



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE PRONÓSTICOS DE MATERIAS
PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PREMEZCLAS ALIMENTICIAS PARA ANIMALES**

Juan José Mendoza Raymundo

Asesorado por el MSc. Ing. Walfred Elías Taracena Jiménez

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE PRONÓSTICOS DE MATERIAS
PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PREMEZCLAS ALIMENTICIAS PARA ANIMALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN JOSÉ MENDOZA RAYMUNDO

ASESORADO POR EL MSC. ING. WALFRED ELÍAS TARACENA JIMÉNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

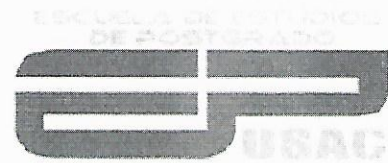
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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 LA INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE PRONÓSTICOS DE MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PREMEZCLAS ALIMENTICIAS PARA ANIMALES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 04 de noviembre de 2013.


Juan José Mendoza Raymundo



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 2418-8000 Ext. 86226

AGS-MGIPP-0033-2014

Guatemala, 24 de octubre de 2014.

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Industrial
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Juan José Mendoza Raymundo** carné número **1999-11882**, quien optó 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 de Gestión Industrial**.

Y si 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 Decimo, 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.

Sin otro particular, atentamente,

“Id y enseñad a todos”

MSc. Ing. Walfred Elías Paracena Jiménez

Asesor(a)



MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.031.015

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 Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE PRONÓSTICOS DE MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PREMEZCLAS ALIMENTICIAS PARA ANIMALES**, presentado por el estudiante universitario **Juan José Mendoza Raymundo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2015.

/mgp



DTG. 121.2015

El Decano 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 LA INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE PRONÓSTICOS DE MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PREMEZCLAS ALIMENTICIAS PARA ANIMALES**, presentado por el estudiante universitario: **Juan José Mendoza Raymundo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 18 de marzo de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el guía de mi camino y por darme la fuerza necesaria para levantarme después de mis tropiezos.
- Mis padres** Por su amor y fe incondicional en mí en todo momento. Mi éxito es suyo.
- Mis hijas** María José y María Jimena Mendoza, benditos luceros que alumbran mi vida día a día, todo mi esfuerzo es por ustedes.
- Mis hermanos** Por acompañarme siempre en mis victorias y derrotas.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi casa de estudios, agradezco la oportunidad que me brindó para mi formación académica.

Facultad de Ingeniería

Por darme las herramientas necesarias a través del conocimiento para desempeñarme como profesional íntegro, no la defraudaré.

Mis tíos y primos

Por su apoyo, por estar juntos compartiendo en familia siempre, los buenos y malos momentos.

Mis mejores amigos

Porque sé que este logro también es de ustedes.

**Mis amigos de la
Maestría**

Germán Samayoa, Pablo Santa María y Marco De la Roca, gracias por acompañarme en esta lucha hasta el final.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	01
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	07
2.1. Descripción del problema	07
2.2. Formulación del problema	08
2.3. Delimitación	08
3. JUSTIFICACIÓN	09
4. OBJETIVOS	11
5. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
6. ALCANCES	15
7. MARCO TEÓRICO	17
7.1. Pronósticos de operaciones en las empresas	17
7.2. Definición de pronósticos	18
7.3. Principios de los pronósticos	19

7.4.	Importancia de los pronósticos	20
7.4.1.	Demanda dependiente	20
7.4.2.	Demanda independiente	20
7.5.	Pronóstico como herramienta de planeación	21
7.6.	Tipos de pronósticos	23
7.7.	Modelos de pronósticos	26
7.7.1.	Pronósticos cualitativos	26
7.7.2.	Pronósticos cuantitativos.....	26
7.7.2.1.	Series de tiempo	27
7.7.2.1.1.	Pronóstico por promedio móvil.....	27
7.7.2.1.2.	Suavización exponencial simple.....	28
7.7.2.1.3.	Método de Holt-Winters.....	28
7.7.2.1.4.	Método de Croston.....	28
7.7.2.1.5.	Método ARMA y ARIMA.....	28
7.7.2.2.	Modelos causales.....	30
7.7.2.2.1.	Modelo económico o econométrico	30
7.7.2.2.2.	Modelo de regresión ..	31
7.8.	Precisión de los pronósticos	31
7.8.1.	Error del pronóstico	32
7.8.2.	Medidas de selección.....	34
7.8.2.1.	Desviación absoluta media (MAD)	34
7.8.2.2.	Cuadrado del error promedio (MSE) .	35
7.8.2.3.	Raíz cuadrada del error promedio (RMSE)	35

7.8.3.	Medidas de interpretación.....	35
7.8.3.1.	Medida del error porcentual (MPE)....	36
7.8.3.2.	Medida del error porcentual en valor absoluto (MAPE).....	36
7.8.4.	Medidas de precisión.....	37
7.8.4.1.	Precisión del pronóstico (FA).....	37
7.8.4.2.	U de Theil	37
7.8.4.3.	Criterio de información de Akaike (AIC)	38
7.8.4.4.	Criterio de información bayesiana (BIC)	38
7.9.	Administración de inventarios	39
7.9.1.	Finalidad de la administración de inventarios	40
7.9.2.	Características y análisis del inventario	40
7.9.3.	Técnicas de administración de inventarios	42
7.9.3.1.	El sistema ABC.....	42
7.9.3.2.	El modelo básico de cantidad económico de pedido (CEP).....	43
7.10.	Industria de elaboración de alimentos para animales	44
7.11.	Productos utilizados en la elaboración de premezclas	45
7.11.1.	Premezclas vitamínico-minerales	45
7.11.2.	Núcleos.....	45
7.11.3.	Sales minerales	46
7.11.4.	Microingredientes	46
7.11.5.	Vitaminas.....	46
7.11.5.1.	Vitaminas liposolubles	47
7.11.5.2.	Vitaminas hidrosolubles.....	48
7.11.6.	Minerales	49
7.11.7.	Aditivo.....	50

7.11.8.	Excipientes o vehículos	50
7.12.	Descripción de las actividades que se realizan en la planta ..	51
7.13.	Descripción de procesos	52
7.13.1.	Proceso de etiquetado	52
7.13.2.	Proceso de medición de microcomponentes y macrocomponentes	54
7.13.3.	Mezclado	55
7.13.4.	Proceso de ensacado	55
7.13.5.	Proceso de empaque	55
8.	ÍNDICE DE CONTENIDOS	57
9.	METODOLOGÍA	59
9.1.	Tipo de investigación	59
9.2.	Técnicas de investigación	60
9.3.	Universo y muestra	60
9.4.	Variables e indicadores	61
9.5.	Procedimientos y técnicas	62
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	67
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	69
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	71
12.1.	Humanos	71
12.2.	Institucionales	71
12.3.	Materiales y equipo	71
12.4.	Presupuesto	72

13.	BIBLIOGRAFÍA	73
14.	APÉNDICES.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Pronóstico como parte integral de la planeación empresarial	22
2.	Patrones de tendencia.....	27
3.	Esquema básico de clasificación de inventarios ABC	43
4.	Comportamiento del modelo de inventario cantidad económica de pedido.....	44
5.	Diagrama de operaciones de procesos.....	56

TABLAS

I.	Medidas de error de pronóstico.....	33
II.	Principales funciones de las vitaminas liposolubles	47
III.	Principales funciones de las vitaminas hidrosolubles.....	48
IV.	Microminerales y sus funciones	49
V.	Variables	61
VI.	Recursos físicos y financieros.....	72

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
e	Error
Kg	Kilogramo
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
Q	Quetzal
Σ	Sumatoria
\bar{Y}	Valor pronosticado

GLOSARIO

Acetilcolina	Es un neurotransmisor presente en el cerebro de los mamíferos que participa en los circuitos de la memoria.
Alimento balanceado	Mezcla de alimentos que contiene todos los ingredientes nutricionales necesarios para cubrir las necesidades de una especie animal específica.
Antioxidante	Es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas.
<i>Batch</i>	Término utilizado para describir procesos no continuos, en los que se requiere operar sobre cantidades no discretas de material.
Cangilón	Recipiente utilizado para transportar materiales en elevadores.
<i>Commodity</i>	Es toda mercancía que sea subyacente en un contrato de futuros de una bolsa de productos establecida.
Electrostacidad	Atracción o repulsión de un cuerpo a otro debido a una carga eléctrica.

Elemento traza	Compuesto químico que es necesario en cantidades ínfimas para el crecimiento, desarrollo y fisiología de un organismo.
Epitelio	Tejido formado por una o varias capas de células unidas entre sí, que puestas recubren todas las superficies libres del organismo.
Fítico	Es la principal forma de almacenamiento de fósforo, es un compuesto antinutricional por formar complejos insolubles con minerales y proteínas convirtiéndolos en no asimilables por el organismo bajo condiciones fisiológicas.
Grupo metilo	Molécula pequeña compuesta por un átomo carbono y tres átomos de hidrógeno. Se agregan a las proteínas o ácidos nucleicos y pueden cambiar la forma en que actúan en el cuerpo.
Higroscópico	Capacidad de una sustancia de absorber humedad del medio circundante.
Lípido	Conjunto de moléculas orgánicas compuestas principalmente por carbono e hidrógeno y en menor medida oxígeno, tienen como característica principal que son insolubles en agua.

RESUMEN

La planeación de ventas y operaciones de una compañía debe basarse en una adecuada estimación de la demanda, para ello existen diferentes metodologías aplicables, una de ellas, es la utilización de pronósticos. Para entender de qué se trata un pronóstico es necesario definirlo: este consiste en la predicción de los eventos futuros basándose en experiencia previa y el comportamiento histórico.

Existen diferentes métodos los cuales son clasificados en dos grandes grupos: pronósticos cualitativos y pronósticos cuantitativos. Los primeros se basan en la experiencia y conocimiento de la materia o el ámbito dentro del cual se quiere pronosticar. Los segundos, sin embargo, se basan de información numérica tomada de la historia de la variable en estudio.

En la industria agropecuaria nacional aún no existe información precisa y concisa, sobre las materias primas que se utilizan en la fabricación de alimento para animales, para poder estimar y realizar un proyección del comportamiento que estas tengan. Es por eso que es necesario el levantamiento de la información de esta industria, para que la planificación de las operaciones sea con mayor certidumbre y así evitar altos desembolsos por faltantes y por excesos de inventario.

La metodología a utilizar en este caso es la prueba de diferentes métodos cuantitativos de pronósticos, sobre una base de datos histórica de períodos mensuales, para determinar cuáles son los métodos idóneos para pronosticar las materias primas que se utilizan en la fabricación de alimento para animales.

