y Wichern, 2010, p. 63). Sin embargo, las variaciones cíclicas suelen

ser más extensas que las variaciones estacionales. La figura 3 ilustra estas características, mostrando el comportamiento ondular descrito anteriormente alrededor de la línea de tendencia.

Figura 3. **Variaciones cíclicas de una serie de tiempo**



Fuente: Webster (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*.

7.1.4. **Aleatoriedad**

La aleatoriedad o irregularidad de una serie de tiempo representa eventos únicos o que probablemente no ocurrirán de la misma manera y generalmente son tratados como errores y son eliminados o reemplazados. Estos datos tampoco se pueden predecir, ya que estas variaciones “Son producidas por sucesos inusuales, que producen movimientos sin un patrón discernible” Webster (2000, p. 416).

7.1.5. Autocorrelación

Se dice que una serie de datos tiene autocorrelación cuando está relacionada consigo misma, es decir, cuando las observaciones sucesivas en el tiempo están relacionadas con sus observaciones anteriores.

Para determinar si una serie de datos presenta correlación, se emplea el coeficiente de autocorrelación r_k , este se calcula mediante la ecuación 1. La utilidad de la autocorrelación en una serie de datos radica en determinar si la serie de tiempo posee componentes de tendencia y estacionales.

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde r_k es el coeficiente de autocorrelación para un retraso de k periodos, \bar{Y} es la media de los valores de la serie, Y_t corresponde a las observaciones en el periodo t , y Y_{t-k} son las observaciones k periodos antes o durante el periodo $t - k$.

La interpretación del coeficiente de autocorrelación, según Hanke y Wichern (2010) es de la siguiente forma: “Si una serie muestra una tendencia, las observaciones sucesivas están altamente correlacionadas y es típico que los coeficientes de correlación sean significativamente diferentes de cero, para los primeros retrasos de tiempo y de forma gradual tienda a cero” (p. 63). Por el contrario, si la serie es aleatoria, los coeficientes de correlación para cualquier retraso serán cercanos a cero.

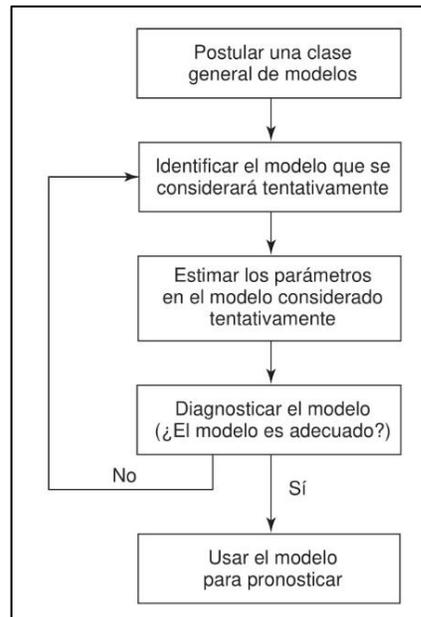
7.1.6. Metodología ARIMA

Los modelos ARIMA o modelos autorregresivos integrados de promedio móvil, se utilizan para la estimación de pronósticos tomando como base los patrones históricos de series de datos. Por lo tanto, un modelo ARIMA no necesita variables independientes para su construcción, utiliza la información de la propia serie a través de la autocorrelación de los datos.

La estimación de pronósticos con la utilización la metodología ARIMA “Es diferente a la de la mayoría de los métodos porque no supone ningún patrón particular en los datos históricos de las series” (Hanke y Wichern, 2010, p. 399), por el contrario, es un método iterativo en el que el modelo resultante se compara con los datos históricos para determinar su exactitud.

La aceptación del modelo se basa en la evaluación de residuos, si estos son pequeños, distribuyen aleatoriamente y no aportan utilidad al modelo, es posible afirmar que el modelo se ajusta satisfactoriamente. En caso opuesto, se realiza una nueva iteración en donde se utilice el modelo obtenido para generar uno nuevo que sea más acorde a la distribución. La metodología para el desarrollo de un modelo ARIMA se ilustra a continuación en la figura 4.