Luego de esto se realizará una clasificación de los métodos utilizados y de las materias primas que mayor rotación tengan para establecer un sistema de pronósticos.

Finalmente se determinarán indicadores de rotación de inventarios, índice de roturas de *stock* y las materias primas determinantes por rotación y costo, para que el sistema sea medible y mejorable.

INTRODUCCIÓN

En la industria agropecuaria nacional, específicamente en el sector alimentación animal, la mayoría de materias primas son importadas. Esto genera complicaciones en el abastecimiento.

Una práctica común en este sector es pronosticar con métodos cualitativos, básicamente intuitivos por los profesionales que tienen el expertiz en la industria. Esto conlleva a que exista un gran margen de error y que se tengan inventarios altos y faltantes o roturas de *stock*.

Los pronósticos cuantitativos hacen que se disminuya la brecha de incertidumbre en el mismo. El estudio se enfoca en elaborar un sistema de pronósticos evaluando las tendencias históricas de los comportamientos de cada materia prima. El objetivo principal es implementar el sistema, establecer las materias primas determinantes a través de la clasificación ABC, los índices de roturas de *stock* y el margen de error de aprovisionamiento.

El estudio pretende generar conocimiento para la empresa en donde se realizará y como consulta para la industria, ya que no existen estudios relacionados en el país.

En el capítulo 1 se establecerá la base teórica de la investigación y las diferentes de fases del desarrollo e implementación del estudio.

El capítulo 2 consta de los antecedentes de la empresa para contextualizar el lugar donde será realizada la investigación.

En el capítulo 3 se explican las distintas fases que se llevarán a cabo en el diseño metodológico de la investigación y la propuesta de implementación.

En el capítulo 4 se detalla el establecimiento de los indicadores de seguimiento y mejora alineados a los objetivos de la investigación.

En el capítulo 5 se realizará la discusión de resultados para concluir con el logro de los objetivos propuestos.

1. ANTECEDENTES

Las empresas por la influencia del mercado global enfrentan un sin número de retos y complicaciones en la dinámica de negocios donde se desenvuelven. Esto hace que constantemente se busquen técnicas que permitan reducir esas complicaciones en las áreas de planeación de la demanda, producción, estrategia del negocio, mercadotecnia, comercialización, entre otros. Uno de los factores más importantes en la planeación de la producción de cualquier industria según Tornassey, Happirtr y Castelanin (2002), es contar con un sistema de pronósticos que permita predecir en períodos de tiempo la cantidad suficiente para producir, que satisfaga la demanda.

El pronóstico se define como una predicción de lo que se espera que suceda en el futuro. Es una estimación con cierto grado de probabilidad de ocurrencia. Según Mudik y Schafer (1970), el éxito de cualquier empresa depende en gran parte de la habilidad de sus ejecutivos para predecir y preparar condiciones futuras, mientras más precisos sean los pronósticos de ventas mayor certeza lograrán en la planeación de la demanda.

Existen diversas clasificaciones de los métodos de pronósticos, según Lin (2000) en adaptación a Muddie (1997), se clasifican en: técnicas cualitativas, las cuales se componen de variables de evaluación subjetiva en donde no se cuentan con suficientes datos históricos. Una de ellas consiste en hacer encuestas a ejecutivos del sector a través de la técnica Delphi, luego analizarlas y tomar la decisión del pronóstico. Otro método de esta clasificación, son las técnicas exploratorias, tales como la construcción de escenarios, entre otras.

El otro tipo de esta clasificación lo constituyen las técnicas cuantitativas, las cuales parten de una base de datos histórica. Estos son modelos probabilísticos, los cuales se subdividen en: series de tiempo y modelos causales. En las series temporales se encuentran los métodos: media móvil, extrapolación, media móvil doble, suavización exponencial, método de Box Jenkins, entre otros. En los modelos causales se encuentran: correlación, regresión, modelos econométricos, entre otros. Se puede decir que son los más complejos ya que combinan diversas variables.

Otra clasificación de pronósticos utilizada por la Manchester Business School, definida por Fildes (2006) indica que existen tres enfoques: subjetivo, extrapolativo y causal-estructural. En los métodos subjetivos se encuentran: los de toma de decisiones individuales, comités, encuestas y la técnica Delphi. En los extrapolativos están: la suavización exponencial, descomposición, Box Jenkins y otros. Y, finalmente en los métodos causales y estructurales están: los modelos de regresión, modelos de sistemas simultáneos, simulación y análisis de impacto cruzado.

Independientemente de la clasificación utilizada se puede resumir en dos grandes grupos de pronósticos, los de tipo cualitativo cuando la información no tiene datos históricos comparables, por lo tanto se recurre al conocimiento de expertos en el tema o comités. El otro grupo de métodos son los cuantitativos, los cuales parten de una base de datos histórica. La escogencia del método depende del tipo de comportamiento de la variable, tendencia, estacionalidad y otros. No existe un método único que pueda utilizarse en todos los casos.

En toda evaluación de pronósticos es imperativo medir el margen de error o incertidumbre de la estimación, según Vidal (2003) el error, indica lo cerca que se halla el pronóstico de la demanda real. Para determinarlo en cada

método se evaluará la desviación media absoluta (MAD) y el cuadrado del error medio (MSE). La importancia de medir el error del pronóstico es verificar si el método utilizado es el correcto, es un parámetro para encontrar el idóneo para la variable en estudio, con el objetivo de reducir la brecha existente entre lo pronosticado y lo real.

La industria objetivo de la investigación es la manufactura de premezclas alimenticias para animales. Según la definición de la FAO, premezcla es una mezcla uniforme de dos o más microingredientes con un diluyente y/o un vehículo. Estas son utilizadas para facilitar la dispersión uniforme de los microingredientes en una mezcla mayor. Es preciso mencionar que las premezclas no constituyen un alimento que puede ser suministrado de forma directa a un animal. Es una mezcla inicial que se combinará con otros ingredientes, que formarán el alimento final o alimento balanceado.

Las premezclas se componen de dos grupos: microingredientes y macroingredientes. Según la FAO los microingredientes, lo comprenden: las vitaminas, minerales, medicinas y otras sustancias que normalmente se utilizan en pequeñas cantidades y se miden en miligramos, microgramos o partes por millón (ppm). Los macroingredientes por ende se adicionan en cantidades mayores a las de los anteriores. Los nutrientes del primer grupo son: vitaminas, minerales, enzimas, pigmentos y otros aditivos, con medicamentos o nutracéuticos. Los macroingredientes básicamente lo constituyen los aminoácidos, macrominerales y el excipiente o vehículo.

La variabilidad que existe en la formulación hace que el pronóstico de la demanda de cada ingrediente sea muy complejo. El 90 por ciento de materias primas se importa de diferentes países. Por lo tanto el *lead time* (tiempo de respuesta), es también variable, desde 15 hasta 110 días.

Una condicionante adicional es que hay materias primas que se compran por grupos, tal es el caso de las vitaminas y minerales, estas se consolidan en un solo pedido para ahorrar costos logísticos. Por lo tanto, al momento de evaluar una oferta debe considerarse esta condición, además del origen de los ingredientes para estimar el tiempo de respuesta.

Otro aspecto importante es que se utilizan alrededor de 180 ingredientes, de las cuales pueden utilizarse combinaciones de 15 hasta 45 ingredientes por fórmula y estas difieren para cada cliente. En total hay aproximadamente 250 fórmulas que constituyen los productos terminados, se prevé que se incrementen de acuerdo a la captación del mercado.

Se utilizará una clasificación de materias primas de acuerdo al análisis de inventarios ABC. Vollman, Berry, Whybarck y Jacobs (2005), lo definen como ordenar los artículos según su participación en los costos y esfuerzos administrativos para su control. Se planteará una variante según lo aplicado en el trabajo de Pérez, Mosquera y Bravo (2012) del sector farmacéutico; en el cual los artículos son clasificados en las categorías AAA, A, B, C y otros. Según su importancia en rotación, costo y prevalencia en la formulación del producto terminado, haciendo una analogía al sector de alimentación animal.

Para el estudio se utilizarán técnicas cuantitativas de series temporales y causales, las cuales serán evaluadas en cada una de las materias primas seleccionadas según la clasificación ABC, determinando el método de pronóstico con el menor error, utilizando el cuadrado del error promedio (MSE) como parámetro de comparación.

Finalmente se determinarán los rangos de nivel de inventario sugerido de seguridad, margen de error de aprovisionamiento, lo cual complementará el sistema de pronósticos para que sea medible y mejorable.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

Existen diferentes métodos de pronósticos para estimar ventas, producción, compras y demás enfoques, para predecir lo que sucedería en el futuro cercano. Estos métodos dependen de la base de datos que se tenga y el comportamiento de la variable en el tiempo. Para este estudio en específico los pronósticos son utilizados para estimar las cantidades de compra de materias primas, utilizadas en la fabricación de premezclas alimenticias para animales.

En la empresa hasta ahora se utilizan métodos simples de promedios móviles, lo cual genera un margen de error alto, porque únicamente se toma en cuenta el comportamiento en un corto plazo, no se observan tendencias ni estacionalidades. Se ha identificado la necesidad de implementar en la adquisición de materias primas un sistema de pronósticos, en el cual se analizará el método que se adapte a cada materia prima, tomando en cuenta los factores de: variabilidad de la formulación, tiempos de tránsito, disponibilidad de los proveedores y origen de las materias primas.

Al establecer un sistema de pronósticos que se adecúe a cada materia prima se espera disminuir la brecha existente entre el pronóstico y la demanda real, con el objetivo de evitar roturas de *stock* e inventarios altos.

2.2. Formulación del problema

- Pregunta general de investigación

¿Cuál es el sistema de pronóstico de materias primas que debe utilizarse en la fabricación de premezclas alimenticias para animales?

- Preguntas secundarias

¿Cuáles son las materias primas determinantes por su rotación y costo en la empresa que fabrica premezclas para alimentación animal?

¿Cuál es el margen de error del aprovisionamiento de las materias primas utilizadas en la fabricación de premezclas para alimentación animal?

¿Cuál es la frecuencia de roturas del inventario de materias primas utilizadas en la fabricación de premezclas para alimentación animal?

2.3. Delimitación

- Geográfica: el trabajo de investigación se realizará en la fábrica de premezclas alimenticias para animales ubicada en la zona 12 de la ciudad de Guatemala.
- Temporal: el estudio durará 6 meses y se realizará entre octubre de 2014 a marzo de 2015.