Figura 4. **Diagrama de flujo para el desarrollo de un modelo ARIMA**



Fuente: Hanke y Wichern (2010). *Pronósticos en los negocios*.

“La selección inicial de un modelo ARIMA se basa en examinar una gráfica de la serie de tiempo (para observar su carácter general) y en analizar sus autocorrelaciones para varios retrasos de tiempo” (Hanke y Wichern, 2010, p. 400), esto se realiza con el fin de comparar las autocorrelaciones con los patrones conocidos de autocorrelación de modelos ARIMA en particular y así tener un indicio para iniciar el proceso iterativo.

El modelo ARIMA, como su nombre lo indica, es un modelo que combina términos autorregresivos, diferenciación entre retrasos de tiempo y términos de promedio móvil, siendo su denotación ARIMA (p, q, d), donde “P indica el orden de la parte autorregresiva, d indica el número de diferenciaciones, y q indica el orden de la parte de promedio móvil” (Hanke y Wichern, 2010, p. 408). Su forma general está representada por la ecuación:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_p \varepsilon_{t-p} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde Y_t es la variable dependiente del tiempo, Y_{t-i} es la variable de respuesta retrasada i periodos, ϕ_i son los coeficientes autorregresivos del modelo, ε_t representa el error en el tiempo t , ω_i son los coeficientes de promedios móviles del modelo y ε_{t-i} corresponde al error en el tiempo $t - i$.

7.1.6.1. Análisis de residuos

Una vez obtenido el modelo ARIMA, antes de realizar los pronósticos, es necesario realizar un análisis de residuos, ya que “En esencia, un modelo es adecuado si los residuos no se pueden usar para mejorar los pronósticos. Es decir, los residuos deben ser aleatorios” (Hanke y Wichern, 2010, p. 410).

Para evaluar si el modelo es adecuado se utilizará el estadístico Q de Ljung-Box, el cual se aproxima a una distribución χ^2 (chi cuadrado) con $m-r$ grados de libertad y donde r es la cantidad de parámetros del modelo ARIMA, el estadístico se calcula con la ecuación:

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2(e)}{n-k} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde $r_k^2(e)$ es la autocorrelación de los residuos para el retraso k , n es el número de residuos k corresponde al retraso de tiempo y m indica el número de retrasos que serán evaluados.

El criterio de aceptación para el estadístico consiste en que el valor de Q debe ser mayor al valor de χ^2 para uno menos el valor de significancia y $m-r$ grados de libertad.

7.1.6.2. Pronósticos con metodología ARIMA

Los pronósticos con la metodología ARIMA se calculan mediante la ecuación 2, donde t es el periodo en el que se realizará la estimación. Es posible realizar pronósticos de uno o varios periodos en el futuro, tomando en cuenta que mientras más lejano este el pronóstico en el tiempo, mayor será su incertidumbre.

Al tomar como base los pronósticos del modelo, es posible estimar un intervalo de predicción para el nivel de confianza establecido, obteniendo mayores intervalos de predicción para series de datos de mayor longitud.

Los pronósticos también son útiles para ajustar el modelo utilizado cuando la serie empiece a variar a través del tiempo, “Los datos nuevos se pueden usar para recalcular los parámetros del modelo o, si es necesario, desarrollar un modelo completamente nuevo” (Hanke y Wichern, 2010, p. 411).

Al ser un modelo que combina también términos de promedio móvil, “Es buena idea hacer un seguimiento de los errores de pronóstico. Si los errores más recientes tienden a ser sistemáticamente más grandes que los errores anteriores, tal vez sea el momento de reevaluar el modelo” (Hanke y Wichern, 2010, p.411).

7.2. Planificación de la producción

La planificación de la producción consiste en desarrollar un plan de trabajo para la fabricación de productos comercializados por una empresa, y a través de este, se busca satisfacer la demanda de dichos productos. Este plan, generalmente toma el nombre de plan maestro de producción, en él se contempla la demanda de los productos, compuesta por los pedidos de todos los clientes por cada producto, los recursos necesarios a utilizar, la calendarización de la

producción y otros aspectos generales como la mano de obra, la capacidad instalada, el almacenamiento y la distribución.