3. JUSTIFICACIÓN

La dinámica del mercado en el nuevo siglo hace que los sistemas de planeación sean más integrados, de tal manera que se incluya el microentorno y el macroentorno, la influencia de la globalización hace que las condiciones del mercado sean muy variables. Constantemente se observan fusiones entre compañías globales o la compra de empresas locales y regionales por empresas multinacionales. Esta corriente hace que se recurran a procesos innovadores de gestión empresarial, basados en la tecnología de los sistemas de información para lograr ser competitivos y subsistir ante estas condiciones.

Existen dos corrientes de gestión de la demanda. La llamada *push*, la cual se basa en el empuje que la empresa hace hacia la demanda. Es decir que se enfoca en el aprovechamiento de economías de escala para producir masivamente y empujar el producto hacia el mercado. La otra corriente llamada *pull*, hace lo inverso; se basa en la demanda, produce y entrega al mercado lo que esta le requiere. Independiente del tipo de estrategia que se utilice se debe contar con un buen sistema de planeación que integre los diferentes ámbitos.

Para las dos estrategias de gestión de la demanda, es importante estimarla para tener un indicio de las materias primas que se utilizarán. Esto se hace a través de los pronósticos, dependiendo del tipo de información que se tenga pueden utilizarse los cualitativos o cuantitativos. Lo importante es establecer qué método es el que debe utilizarse, para elaborar una adecuada planeación de la producción para satisfacer esa demanda.

La industria agropecuaria nacional al igual que otras industrias importa un alto porcentaje de sus materias primas. Para el caso de macroingredientes, sobre todo los *comodities* agropecuarios utilizados en esta industria: maíz, soya, trigo y otros. Se adquieren en el mercado internacional a través del mercado de futuros y lo que marca la pauta es la oferta existente en las diferentes estaciones del año, la producción nacional de estos productos no es suficiente para cubrir la demanda. En el caso específico de los microingredientes no existe esta oferta a nivel local. La totalidad de estas materias primas es comprada en el exterior por lo tanto es necesario estimar la demanda para mantener un adecuado abastecimiento.

Dentro de las líneas de investigación de la Escuela de Postgrados, se encuentra una enfocada en Estrategias de Administración de Inventarios. Esta investigación se encuentra dentro de este enfoque. Da inicio con una clasificación ABC de las materias primas para focalizar el estudio, prueba de los métodos de pronósticos en las materias primas seleccionadas, para establecer los niveles de inventario mínimo sugerido y punto de reabastecimiento que contribuyan a una adecuada administración de inventarios de materias primas.

El estudio se enfocará en un sistema de pronósticos de materias primas utilizadas en la elaboración de premezclas alimenticias para animales, aplicado a la compra de estas. Se evaluarán diferentes métodos cuantitativos de acuerdo a su curva de comportamiento histórico, determinando el método adaptable a cada artículo, de acuerdo al margen de error mínimo. Adicional a esto, se señalarán las materias primas determinantes por su rotación, costo e importancia en la formulación, margen de error de aprovisionamiento y frecuencias de roturas de *stock*.

4. OBJETIVOS

General

Establecer un sistema de pronósticos de materias primas para la fabricación de premezclas alimenticias para animales.

Específicos

1. Establecer las materias primas determinantes por rotación y costo en la fabricación de premezclas alimenticias para animales.
2. Determinar la frecuencia de roturas de *stock* en el aprovisionamiento de materias primas, en la empresa que manufactura premezclas alimenticias para animales.
3. Establecer el margen de error de aprovisionamiento de materias primas para la empresa que fabrica premezclas alimenticias para animales.

5. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad principal a cubrir en la investigación es la de establecer un sistema de pronósticos de materias primas, dentro de la industria de alimentación animal. Al momento no existe un estudio que pueda utilizarse como referencia. Con esto se pretende disminuir la brecha entre la estimación y la demanda real y el impacto económico que conlleva el manejo de los inventarios de materias primas, por exceso o costo de oportunidad por roturas de *stock*.

Los beneficiarios principales de la investigación serán los *stake holders* de la industria o personas relacionadas: empleados, accionistas, comunidad y entidades gubernamentales. Ya que al lograr mayor eficiencia en la administración del inventario y por ende ser más productivos, se logrará tener una industria más competitiva y que el beneficio se derrame sobre los involucrados.

El esquema de solución que se plantea, es una investigación sobre el sistema de estimación de la demanda de materias primas para elaboración de alimento para animales, utilizando la técnica de inventarios ABC. Mediante la cual se categorizarán las materias primas tomando en cuenta su rotación, costo e impacto en la utilización en la fórmula alimenticia.

Posteriormente, se evaluarán diferentes métodos de pronósticos cuantitativos para cada materia prima priorizada, evaluando el margen de error de la estimación comparado con la demanda real durante un período de seis

meses. Estableciendo el sistema de pronósticos de demanda que se adapte a la tendencia que presenta el comportamiento histórico para cada materia prima.

Como seguimiento y mejora continua, se establecerá una revisión periódica del sistema a través del error de estimación, para evaluar en el tiempo si el comportamiento es estable o si es necesario hacer ajustes al método.

Finalmente, se establecerán los índices de margen de error de aprovisionamiento y roturas de *stock*, para proporcionar herramientas de toma de decisiones para la empresa.

6. ALCANCES

El trabajo se rige bajo la línea de estrategias de administración de inventarios, específicamente en la estimación de la demanda de materias primas aplicado a la compra de estas.

Es una investigación aplicada porque el alcance del estudio es en una empresa en particular con condiciones específicas a esta. Por lo tanto, los resultados obtenidos se aplicarán a la mejora de la eficiencia y en beneficio de la organización donde se efectuará.

De acuerdo a la profundidad de las variables y el alcance de los resultados será una investigación de intervención, porque los resultados del estudio podrán ser utilizados para tomar decisiones en la compra de materias primas. Además de establecer indicadores de desempeño para medir el sistema y el comportamiento del inventario.

Por la ubicación de los hechos del estudio puede ser considerada una retrospectiva, porque los datos a evaluar son históricos durante 36 meses anteriores a la elaboración de la investigación. Evaluando la tendencia de las curvas de series de tiempo y seleccionando el método adaptable a esta tendencia.

De acuerdo al período y secuencia del estudio, será longitudinal, debido a que el tiempo es una variable importante del estudio, ya que se evaluarán las tendencias durante los períodos seleccionados.

También puede considerarse explicativa, porque hará una estimación de las variables, es decir se pronosticará su comportamiento en un futuro cercano, partiendo de su comportamiento histórico.

Los conocimientos generados del estudio permitirán a los usuarios de la industria agropecuaria, tener una referencia de cómo aplicar pronósticos en la compra de materias primas y como fuente bibliográfica en el ámbito profesional, porque no existen muchos estudios de este tipo en las universidades del país.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Pronósticos de operaciones en las empresas

La dinámica existente en el ámbito empresarial de las últimas décadas del siglo XX y la primera del siglo XXI, ha resultado en la necesidad de diseñar herramientas administrativas y de gestión que permitan la optimización de la utilización de los recursos en las empresas.

En el campo de la administración de las operaciones poder predecir a tiempo los sucesos futuros del mercado puede significar el éxito del negocio, según lo indican Everet y Ebert (1991). Hay que identificar el tipo de mercado sobre el cual se requiere trabajar, pudiendo ser: potencial, disponible, meta o penetrado.

En este sentido, los pronósticos se han constituido como una de las herramientas más útiles para los administradores, puesto que permiten una estimación futura de la demanda y los recursos de materias primas para poder satisfacerla, como lo indican Anderson, Sweeney y Williams (2004). Los pronósticos permiten estimar presupuestos de compras, contratación de mano de obra y un mejor manejo de inventarios, entre otros.

7.2. Definición de pronósticos

Según lo define el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, pronosticar es el arte y ciencia de predecir acontecimientos futuros. Conocer por algunos indicios el futuro.

Existen diversas definiciones dadas por varios autores, una de ellas es la siguiente: “el pronóstico es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro” (Everet y Ebert, 1991, p. 84).

Otra definición es hacia la formulación de pronósticos: “La formulación del pronóstico es una técnica para usar las experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro” (Chapman, 2006, p. 17). El mismo autor hace aclaración sobre la diferencia de pronóstico y predicción. Indicando que el primero se realiza utilizando información histórica y el segundo es basado en intuición o al azar.

Otra definición es por la forma: “Pronosticar es el arte y ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el uso de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático” (Heizer y Render, 2004, p. 104).

Tomando el criterio de distintos autores se define un pronóstico dentro de las empresas como: una herramienta de planificación de la demanda que permite estimar cómo será su comportamiento en el futuro, basándose en datos y experiencias previas con el fin de contribuir a una adecuada utilización de los recursos para satisfacer el mercado.

7.3. Principios de los pronósticos

Son distintos los modelos que se han creado y varían desde matemáticos complejos, estadísticos hasta modelos de juicio totalmente subjetivos. Sin embargo, hay algunas características comunes, indicadas por Chapman (2006), las cuales se detallan a continuación:

- Casi siempre son incorrectos: resulta muy poco probable que el cálculo efectuado en el pronóstico coincida con la realidad de lo que sucede en las empresas, debido a factores externos que no son controlables. El enfoque en este caso es el de estimar que tan equivocado puede ser el método utilizado para prevenir el mínimo impacto que esta equivocación pueda provocar.
- Son más precisos para grupos o familias de artículos: esta afirmación se soporta indicado por Chapman (2006): “Los errores de proyección respecto de productos individuales tienden a cancelarse entre sí a medida que se les agrupa” (p. 18).
- Son más precisos para períodos cortos, esto se da porque se cuenta con la mayor cantidad de información que para pronósticos de períodos largos.
- Siempre deben incluir un error de estimación; esto porque de antemano se sabe que son imprecisos, es importante indicar el error en el cálculo.
- No sustituyen la demanda real, es recomendable utilizar los datos reales si se cuenta con esta información en vez de estimarlos con un pronóstico.

7.4. Importancia de los pronósticos

Las decisiones empresariales siempre se toman con información insuficiente y con un margen de incertidumbre mayor o menor, dependiendo del tiempo y los recursos que se destinan a la búsqueda y el análisis de la información.

El propósito del manejo de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda, con el fin de poder usar con eficiencia el sistema productivo y entregar el producto a tiempo. Existen dos fuentes básicas de la demanda: dependiente e independiente.

7.4.1. Demanda dependiente

Es la demanda de un producto o servicio provocada por la demanda de otros productos o servicios.

7.4.2. Demanda independiente

Una empresa no puede hacer mucho respecto de la demanda dependiente, debe enfocarse en cubrirla. Pero sí hay mucho una empresa puede hacer en cuanto a la demanda independiente, si así lo desea. La compañía puede:

- Adoptar un papel activo para influir en la demanda
- Adoptar un papel pasivo y simplemente responder a la demanda

Existen varias razones por las que una empresa no trata de cambiar la demanda sino que la acepta tal como llega. Si la empresa funciona a toda su

capacidad, tal vez no quiera hacer nada en cuanto a la demanda. Otras razones pueden ser que la empresa no tenga el poder de cambiar la demanda debido a un gasto en publicidad. Es probable que el mercado sea fijo y estático o que la demanda esté fuera de su control. O simplemente existen otras razones competitivas, ambientales, éticas y morales por las que la demanda del mercado se acepta tal como es.

7.5. Pronóstico como herramienta de planeación

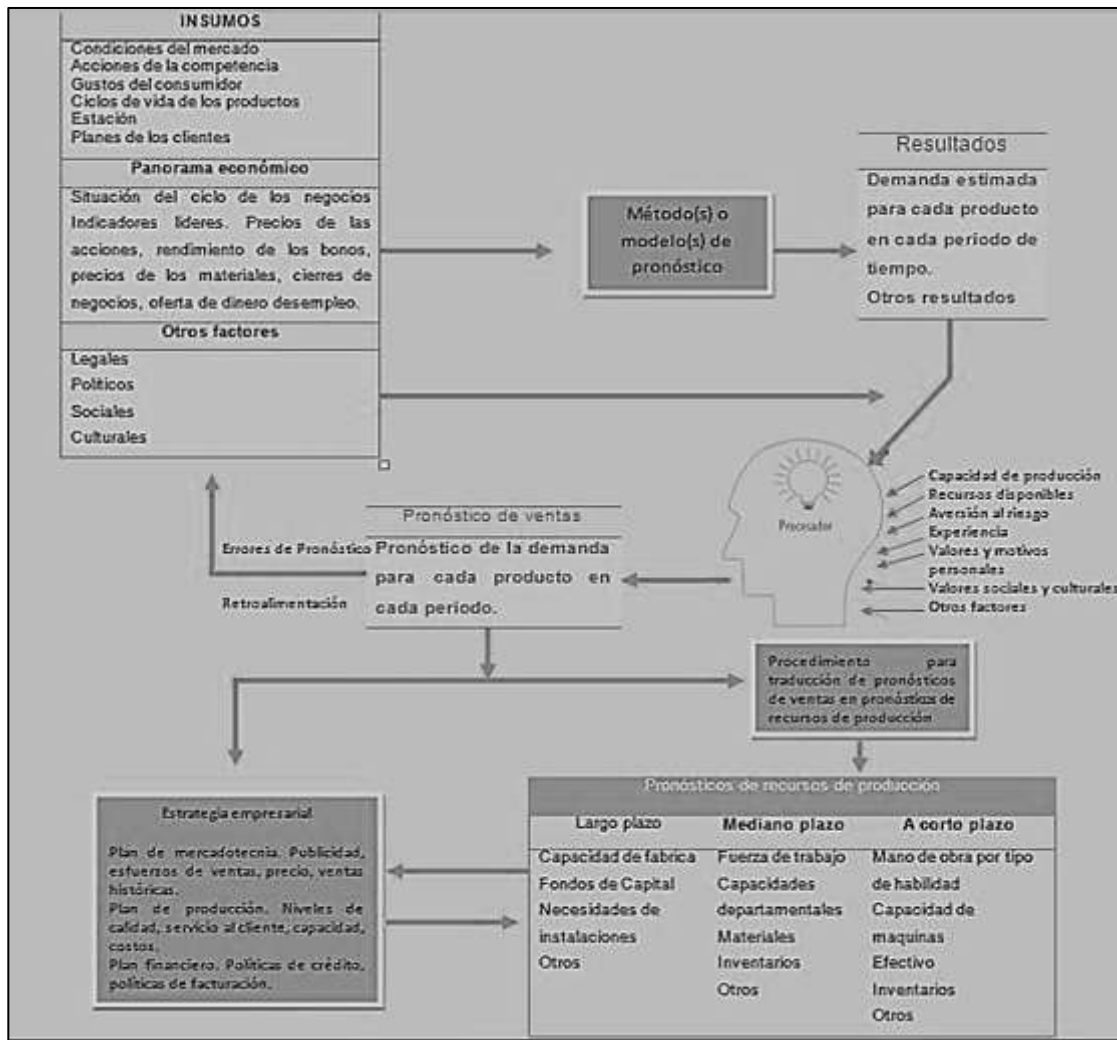
Hoy en día es imperativo que las empresas tengan enfoques eficaces de pronósticos y que el mismo pronóstico forme parte integral de la planeación. Cuando los gerentes planean, determinan los cursos de acción que tomarán en el futuro. Por lo tanto, el primer paso en la planeación es el pronóstico, es decir, estimar la demanda futura de productos y servicios y los recursos necesarios para producirlos.

Gaither y Frazier (1999) indican que las estimaciones de la demanda para productos y servicios por lo general se conocen como pronósticos de ventas, que en la administración de la producción y de las operaciones constituye el punto de partida de todos los demás pronósticos. En este sentido se inicia el flujo de lo que se conoce como planeación de ventas y operaciones, el cual parte del pronóstico de la demanda, el cual da origen a la explosión de materiales y pronóstico de compras y el presupuesto, para obtener los recursos financieros para afrontar esa demanda.

Gaither y Frazier (1999), de manera ilustrativa en la figura 1, muestran como los pronósticos forman parte integral de la planeación de los negocios. Los insumos se procesan a través de modelos o métodos de pronósticos para el desarrollo de las estimaciones de la demanda, estas estimaciones de la

demanda no son los pronósticos de ventas, más bien son el punto de partida para que los equipos administrativos desarrollen los pronósticos de ventas. Los pronósticos de ventas se convierten en los insumos tanto para la estrategia empresarial como para los pronósticos de los recursos de la producción.

Figura 1. Pronóstico como parte integral de la planeación empresarial



Fuente: GAITHER y FRAZIER. *Administración de producción y operaciones*. p. 61.

7.6. Tipos de pronósticos

Chase, Aquilano y Jacobs (2001) indican que algunos medios utilizados en la actualidad para obtener estos pronósticos pueden ser: la estadística (métodos cuantitativos), la experiencia, así como la intuición, (métodos cualitativos) y el juicio. Los dos tipos de métodos de pronósticos son válidos y aplicados de forma correcta pueden ser muy eficientes. En opinión de autores como Chase (2001) acerca de estos pronósticos, es que no existe ningún método que sea perfecto. Sin embargo, hay muchos factores en los negocios que son difíciles de predecir, así que en lugar de buscar un pronóstico perfecto, es aún más importante iniciar la práctica de la revisión de pronósticos continua, y así lograr una reducción en los costos.

De acuerdo a Hanke y Reitsch (1996), los pronósticos se pueden clasificar en tres principales criterios:

- El primer criterio es el tiempo, es decir, existen pronósticos a corto y a largo plazo. Estos últimos ayudan a establecer el curso general de la organización en un plazo largo de tiempo, mientras que los primeros se utilizan para diseñar las estrategias que se utilizarán inmediatamente y serán ejecutadas por niveles medios en la organización.
- El siguiente tipo de criterio se relaciona directamente con la posición en cuanto al entorno micro y macro, y cómo es que aquí se generan diferentes tipos de detalles en una organización. Estos tipos de detalles son el micropronóstico y el macropronóstico. Un ejemplo de micropronóstico es que el gerente de producción, sepa cuánto se necesitará para la producción anual de un producto determinado.

Mientras que un macrodetalle sería conocer el incremento en la carga tributaria (impuestos) que el Gobierno aplicará en el siguiente año fiscal.

- El tercer tipo de criterio clasifica los pronósticos en cualitativos y cuantitativos, el primero se aplica cuando se emite el juicio de una persona, mientras que los cuantitativos se refieren a procesos mecánicos que dan como resultado datos matemáticos.

Chase, Aquilano y Jacobs (2001), hacen una clasificación de los pronósticos con base en lo que consideran importante de analizar. Para ellos, hay cuatro tipos de pronósticos, los cuales son: cualitativos, de análisis de series de tiempo, causales y modelos de simulación.

Los pronósticos cualitativos se forman mediante:

- Composición de fuerza de ventas
- Investigación de mercados
- Panel
- Analogía histórica
- Método Delphi

Los pronósticos basados en el análisis de series de tiempo incluyen:

- Promedios móviles
- Promedio móvil ponderado
- Suavización exponencial
- Análisis de regresión
- Box Jenkins
- Series de tiempo de Shiskin

- Proyecciones de tendencia

Los pronósticos basados en modelos causales se componen de:

- Análisis de regresión
- Modelos econométricos
- Modelos de entrada / salida
- Indicadores guía

Pronósticos basados en modelos de simulación.

Ahora bien, para Makridakis y Wheelwright (1992), los diferentes métodos se pueden dividir en tres clases:

- El subjetivo: en el cual las opiniones individuales se procesan quizá de una manera complicada.
- El extrapolativo: en el cual se efectúan pronósticos para una variable en particular, usando únicamente la historia previa de esa variable. Se supone que los patrones identificados en el pasado se extienden hacia el futuro.
- El causal (o estructural): en el cual se intenta identificar las relaciones entre variables que existieron en el pasado, por ejemplo, el volumen de ventas de una marca y su precio relativo. Luego, se supone que las relaciones continúan siendo válidas en el futuro.

Con respecto a la clasificación de los métodos subjetivos se desarrollan pronósticos de manera individual, de igual forma se llevan a cabo pronósticos basados en comités de investigación y utilizando el método Delphi.

7.7. Modelos de pronósticos

En resumen de lo que han planteado diferentes autores se clasifican los pronósticos en dos grandes grupos: cualitativos y cuantitativos.

7.7.1. Pronósticos cualitativos

Se utilizan principalmente cuando los datos son escasos o no se encuentran disponibles. Se usan juicios humanos y esquemas de clasificación para convertir información cualitativa en estimados cuantitativos. Las técnicas varían desde la toma de decisiones por opiniones individuales de paneles de expertos, donde se discute el pronóstico en una reunión con la idea de que varias personas pronostican mejor que una, hasta la toma de decisiones en conjunto con la técnica Delphi, la cual utiliza cuestionarios para recopilar la información.