7.2.1. Plan maestro de producción

El plan maestro de producción detalla las cantidades que se fabricaran de cada producto y cuándo se hará, tomando en cuenta todas las entradas necesarias para el proceso, como los materiales necesarios, materias primas y sus respectivas cantidades. “El programa maestro de producción nos dice lo que se necesita para satisfacer la demanda y cumplir con el plan de producción. Este programa establece qué artículos hay que producir y cuándo” (Heizer y Render, 2008, p. 154).

El plan maestro de producción depende del tipo de operaciones logísticas, de las negociaciones con los clientes y del tipo de producto que se fabrica, puede contemplar cualquiera de los tres siguientes tipos de fabricación:

- Fabricación contra pedido
- Fabricación contra existencia
- Montaje contra pedido

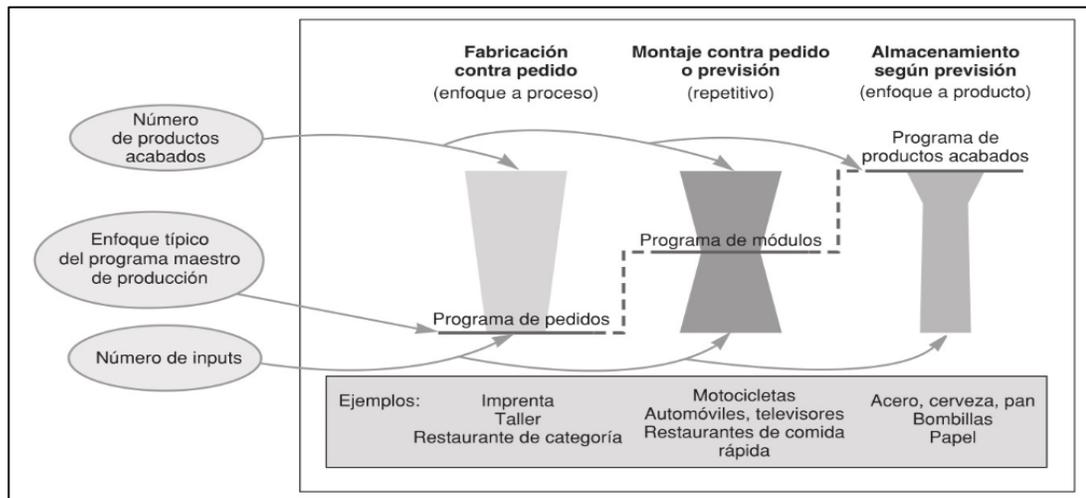
La fabricación contra pedido, de interés para este estudio debido al tipo de producto, consiste en iniciar la fabricación de los productos al momento de recibir el pedido del cliente, este tipo de plan maestro de producción tiene la ventaja de disminuir los costos de almacenamiento, pero se dispone de tiempo limitado para la entrega del producto.

Por el contrario, la fabricación contra existencia consiste en mantener un nivel de inventario establecido e iniciar la producción cuando este disminuya.

Tiene la desventaja de incurrir en mayores gastos de almacenamiento, pero una capacidad de reacción a pedidos más favorable.

Y finalmente, el montaje contra pedido consiste en ensamblar el producto final cada vez que se recibe un pedido, teniendo las piezas en existencia listas para su uso, es evidente que este tipo de fabricación no es aplicable a todo tipo de productos. Los tres enfoques del plan maestro de producción se ilustran en la figura siguiente.

Figura 5. **Enfoque del plan maestro de producción en tres estrategias de proceso**



Fuente: Heizer y Render (2008). Dirección de la producción y de operaciones decisiones tácticas.

7.2.2. Demanda

La demanda de un producto para una empresa está conformada por la suma de todos los pedidos de dicho producto en determinado periodo de tiempo,

por ejemplo: los pedidos de todos los clientes de una empresa, expresados en unidades por semana de determinado producto. El análisis y planificación de la demanda son un factor estratégico para la planificación de producción, debido a que, en base a esta, además de planificar la producción, se planifican los materiales, insumos, mano de obra, logística, entre otros.

7.2.2.1. Planificación de la demanda

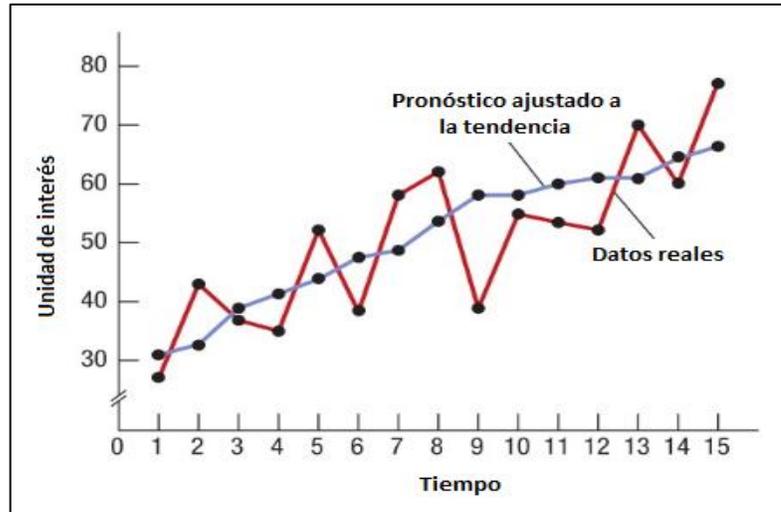
La planificación de la demanda está compuesta por el grupo de acciones realizadas para cubrirla en los productos fabricados por la compañía, esto incluye contemplar estimadores de la demanda futura mediante pronósticos de demanda, “Esta capacidad permite a las compañías que intervienen en una cadena de suministro compartir pronósticos de la demanda, proporcionando así más visibilidad de los requerimientos futuros” (Krajewski *et al.*, 2008, p. 690).

7.2.2.1.1. Pronósticos de demanda

Los pronósticos de demanda son estimaciones de valores futuros de la cantidad de un producto que la compañía espera recibir en determinado periodo de tiempo.

Existen varias formas de realizar estas estimaciones: métodos empíricos donde la demanda se iguala a las ventas de productos similares, algoritmos más elaborados como extrapolaciones o métodos estadísticos más complejos como series de tiempo, las cuales buscan realizar una estimación en base a la tendencia y otras características de los datos. Este último, objeto de este estudio, se ilustra en la figura siguiente.

Figura 6. **Pronóstico ajustado a una tendencia de datos**



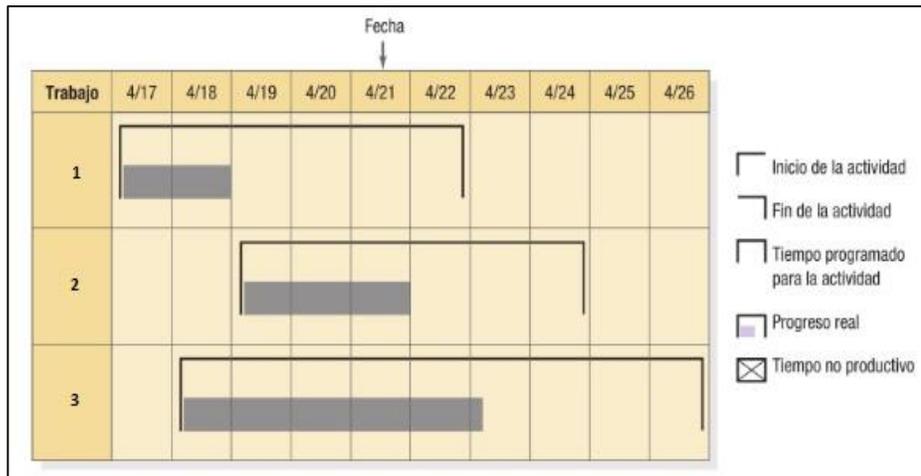
Fuente: Krajewski *et al.* (2008). *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor.*

7.2.3. Programación de la producción

La programación es un elemento esencial de la planificación de producción ya que “Intenta determinar la agrupación y secuencia óptima de las órdenes de manufactura con base en atributos detallados de los productos, capacidades de la línea de producción y flujos de materiales” (Krajewski *et al.* 2008, p. 690).