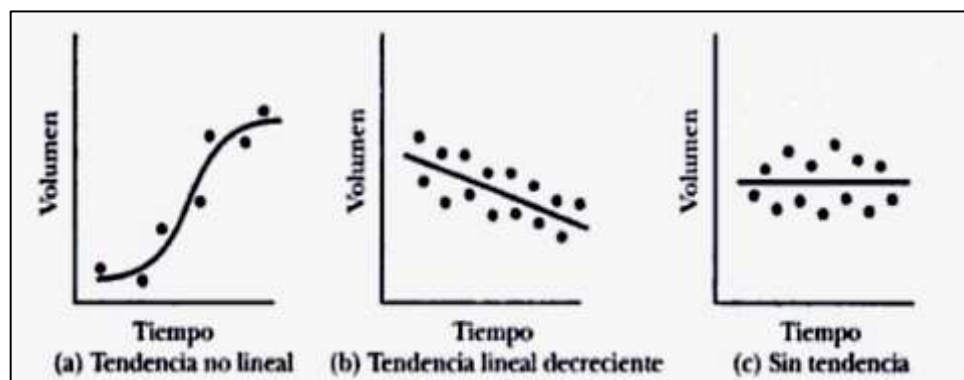
7.7.2. Pronósticos cuantitativos

El procedimiento es estrictamente matemático-estadístico. Lin (2002), indica que la técnica se basa en datos históricos y en la suposición que el proceso es estable. Este tipo de pronósticos se puede clasificar en dos categorías: modelos de series de tiempo y modelos causales.

7.7.2.1. Series de tiempo

Se basan en datos históricos y se concentran en patrones de datos y en cambios en dichos patrones. En la figura 2 se ilustran a continuación.

Figura 2. Patrones de tendencia



Fuente: Anderson, et al. *Métodos cuantitativos para los negocios*. p. 176.

Entre los modelos de series de tiempo se tienen los siguientes descritos a continuación.

7.7.2.1.1. Pronóstico por promedio móvil

Syntetos y Boylan (2005), sugieren este método para ítems con demanda intermitente; establece un promedio de la demanda pasada (patrón constante y pequeñas fluctuaciones) dando el mismo peso a las últimas N demandas: entre mayor sea N (entre 8 y 15), menor será el coeficiente de variación y el peso de los últimos datos, lo que no permite respuesta rápida.

7.7.2.1.2. Suavización exponencial simple

Ajusta los pesos de los datos basados al pronóstico anterior. Los pronósticos con esta técnica se asignan de la siguiente manera: el nuevo pronóstico es igual al último pronóstico, más una fracción de la diferencia entre el último dato y el último pronóstico. La fracción se denomina constante de suavización, representada por el símbolo α , el cual varía de 0 a 1.

7.7.2.1.3. Método de Holt-Winters

Vidal (2003), indica que puede utilizarse para ítems con demanda estacional y requiere de valores de arranque, utilizando datos históricos. Al final del período T, se revisa la estimación de la demanda utilizando un componente permanente o constante para suavización.

7.7.2.1.4. Método de Croston

Syntetos y Boylan (2005), indican que es utilizado para ítems con demanda errática o irregular con grandes fluctuaciones, cuando se asume una demanda de tipo Bernoulli. Se define un número de períodos entre transacciones (n) y, si la demanda es independiente del tiempo, la ocurrencia o no de una transacción tiene una probabilidad de ocurrencia $1/n$.

7.7.2.1.5. Método ARMA y ARIMA

Esta clase de modelos principió a ser muy utilizado a partir de los 80 gracias a los trabajos de Geroge Box y Dwilym Jenkins. La principal ventaja es que “proporciona pronósticos óptimos a corto plazo, debido a que permite elegir

entre un amplio rango de distintos modelos que representen el mejor comportamiento de los datos” (Maté, 2009, p. 1).

El modelo ARIMA, es el acrónimo en inglés de Auto Regresive Integrate Moving Average, lo que significa en español modelo autorregresivo integrado de media móvil y consta de un componente autorregresivo y un componente de media móvil.

La serie temporal se representa con Y_t , se tienen que la notación algebraica para el modelo ARMA $\Theta\phi\varepsilon$:

Fórmula 1: modelo ARMA

$$C + \underbrace{\Theta_1 \cdot Y_{t-1} + \dots + \phi_p \cdot Y_{t-p}}_{\text{Componente autorregresiva}} + \underbrace{\Theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1} + \dots + \Theta_q \cdot \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t}_{\text{Componente de media móvil}}$$

Este modelo de ARMA es de tipo lineal, lo que significa que “la variable que define la serie temporal Y_t depende de una constante C , linealmente de valores pasados de la misma variable y linealmente de una ponderación de errores de ajuste realizados en el pasado” (Maté, 2009, p. 2).

Por otro lado, el modelo ARIMA tiene lugar a partir de dos modelos ARMA, en donde se considera que la serie a estudiar debe ser estacionaria en media, por lo tanto la misma tendrá que diferenciarse una serie de veces. Su expresión algebraica es así:

Fórmula 2: modelo ARIMA

$$C + \underbrace{\phi_1 \cdot Y_{t-1}^{(d)} + \dots + \phi_p \cdot Y_{t-p}^{(d)}}_{\text{Componente autorregresiva}} + \underbrace{\Theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1}^{(d)} + \dots + \Theta_q \cdot \varepsilon_{t-q}^{(d)} + \varepsilon_t}_{\text{Componente de media móvil}}$$

En donde es la serie de las diferencias de orden d , y $\varepsilon_t^{(d)}$ es la serie de los errores que se cometen en la serie anterior.

Así entonces, el modelo ARIMA se define como: “[...] un modelo de regresión lineal múltiple, donde la variable dependiente es la propia serie y valores de los errores de ajuste retrasados hasta unos órdenes p y q , respectivamente” (Maté, 2009, p. 3).

7.7.2.2. Modelos causales

Este modelo es la clase más sofisticada de las herramientas de pronósticos, ya que es una descripción matemática del problema en cuestión. Los modelos de regresión lineal, correlación y econométricos son de este tipo.

7.7.2.2.1. Modelo económico o econométrico

Es un sistema sofisticado de regresión conformado por un sistema de ecuaciones de regresión interdependiente. Estos son modelos costosos de desarrollar, sin embargo, expresan mejor las causalidades involucradas y por lo tanto se puede predecir con mayor exactitud.

7.7.2.2.2. Modelo de regresión

Relaciona funcionalmente la variable que está siendo pronosticada a otras variables económicas, competitivas o internas y estima una ecuación de regresión utilizando el método de mínimos cuadrados.

7.8. Precisión de los pronósticos

Además de la selección del método de pronóstico es sumamente importante medir su precisión o exactitud. Al igual que existen diversos modelos de pronósticos, también existen diversos métodos para medir su efectividad. Los criterios varían y son funcionales de acuerdo a las condiciones particulares que se tengan en la aplicación que se le quiera dar.

La manera correcta de seleccionar qué modelo de pronóstico es el que mejor se adapta a la variable que se va analizar, es dividir los datos en dos grupos.

El primer conjunto de datos, se le denomina datos de control; el cual se utilizará para encontrar el modelo que mejor se adapta a los datos históricos.

El segundo conjunto de datos, son los datos de predicción, los cuales serán sujetos a comparación con un método de precisión o error del pronóstico. “Existe evidencia significativa que un modelo que ajusta bien a los datos históricos, no necesariamente pronostica bien” (Gálvez, 2013, p. 1).

7.8.1. Error del pronóstico

Indica lo cerca que se halla el pronóstico de la demanda real. Vidal (2003), los pronósticos como todo evento probabilístico tienen errores. Por medio de estos se puede evaluar qué tipo de pronósticos se ajusta mejor a la demanda.

Para cada uno de los escenarios que se generen, es necesario medir el desempeño mediante los indicadores de precisión. Se debe definir un criterio para los datos de precisión y un criterio para medir el desempeño de los datos de control.

Ambos están basados en la fórmula del error (e_t), expresada de la siguiente forma:

Fórmula 3: error del pronóstico

$$e_t = (Y_t - \hat{Y}_t)$$

También puede ser expresado en términos relativos o absolutos (en porcentaje) utilizando la fórmula siguiente:

Fórmula 4: error relativo

$$ea_t (\%) = \frac{| Y_t - \hat{Y}_t |}{Y_t} * 100$$

O bien puede ser expresado en forma cuadrática:

Fórmula 5: error cuadrático

$$e_t^2 = (Y_t - \hat{Y}_t)^2$$

En la tabla I, se muestran las medidas de error más utilizadas, donde F_t es igual a \hat{Y}_t , notación que es utilizada para identificar el valor pronosticado.

Tabla I. **Medidas de error de pronóstico**

Medida de error	Fórmula
MSE Mean Square Error	$Media\{e_t^2\}$
RMSE Root Mean Square Error	\sqrt{MSE}
MAE Mean Absolute Error	$Media\{e_t\}$
MdAE Median Absolute Error	$Mediana\{e_t\}$
MAPE Mean Absolute Percentage Error	$Media\{p_t\}$
MdAPE Median Absolute Percentage Error	$Mediana\{p_t\}$
sMAPE Symmetric Mean Absolute Percentage Error	$Media\left\{2 \cdot \frac{ Y_t - F_t }{Y_t + F_t}\right\}$
sMdAPE Symmetric Median Absolute Percentage Error	$Mediana\left\{2 \cdot \frac{ Y_t - F_t }{Y_t + F_t}\right\}$
MRAE Mean Relative Absolute Error	$Media\{r_t\}$
MdRAE Median Relative Absolute Error	$Mediana\{r_t\}$
GMRAE Geometric Mean Relative Absolute Error	$MediaG\{r_t\}$
RelMAE Relative Mean Absolute Error	MAE / MAE^*
RelRMSE Relative Root Mean Squared Error	$RMSE / RMSE^*$
LMR Log Mean Squared Error Ratio	$\log(RelRMSE)$
PB Percentage Better	$100 \cdot Media\{I\{r_t < 1\}\}$
PB(MAE) Percentage Better (MAE)	$100 \cdot Media\{I\{MAE < MAE^*\}\}$
PB(MSE) Percentage Better (MSE)	$100 \cdot Media\{I\{MSE < MSE^*\}\}$

Fuente: adaptado de Goijer y Hyndman, *25 years of all time series forecasting: a selective review*. p. 18.

Existen diferentes maneras de calcular el error en los pronósticos, las cuales se dividen en tres: medidas de selección, de interpretación y de precisión.

7.8.2. Medidas de selección

Esta se enfoca en el primer grupo en los datos de control y su objetivo es encontrar mejor modelo de pronóstico que presente el mínimo error. Las herramientas que ayudan a cumplir con este objetivo son:

7.8.2.1. Desviación absoluta media (MAD)

Según Vidal (2004), este expresa el error promedio sin importar si es positivo o negativo (entre más pequeño sea el valor positivo, mejor).