Existe software especializado para realizar la programación de la producción, con interfaces graficas que permiten dar un seguimiento minuto a minuto de los procesos y las variaciones en estos, sin embargo, es necesaria una licencia para su utilización. Por lo tanto, se abordará el método tradicional, el cual utiliza como base el diagrama de Gantt para plasmar en orden lógico y secuencial los procesos llevados a cabo durante el proceso de fabricación.

Figura 7. **Diagrama de Gantt utilizado en la programación de la producción**



Fuente: Krajewski *et al.* (2008). *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor.*

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 TEÓRICO

1.1. Series de tiempo

1.1.1. Tendencia

1.1.2. Estacionalidad

1.1.3. Ciclicidad

1.1.4. Aleatoriedad

1.1.5. Autocorrelación

1.1.6. Metodología ARIMA

1.1.6.1. Análisis de residuos

1.1.6.2. Pronósticos con la metodología ARIMA

1.2. Planificación de la producción

1.2.1. Plan maestro de producción

1.2.2. Demanda

1.2.2.1. Planificación de la demanda

1.2.2.1.1. Pronósticos de
demanda

1.3. Programación de la producción

2. RECOLECCIÓN DE DATOS

2.1. Estructura de datos

2.2. Limpieza de datos

2.2.1. Imputación de datos

2.3. Construcción de serie de tiempo

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Descomposición de la serie de tiempo

3.2. Parámetros ARIMA

3.3. Exactitud del pronóstico

3.3.1. Periodos a pronosticar

3.4. Discusión de resultados

4. ANÁLISIS DE COSTOS/ANÁLISIS FINANCIERO

4.1. Valor actual neto

4.2. Tasa interna de retorno

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de estudio

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, ya que se analizarán las cantidades de pedidos de clientes durante los últimos años, y a través de series de tiempo, se pronosticarán los valores para los siguientes periodos.

El alcance es descriptivo y correlacional entre en tiempo y la demanda, dado que mediante los datos de pedidos de clientes se realizará una serie temporal, la cual se analizará para pronosticar valores de los siguientes periodos.

El diseño adoptado será no experimental, pues la información de los pedidos semanales de clientes se analizará en su estado original sin ninguna manipulación; además será longitudinal, pues se evaluarán datos de demanda y su tendencia de evolución semanal, pues se analizará el comportamiento de los pedidos durante cada semana del año.

9.2. Unidades de análisis

La población en estudio serán el conjunto de pedidos de los últimos 3 años, los cuales se encuentran divididos en semanales y serán estudiados en su totalidad.

9.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla I. **Variables de estudio**

-	Definición teórica	Definición operativa
Pedido semanal (Y_t)	Es la cantidad de producto pedida por los clientes.	Son números enteros, medidos en unidades por semana (u/semana). Representa la demanda en el tiempo t y es la variable dependiente.
Pronóstico (Y_{t+i})	Es la cantidad de producto pronosticada que realizarán los clientes en el siguiente periodo.	Es un número entero, medido en unidades por semana (u/semana). Representa la demanda estimada en el tiempo t+i y es una variable dependiente.
Tiempo (t)	Es el número de semana del año en la que se realiza un pedido por el cliente.	Es un número entero adimensional, medido desde 1 hasta 52 y representa cada semana del año, es la variable independiente.

Fuente: elaboración propia.

9.4. **Fases del estudio**

El presente estudio se trabajará en cinco fases, siendo estas: revisión literaria, gestión o recolección de la información y análisis de información, estimación de proyecciones e informe final.

9.4.1. Fase 1: revisión de literatura

Se realizará una revisión de varios libros y artículos específicos sobre series de tiempo, econometría, y pronósticos para desarrollar los temas estadísticos, así como libros de ingeniería de la producción, operaciones y cadena de suministro para el desarrollo de los tópicos y términos asociados a los pronósticos de demanda en empresas del ramo industrial.

9.4.2. Fase 2: gestión o recolección de la información

Se solicitarán los datos de pedidos semanales, los cuales representan la demanda del producto de exportación a clientes centroamericanos durante el periodo enero 2016-septiembre 2019.

9.4.3. Fase 3: análisis de información

Con los datos de pedidos semanales, se realizará un análisis exploratorio de la información para determinar cuáles de las componentes de las series de tiempos están presentes en los datos, de igual forma, la existencia de autocorrelación en los datos para la adaptación de la metodología ARIMA. Todo lo anterior se realizará utilizando el software Microsoft Excel, Minitab y R.

9.4.4. Fase 4: estimación de proyecciones

Con los resultados obtenidos se planteará un modelo de serie de tiempo para estimar proyecciones de los pedidos de los próximos periodos en donde se utilizará el método ARIMA, se seleccionará el mejor modelo mediante un análisis de residuos.

9.4.5. Fase 5: informe final

Luego de analizar la información y obtener las proyecciones, se elaborará el informe final, incluyendo las conclusiones y recomendaciones finales.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Al obtener la información para el estudio se realizará un análisis estadístico gráfico y de series de tiempo para obtener pronósticos mediante el modelo seleccionado.

-
- **Análisis gráfico:** se graficará la serie de datos para estudiar su comportamiento a través del tiempo, y con esto analizar si existe tendencia (figura uno), variaciones cíclicas (figura tres), estacionales (figura dos) o comportamiento aleatorio, con el fin de determinar un modelo ARIMA que se ajuste a la serie para iniciar la iteración del modelo.
-
- **Series de tiempo:** se evaluarán las componentes estacional y cíclica, la tendencia y las variaciones aleatorias de la serie de tiempo. Posteriormente, se determinarán los coeficientes de autocorrelación de la serie de datos mediante la ecuación uno para evaluar la existencia de autocorrelación en la serie, y así tener un indicador de los parámetros del modelo ARIMA que se utilizarán. Al obtener los parámetros del modelo ARIMA, se hará un análisis de residuos mediante el estadístico Q de Ljung-Box, en donde se utilizará la ecuación tres para verificar si los residuos del modelo son aleatorios.
-
- **Pronósticos:** con el modelo obtenido en el análisis de series de tiempo en donde se utilizará el modelo ARIMA se estimarán pronósticos de demanda utilizando la ecuación dos, y evaluando que se ajusten a los datos reales de la serie de tiempo para obtener pronósticos confiables.

11. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La inversión necesaria para realizar el estudio será de Q 80.00, en los materiales detallados en la siguiente tabla.

Tabla II. **Inversiones**

Recurso	Precio	Cantidad	Total
Resma de papel bond para impresora	Q 40.00	1	Q 40.00
Encuadernado rígido	Q 20.00	2	Q 40.00
Total			Q 80.00

Fuente: elaboración propia.

Teniendo los recursos suficientes para la investigación, cubiertos por el estudiante, se considera que es factible la realización del estudio.

12. REFERENCIAS

1. Alonso, J. y Gallo, B. (2015). Proyección de demanda: ¿este problema no es normal! Projection of demand: This is not a normal. Sciencedirect. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592314001879>.
2. Anderson, D., Sweeney, D. y Williams, T. (2012). *Estadística para negocios y economía. Distrito Federal*. México: Cengage Learning Editores.
3. Ceballos, S. y Pire, R. (2015). Estimación del precio internacional del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo el modelo ARIMA. Scielo. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000902083&script=sci_arttext.
4. Contreras, A., Atzity, C., Martínez, J. y Sánchez, D. (2016, diciembre). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. Sciencedirect. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592316300754>.
5. Delgadillo, O., Ramírez, P., Leos, J., Salas, J. y Valdez, R. (2016, junio). Pronósticos y series de tiempo de rendimientos de granos básicos en México. Scielo. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662016000300023.