Este se obtiene calculando el promedio de la diferencia absoluta de la demanda por período, menos el pronóstico del período. De esta manera se obtiene la desviación promedio de los errores de los pronósticos con respecto a la demanda, se expresa en la fórmula 6:

Fórmula 6: desviación absoluta media, MAD:

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |e_t|}{n}$$

7.8.2.2. Cuadrado del error promedio (MSE)

Se obtiene calculando el cuadrado del error (demanda real menos pronóstico) absoluto dividido entre el número de períodos, como lo expresa la fórmula 7:

Fórmula 7: cuadrado del error promedio, MSE

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_t^2}{n}$$

7.8.2.3. Raíz cuadrada del error promedio (RMSE)

Esta medida es la raíz del promedio de los cuadrados del error de cada artículo en el período t y también se utiliza para comparar la precisión de diferentes métodos de pronóstico.

Fórmula 8: raíz cuadrada del error promedio

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}}$$

7.8.3. Medidas de interpretación

Las herramientas que pueden utilizarse como interpretación son las siguientes:

7.8.3.1. Medida del error porcentual (MPE)

Es una medida simple que sirve para ver si el error del pronóstico tiene un sesgo positivo o negativo. También se dice que el pronóstico está sobreestimado o subestimado.

Fórmula 9: medida del error porcentual

$$MPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right)}{n}$$

7.8.3.2. Medida del error porcentual en valor absoluto (MAPE)

Es la medida más utilizada por los pronosticadores, pero no es recomendable para la selección del método porque puede presentar sesgos de subestimación o sobreestimación, se calcula de la siguiente forma:

Fórmula 10: medida del error porcentual en valor absoluto

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|}{n}$$

7.8.4. Medidas de precisión

Estos indicadores se utilizan para los datos de predicción, para probar que tan efectivo fue el modelo o los modelos seleccionados para pronosticar. Existen diferentes formas como las siguientes: FA (*Forecast Accuracy*), precisión del pronóstico, el coeficiente de U de Theil, el AIC y el BIC, los cuales se amplían a continuación.

7.8.4.1. Precisión del pronóstico (FA)

Es la forma más común de medir la precisión de un pronóstico, el cual se utiliza comparando los resultados del pronóstico contra los valores reales del siguiente período. “Aún cuando esta medida es la más utilizada por los pronosticadores solo se recomienda para el corto plazo (no más de tres períodos)” (Gálvez, 2013, p. 6).

El objetivo es encontrar valores cercanos a 1. La fórmula utilizada es la siguiente:

Fórmula 10: precisión del pronóstico

$$FA (\text{forecast accuracy}) = 1 - e_{t,a}(\%)$$

7.8.4.2. U de Theil

El coeficiente de desigualdad U de theil, está basado en la diferencia cuadrática existente entre las tasas de crecimiento de la variable real y la estimada. Es utilizado para evaluar la efectividad de los pronósticos a mediano

plazo. Cuanto más cercano es el coeficiente a cero supone una predicción perfecta.

Fórmula 11: coeficiente U de Theil

$$U_t = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{\sum_{t=1}^n (Y_t - Y_{t-1})^2}}$$

7.8.4.3. Criterio de información de Akaike (AIC)

Esta herramienta penaliza la complejidad del modelo tomando en cuenta el número de variables y se utiliza para seleccionar el mejor modelo dentro del conjunto de los mismos datos. La solución dada por Akaike es elegir como función de pérdida o criterio de especificación el mínimo criterio de información.

Fórmula 12: criterio de información de Akaike

$$AIC = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}} * \exp\left(\frac{2 * k}{n}\right)$$

7.8.4.4. Criterio de información bayesiana (BIC)

El criterio BIC de Schwartz penaliza con mayor intensidad modelos más complejos y con mayor número de variables, por lo que se dice que es más consistente. Por el contrario que el criterio de Akaike es asintóticamente

eficiente, ya que a medida que aumenta el número de variables su eficiencia para medir la precisión no mejora.

“La eficiencia asintótica tiene que ver con la hipótesis de que la realidad es mucho más complicada que cualquier modelo considerado por lo que, al aumentar el número de observaciones también debiera aumentarse el número de modelos en el conjunto considerado” Poler, et al (2007).

Fórmula 13: criterio de información bayesiana

$$BIC = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}} * n \frac{k}{n}$$

Tanto en el criterio AIC y BIC, k son el número de variables del modelo, n el número de observaciones y e_t el error de pronóstico en el período t . al utilizar estos criterios se selecciona el de menor valor.

7.9. Administración de inventarios

Es la eficiencia en el manejo adecuado del registro, de la rotación y evaluación del inventario de acuerdo a como se clasifique y qué tipo de inventario tenga la empresa, ya que a través de todo esto se determinarán los resultados (utilidades o pérdidas) de una manera razonable, pudiendo establecer la situación financiera de la empresa y las medidas necesarias para mejorar o mantener dicha situación.

7.9.1. Finalidad de la administración de inventarios

La administración de inventario implica la determinación de la cantidad de inventario que deberá mantenerse, la fecha en que deberán colocarse los pedidos y las cantidades de unidades a ordenar. Una de las mayores dificultades en la administración de inventarios, es establecer simultáneamente el valor óptimo de tres parámetros: período de revisión, punto de reorden y nivel máximo del inventario efectivo, lo cual de acuerdo con Silver, et al. (1998), es extremadamente difícil debido a la dificultad que implica determinar las ocasiones en que el nivel de inventario cae por debajo del punto de reorden.

Existen dos factores importantes que se toman en cuenta para conocer lo que implica la administración de inventario:

El inventario mínimo es cero, la empresa podrá no tener ninguno y producir sobre pedido. Esto no resulta posible para la gran mayoría de las empresas, puesto que debe satisfacer de inmediato las demandas de los clientes o en caso contrario el pedido pasará a los competidores que puedan hacerlo, y deben contar con inventarios para asegurar los programas de producción. La empresa procura minimizar el inventario porque su mantenimiento es costoso.

7.9.2. Características y análisis del inventario

Es necesario realizar un análisis de las partidas que componen el inventario. Se debe identificar cuáles son las etapas que se presentarán en el proceso de producción, las comunes o las que se presenta en su mayoría son:

- Materia prima
- Productos en proceso
- Productos terminados
- Suministros, repuestos

En caso de materia prima, puede ser importada o nacional, si es local verificar si existen problemas de abastecimiento, si es importada es importante el tiempo de aprovisionamiento. La obsolescencia de los inventarios, tanto por nueva tecnología como por desgaste tiempo de rotación, considerar seguro contra incontinencias, deberá realizarse la inspección visual de dicha mercadería. Se debe saber la forma de contabilización de los inventarios, así como la correcta valorización de la moneda empleada para su contabilización.

Se debe conocer:

- La política de administración de los inventarios.
- Con quienes se abastecen, que tan seguro es, preocupación por tener bajos precios y mejor calidad.
- Cuantos meses de ventas mantienen en materia prima.
- Productos en procesos y productos terminados.
- Cuál es la rotación de los inventarios fijada o determinada.
- Áreas involucradas en la administración ya sea el gerente de producción, gerente de *marketing*, gerente de ventas o finanzas, entre otros.
- Como se realiza el control de los inventarios en forma manual o computarizada, así como la tecnología empleada.
- Naturaleza y liquidez de los inventarios.
- Características y naturaleza del producto, del mercado.
- Canales de distribución, analizar la evolución y la tendencia.

7.9.3. Técnicas de administración de inventarios

Los métodos comúnmente empleados en el manejo de inventarios son:

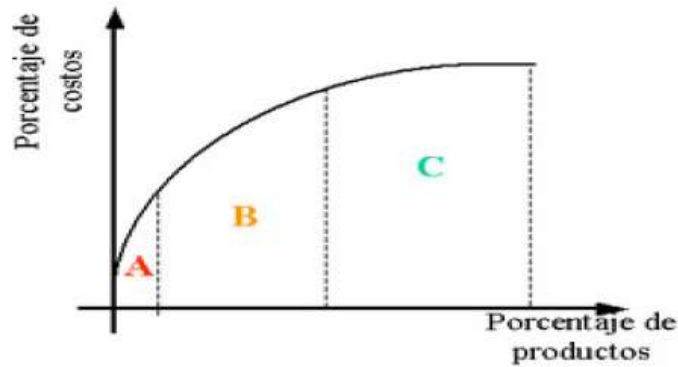
7.9.3.1. El sistema ABC

El análisis ABC, denominado también curva 80-20, se fundamenta en el aporte del economista Wilfredo Pareto, tras un estudio de la distribución de los ingresos. En este observó que gran porcentaje de los ingresos estaba concentrado en las manos de un pequeño porcentaje de la población. Este principio se conoció como la Ley de Pareto y establece que hay unos pocos valores críticos y muchos insignificantes. Los recursos deben concentrarse en los valores críticos y no en los insignificantes.

Según Vollmann, et al. (2005), indican que la clasificación ABC consiste en ordenar los artículos según su participación en los costos y orientar los esfuerzos administrativos para su control. En este sistema se debe dividir el inventario en tres grupos: A, B, C.

En los productos A se ha concentrado la máxima inversión. El grupo B está formado por los artículos que siguen a los A en cuanto a la magnitud de la inversión. Al grupo C lo componen en su mayoría, una gran cantidad de productos que solo requieren de una pequeña inversión. La división de su inventario en productos A, B y C permite a una empresa determinar el nivel y tipos de procedimientos de control de inventario necesarios. El control de los productos A debe ser el más cuidadoso dada la magnitud de la inversión comprendida, en tanto los productos B y C estarían sujetos a procedimientos de control menos estrictos. En la figura 3 se muestra el esquema de la clasificación de inventarios ABC.