6. Hanke, J. y Wichern, D. (2010). Pronósticos en los negocios. Estado de México. México: Pearson Education.
7. Heizer, J. y Render, B. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones Decisiones tácticas*. Madrid. España: Pearson Educación.
8. Krajewski, L., Ritzman, L. y Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. Estado de México. México: Pearson Educación.
9. Martin, M. (2017). Planificación de la cadena de suministros: desde el S&OP hasta el IBP. Conexión Esan. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2017/10/20/la-planificacion-de-la-cadena-de-suministros/>
10. Montes, E., Calvete, F. y Mantilla, C. (2016). Aplicación de series de tiempo en la realización de pronósticos de producción. El Reventón Energético. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6371161>.
11. Murillo, J., Trejos, A. y Carvajal, P. (diciembre, 2003). Estudio del pronóstico de la demanda de energía eléctrica utilizando modelos de series de tiempo. *Revista Scientia et Technica Año IX 23*, 1-6. Recuperado de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7379/4403>.
12. Newbold, P., Carlson, W. y Thorne, B. (2008). *Estadística para administración y economía*. Madrid. España: Pearson educación.

13. Ruiz, J., Hernández, G., E. y Zulueta, R. (2011). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la producción de caña de azúcar. Scielo. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v29n1/2395-8030-tl-29-01-00103.pdf>
14. Sánchez L., Cabañas, G., Abad, Y. y Torres, V. (2014). Utilización de modelos ARIMA para la predicción de la producción de leche. Estudio de caso en la UBPC Maniabo, Las Tunas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193032133002.pdf>.
15. Sánchez, D. (2018). *Modelo ARIMA para el pronóstico de la producción de cacao en El Perú*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Perú. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11563/S%c3%81NCHEZ%20S%c3%81NCHEZ%2c%20David%20Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
16. Shumway, R. y Stoffer, D. (2006). Time series analysis and its applications with Rexamples. Nueva York, Estados Unidos de América. Springer Science+Business Media. LCC.
17. Webster, A. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw Hill.
18. Wooldridge, J. (2012). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno*. Distrito Federal. México: Cengage Learning Editores.

13. APENDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Investigador:	Alan Geovany Aguilar Higueros
Carné:	201020842
Asesor:	
Coasesor:	

ETAPA 01: LLUVIA DE IDEAS

IDEA, TEMA O ÁREA QUE SE INVESTIGARÁ	AMBIENTE O LUGAR DE ESTUDIO	OBJETO DE ESTUDIO	PROBLEMÁTICA
Serie de tiempo	Área de planificación de producción de una empresa procesadora de carne de res.	Comportamiento de la demanda de clientes extranjeros durante las semanas del año.	La planificación de los pedidos de los clientes centroamericanos se realiza con un límite reducido de tiempo, ocasionando cambios frecuentes en el plan de producción, que a su vez incurren en el pago de horas extraordinarias y generando incumplimientos en los pedidos.

ETAPA 02: ESTADO DEL ARTE Y FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

AUTOR(ES)	TÍTULO	OTROS DATOS	EXPLICACIÓN	POSIBLES ELEMENTOS ÚTILES
Juárez, A. C. <i>et. al.</i>	Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos		Se utilizan series de tiempo para evaluar comportamiento y generar pronósticos de demanda para productos perecederos.	Manejo de datos históricos. Técnicas de pronósticos.
Deigadillo <i>et. al.</i>	Pronósticos y series de tiempo de rendimientos de granos básicos en México		Utiliza el modelo ARIMA a través de software estadístico para la evaluación de datos de más de un siglo.	Modelo ARIMA. Uso de software.
Ruiz <i>et. al.</i>	Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la producción de caña de azúcar.		Utilizando el modelo autorregresivo de medias móviles, logró obtener pronósticos con una precisión del 94%.	Modelo autorregresivo de medias móviles.
Sánchez, D. A.	Modelo ARIMA para el pronóstico de la producción de cacao en El Perú		Mediante el modelo SARIMA estimó pronóstico con errores menores al 5% para la producción de cacao.	Modelo SARIMA.
Montes <i>et. al.</i>	Aplicación de series de tiempo en la realización de pronósticos de producción.		Evaluación de series de tiempo a través de su descomposición.	Componentes de las series de tiempo

Fuente: elaboración propia.