Figura 3. **Esquema básico de clasificación de inventarios ABC**

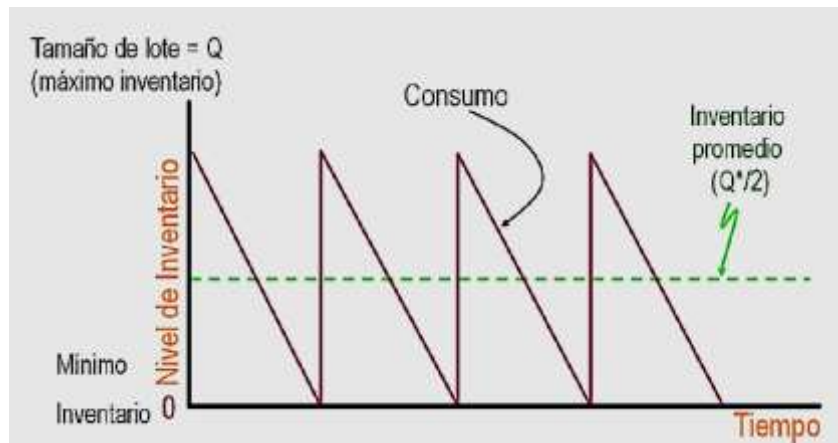


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

7.9.3.2. **El modelo básico de cantidad económico de pedido (CEP)**

Uno de los instrumentos más elaborados para determinar la cantidad de pedido óptimo de un artículo de inventario, es el modelo básico de cantidad económica de pedido CEP. Este modelo puede utilizarse para controlar los artículos A de las empresas, pues toma en consideración diversos costos operacionales y financieros, determina la cantidad de pedido que minimiza los costos de inventario total. El estudio de este modelo abarca: los costos básicos, un método gráfico, un método analítico. En la figura 4 se muestra el esquema del modelo de cantidad económica de pedido.

Figura 4. **Comportamiento del modelo de inventario cantidad económica de pedido**



Fuente. adaptación de Díaz-Batista; Pérez-Armayor. *Optimización de los niveles de inventario de una cadena de suministro*. p. 127.

7.10. **Industria de elaboración de alimentos para animales**

La industria de elaboración de alimentos para animales constituye una piedra angular en la industria alimenticia humana, en la llamada producción de proteína animal, principalmente a través de carne, leche y huevo.

La creciente demanda mundial por la explosión demográfica ha obligado a que la industria de alimentación animal, se tecnifique a tal grado que ha potencializado su eficiencia a través de la elaboración de alimentos balanceados con formulaciones adaptables al clima, especie animal y otros factores del ambiente. Según lo indicado por Rosen (1996), una fórmula alimenticia comercial incluye dos grandes grupos:

- Los macroingredientes: representados por cereales, subproductos de la industria alimenticia, fuentes de energía (grasas y aceites), fuentes minerales y premezclas vitamínicas y minerales.
- Los microingredientes, los cuales incluyen los aditivos y vitaminas, oligoelementos o microminerales y medicamentos, los cuales son suministrados en miligramos o partes por millón.

7.11. Productos utilizados en la elaboración de premezclas

La AAFCO (2000) define a una premezcla como una mezcla uniforme de uno o más microingredientes con un diluyente y/o un vehículo, son utilizadas para facilitar la dispersión uniforme de los microingredientes en una mezcla mayor. La empresa manufactura tres tipos de premezclas, las cuales son:

7.11.1. Premezclas vitamínico-minerales

Es este grupo de productos se encuentran fórmulas que contienen el complejo de vitaminas y minerales. Son formulaciones que contienen entre 16 y 25 ingredientes, dependiendo de la edad y especie a la que fue formulada.

7.11.2. Núcleos

Es un grupo de productos que contiene la mezcla base de vitaminas y minerales y otros ingredientes que pueden ser: aminoácidos, enzimas, pigmentos y otros aditivos que varía su adición de la edad y especie a la que se formula. La cantidad de ingredientes que contienen estos productos es de 26 a 45.

7.11.3. Sales minerales

Grupo de productos destinado básicamente a especies rumiantes: ganado vacuno, ovino, caprino. Estos incluyen menos de 15 ingredientes y básicamente incluyen minerales y el excipiente.

7.11.4. Microingredientes

AAFCO (2000) incluye a las vitaminas, minerales, medicinas y otras sustancias que normalmente se utilizan en pequeñas cantidades y se miden en miligramos, microgramos o partes por millón (ppm).

7.11.5. Vitaminas

The Vitamins Directory indica que la palabra vitamina define a un grupo de compuestos complejos de naturaleza orgánica, presentes en pequeñas cantidades en los alimentos naturales y que son esenciales para el metabolismo animal. Su carencia da lugar a enfermedades que se manifiestan con problemas de salud, crecimiento y fallos reproductivos. Se diferencian de los microminerales por su naturaleza orgánica, pero no constituyen en si un grupo homogéneo de sustancias desde el punto de vista químico o funcional.

Existen dos aportes esenciales de vitaminas para los animales: la contenida en los ingredientes de forma natural y las añadidas al alimento balanceado obtenidas por síntesis. BASF (1993) indica que como promedio, las vitaminas contenidas en las materias primas presentan disponibilidad en torno al 25-35 por ciento, debido a que gran parte de las mismas se encuentra formando complejos fíticos. Por otro lado Coelho (1991) indica que las fórmulas sintéticas son en general mucho más disponibles que las naturales y su eficacia

práctica depende fundamentalmente de su estabilidad, tanto a nivel de la premezcla como del alimento balanceado una vez formulado.

Con base en la solubilidad las vitaminas se dividen en dos grupos: liposolubles e hidrosolubles.

7.11.5.1. Vitaminas liposolubles

Se encuentran en las materias primas asociadas a los lípidos y se absorben con ellos mediante un mecanismo similar. El organismo es capaz de almacenarlas en cantidades variables, son más estables frente al calor que las vitaminas hidrosolubles, dentro de esta clasificación se encuentran las vitaminas: A, D, E y K.

Tabla II. Principales funciones de las vitaminas liposolubles

Vitamina	Nombre alternativo	Funciones
Vitamina A	Retinol	Funciones fisiológicas de la visión, eficacia reproductiva, integridad de los epitelios, desarrollo óseo. Kolb (1997).
Vitamina D	Ergocalciferol (D2) y Colecalciferol (D3)	Es necesaria la luz ultravioleta para que se manifieste su actividad vitamínica, principalmente para la absorción de calcio y fósforo.
Vitamina E	Tocoferol	Es un excelente antioxidante natural. Tiene un papel importante en la estabilidad de las membranas, resistencia a enfermedades y protege contra elementos tóxicos. McDowell (1989).
Vitamina K	Menadionas (k3)	Tiene efectos coagulantes y antihemorrágicos.

Fuente: elaboración propia.

7.11.5.2. Vitaminas hidrosolubles

Se incluyen en este grupo la vitamina C, colina y las vitaminas del complejo B (biotina, tiamina, rivoftabina, piridoxina, cobalamina, ácido fólico, ácido pantoténico y niacina).

Tabla III. Principales funciones de las vitaminas hidrosolubles

Vitamina	Nombre alternativo	Funciones
Vitamina C	Acido ascórbico y ácido dihidroascórbico	Antioxidante natural. Su deficiencia provoca malformaciones óseas.
Vitamina B4	Colina	Componente de la estructura celular, metabolismo de los lípidos, formación de acetilcolina, para transmisión de impulsos nerviosos y donante de grupos metilos.
Vitamina H	Biotina	Es un cofactor importante en enzimas relacionadas con la fijación de grupos carbonilos, así como en la glucogénesis y en el ciclo del ácido nítrico.
Vitamina B1	Tiamina	Vitamina esencial en el metabolismo de proteínas e hidratos de carbono.
Vitamina B2	Roboflavina	Es un componente de numerosas enzimas esenciales en el metabolismo.
Vitamina B6	Piridoxina	La carencia de esta vitamina produce retraso en el crecimiento, dermatitis y otros.
Vitamina B12	Cobalamina	Comprende un grupo de compuestos enzimáticos con actividad B12, contiene alrededor del 4,5 % de cobalto.
Vitamina B9	Acido fólico	Su deficiencia provoca reducción de la fertilidad, anemia, degeneración de tejidos epiteliales.
Vitamina B5	Acido pantoténico (Calpán)	Se encuentra formando parte de la coenzima A y la proteína transportadora de grupos acilos que son fundamentales para reacciones metabólicas.
Vitamina B3	Niacina	Es un componente esencial del metabolismo de proteínas, grasas e hidratos de carbono.

Fuente: elaboración propia.

7.11.6. Minerales

La disponibilidad de un micromineral se describe como el porcentaje del mismo que es utilizado por el animal. The Council for Responsible Nutrition (2002), indica que los utilizados en alimentación animal son los que se listan a continuación en la tabla IV.

Tabla IV. **Microminerales y sus funciones**

Mineral	Prefijo	Funciones
Cobalto	Co	Es constituyente de vitamina B12 y es utilizado principalmente en rumiantes.
Cobre	Cu	Es un elemento esencial para la formación de hemoglobina y la síntesis y activación de numerosas enzimas relacionadas con el metabolismo animal.
Iodo	I	La principal función conocida del Iodo es la de ser el componente esencial de tiroxina, hormona de la tiroidea responsable del control del metabolismo basal.
Hierro	Fe	Es un componente esencial de numerosas metaloenzimas y es un elemento clave en los procesos de formación de la sangre y el transporte de electrones. Una deficiencia causa anemia y retraso marcado en el crecimiento.
Manganeso	Mn	Es un elemento traza que actúa como activador o como constituyente de numerosas enzimas. Es esencial para la síntesis del sulfato de condroitina, componente de la matriz orgánica del hueso.
Selenio	Se	Es un componente de la enzima glutatión peroxidasa que detoxifica los peróxidos lipídicos y protege las membranas celulares contra la degradación.
Zinc	Zn	Su principal función está relacionada con la replicación celular y el desarrollo armónico de los cartílagos.

Fuente: elaboración propia.

Otros minerales, como el molibdeno (Mo), cromo (Cr), azufre (S) y flúor (F) son considerados indispensables, pero rara vez se adicionan al alimento balanceado a través de la premezcla.

7.11.7. Aditivo

La AAFCO (2000) define a un aditivo como ingrediente o combinación de ingredientes añadidos a la mezcla base del alimento, o a parte de esta para satisfacer una necesidad específica. Normalmente se utiliza en microcantidades y requiere un mezclado y una manipulación cuidadosos.

7.11.8. Excipientes o vehículos

La fabricación de una premezcla consiste en diluir varios componentes activos en un excipiente adecuado. Los excipientes son sustancias capaces de aceptar y en su caso absorber y mezclarse homogéneamente con los ingredientes activos de la fórmula. Los excipientes más utilizados son la cáscara de almendra, cascarilla de arroz, salvado de trigo, maíz y harina de soya, en el caso de sustancias orgánicas y el carbonato de calcio y diversos silicatos en inorgánicos.

El excipiente de elección debe ser el que cumpla la mayoría de las siguientes características:

- Partícula uniforme y de tamaño adecuado
- Buena fluidez
- Bajo contenido en humedad
- Inerte
- Estable

- Poco higroscópico
- pH adecuado (evitar el exceso ácido o alcalino)
- Mínima electrostaticidad
- Costo mínimo

Los excipientes orgánicos requieren más cuidado que los inorgánicos, ya que deben pasar por un proceso previo de molienda y selección previa del tamaño de partícula eliminar la contaminación microbiana.