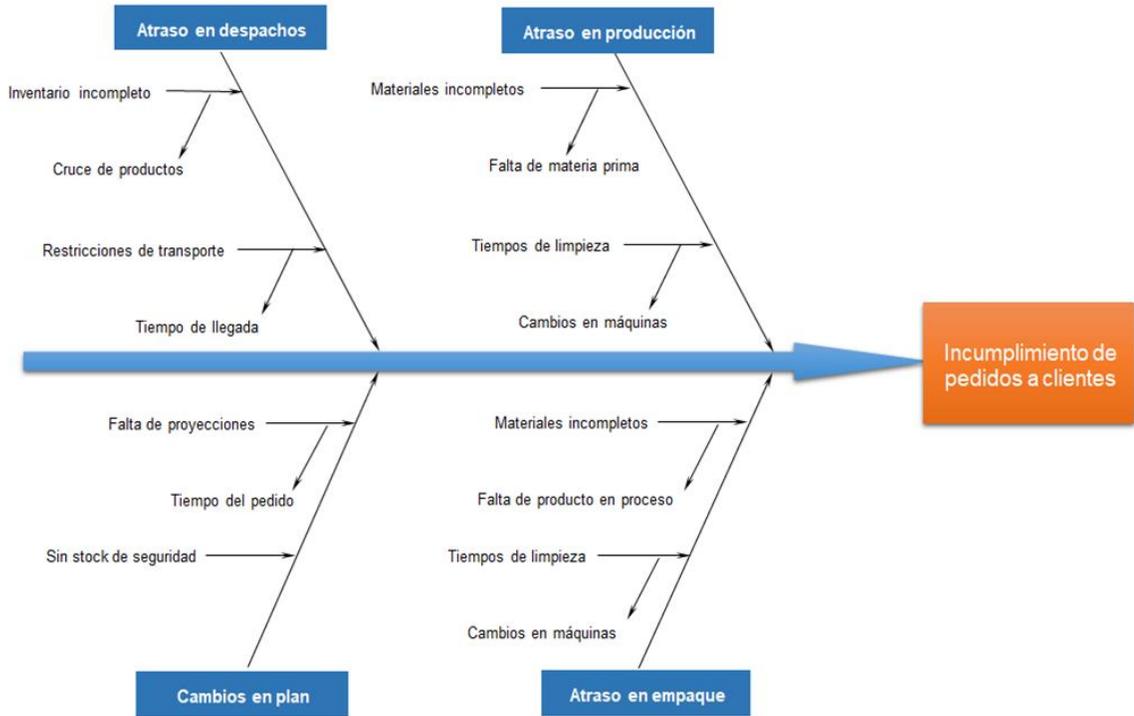
Apéndice 2. Matriz de preguntas de investigación

ETAPA 03: DISEÑO GENERAL

ELEMENTOS	PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS
ESPECÍFICOS	01. Falta de visibilidad del comportamiento de la demanda	01. ¿Cómo se comporta la demanda de cada producto durante cada semana del año?	01. Analizar gráficamente el comportamiento de la demanda de cada producto de clientes extranjeros durante cada semana del año.
	02. Falta de conocimiento sobre cambios en la demanda de cada temporada	02. ¿Cómo se comportan las componentes de las series de tiempo de cada producto?	02. Describir las componentes de las series de tiempo de cada producto para la selección de un modelo de pronóstico.
	03. Sin pronósticos para realizar una adecuada planificación	03. ¿Qué modelo de pronósticos se ajusta a cada producto?	03. Estimar el modelo de pronóstico con mejor certeza para cada producto.
GENERAL	Falta de modelos para estimación de demanda de productos de la compañía.	¿Qué modelo estadístico utilizando series de tiempo permite crear pronósticos para pedidos de clientes centroamericanos que permitan elaborar un plan de producción que se ajuste a las necesidades de los clientes?	Diseñar un modelo de pronóstico de demanda de clientes centroamericanos, a través de series de tiempo utilizando datos históricos, para elaborar el plan de producción cumpliendo con las necesidades de los clientes.

Fuente: elaboración propia.

Apendice 3. Diagrama de Ishikawa del problema



Fuente: elaboración propia.