7.12. Descripción de las actividades que se realizan en la planta

El segmento de nutrición animal se enfoca a poner a la disposición del cliente, productos que optimicen la producción ganadera de Centroamérica como segmento de mercado. Específicamente, la planta como tal se dedica a la producción de premezclas, y la parte de importación de ingredientes para animales es manejado en Guatemala por Desarrollo y Nutrición Animal.

La planta está diseñada para fabricar una amplia gama de premezclas, ingredientes individuales y aditivos de alimentos para todas las clases de ganado, aves de corral y animales de compañía. La producción de premezclas se presenta como la oportunidad de brindar un servicio completo a la industria alimenticia, desde el servicio técnico, conformación de dietas, hasta la distribución de ingredientes para alimento balanceado. Además, DNA posee dietas estandarizadas para los pequeños productores, entre las que se encuentran:

- Premezclas para porcinos
- Premezclas para rumiantes
- Premezclas para aves de corral

- Premezclas para equinos
- Mezclas de vitaminas
- Mezclas de vitaminas de minerales menores
- Mezclas de minerales
- Mezclas base

A nivel proceso, el procedimiento para realizar las premezclas es el mismo, cambiando únicamente los ingredientes que se le agregarán. Cabe resaltar que una de las partes más importantes del proceso es la formulación de los productos, así como la importación de las materias primas.

La adquisición de materias primas se realiza desde distintas partes del mundo y es efectuada por personal tecnificado y con experiencia. La formulación requiere de años de experiencia en el mercado y un nivel especializado de conocimiento en el tema.

7.13. Descripción de procesos

De acuerdo a la disposición física del equipo y a la secuencia de las operaciones el proceso se divide de dosificación y mezcla en subprocesos.

7.13.1. Proceso de etiquetado

La etiqueta cumple la función de identificar el producto y sus características. Es en esta en la que se colocan los datos específicos de cada producto, los que le garantizan al cliente que lo que están adquiriendo cumple con sus expectativas.

Por medio de la orden de producción se selecciona el tipo de saco que se utilizará. De acuerdo al producto empacado, se utilizan sacos de polipropileno y sacos de papel. El saco de polipropileno incluye en su interior una bolsa de polietileno oscura, que se utiliza para proteger el producto de la acción del ambiente. Este tipo de saco se utiliza para empacar las premezclas minerales.

Los sacos de papel se utilizan para empacar premezclas vitamínicas, por lo que es necesario utilizar bolsas de polietileno negro, debido a la acción de descomposición que ejerce la luz sobre el producto. Normalmente, se empaca en sacos de 25 kilogramos.

La selección de cada tipo de saco depende del producto y del cliente. Luego de seleccionado el saco, se procede a tomar el saco, prepararlo y colocarle la etiqueta. El proceso se realiza con cada saco hasta completar un lote. Luego se toma el lote completo y se empaca para enviarlo posteriormente al área de ensacado.

Debido a la naturaleza de este proceso, se puede realizar con antelación a los demás procesos. Para este proceso existe un centro de trabajo definido y se considera un trabajo repetitivo debido a lo simple de la operación. Otro aspecto que se debe tomar en cuenta es que si bien es simple, es por medio de este proceso que se identifica el producto final, se describen sus propiedades, fecha de vencimiento y en resumen la información que el cliente necesita para el correcto manejo y utilización del producto.

7.13.2. Proceso de medición de microcomponentes y macrocomponentes

El proceso de medición de las cantidades de cada ingrediente en las proporciones correctas, se convierte en un proceso que debe dividirse en dos subprocesos, con el objetivo de obtener una dosificación confiable. Los proveedores empaican sus productos en paquetes manejables de 25 kilogramos. El precio de algunos productos es considerablemente mayor que el de otros, así también la incidencia en la dosificación de un alimento dado.

Como consecuencia de ello, algunos productos son empacados hasta con 500 gramos extra, más su precio e incidencia como elemento activo son casi nulos. En otros productos la precisión del empaicado puede llegar a 5 gramos, debido a su precio elevado y a que son productos que presentan marcados efectos en el metabolismo animal.

Como consecuencia, al requerirse una cantidad dada, la cantidad en kilogramos se divide en sacos enteros de producto y en un ajuste medido en la báscula con mayor precisión. La medición de macrocomponentes se realiza en una báscula de alta capacidad y poca precisión.

El pesado de microcomponentes es un proceso de mayor precisión, en este caso las cantidades a pesar son menores a la cantidad incluida en los sacos, por lo que los productos se deben disponer a granel y ser medidos en una báscula con una precisión de 5 gramos. Se obtiene una dosificación confiable y de fácil control. En resumen, el operador pesa los microcomponentes, luego pesa los macrocomponentes y los ingresa al monocangilón correspondiente.

7.13.3. Mezclado

El proceso de mezclado es totalmente realizado por las mezcladoras, en este proceso no interviene el operador más que para programar el *batch*. El proceso es sumamente eficiente, con un ciclo de 4 a 6 minutos y un coeficiente de variación de mezclado del 5 por ciento dado por el fabricante.

7.13.4. Proceso de ensacado

Luego de que la maquinaria realiza el mezclado, el operador debe ensacar el producto en sacos anteriormente preparados en el etiquetado. Si los parámetros de la ensacadora se encuentran correctamente ajustados, el proceso de ensacado es simple. Primero, el operador toma un saco y lo coloca en la ensacadora, luego cierra la mordaza, en donde el saco es sujetado y el equipo realiza una tara automática del saco para luego proceder a llenarlo. Cuando la báscula de la ensacadora llena completamente el saco, la mordaza libera el saco.

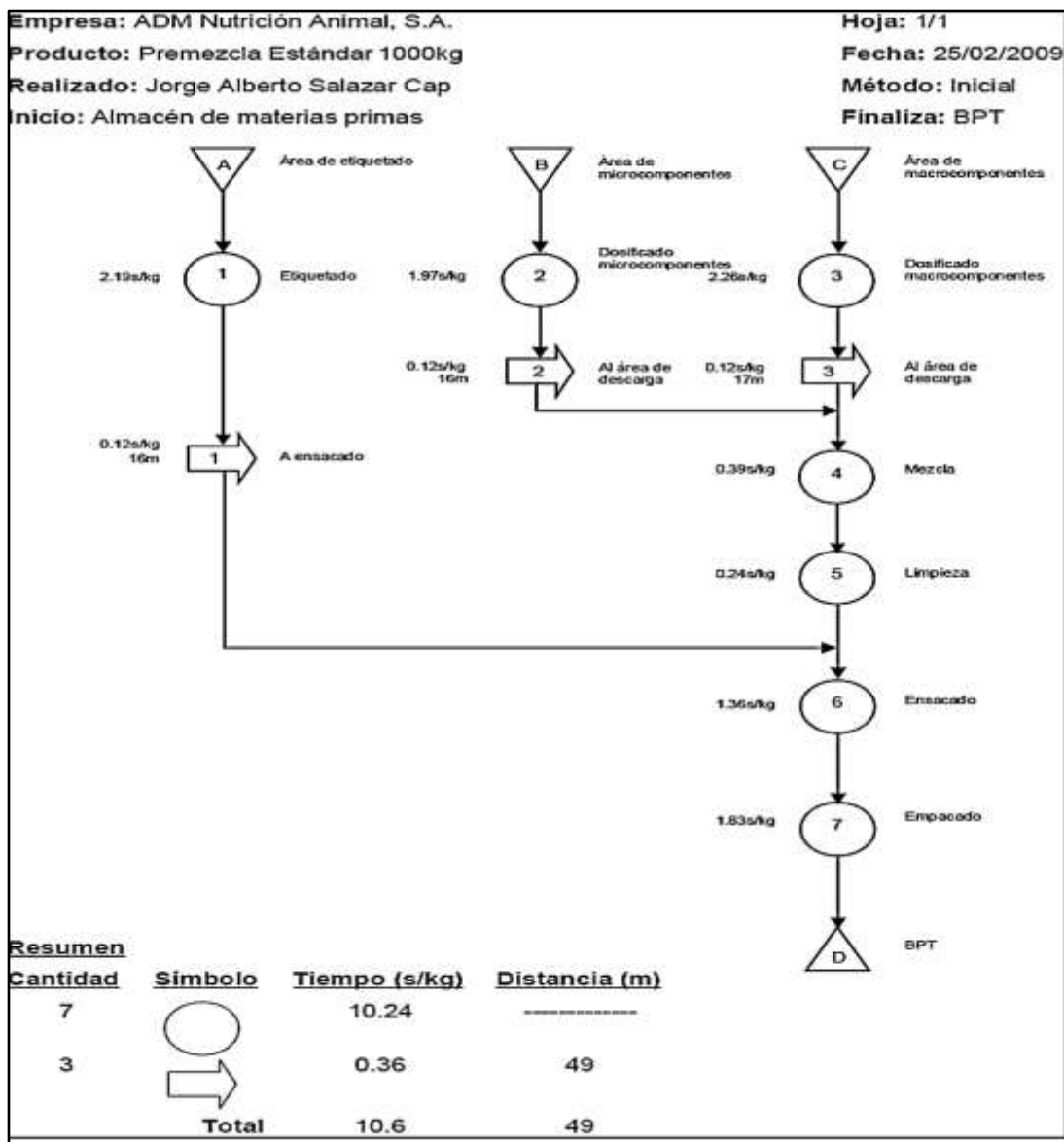
7.13.5. Proceso de empaque

Luego del proceso de ensacado, el saco con producto es enviado a empaque, en el que el operario utiliza un marchamo para sellar la bolsa de polietileno. Luego de esto se utiliza una cosedora de sacos para sellarlo definitivamente.

En el caso de exportaciones, el producto debe ser embalado, proceso durante el cual se estiban sacos en una paleta, se cubren con nailon y se aseguran con fleje.

Los procesos se detallan en la figura 5, en un diagrama de operaciones de procesos de procesos.

Figura 5. Diagrama de operaciones de procesos



Fuente: SÁLAZAR, Jorge. *Montaje y puesta en marcha de la planta de mezcla en seco de la empresa ADM Nutrición Animal, S. A.* p. 172.

8. ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE
PREGUNTAS ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Planificación de la producción

1.2. Planificación de la demanda

1.3. Pronóstico de la demanda

1.3.1. Métodos de pronósticos

1.3.2. Error del pronóstico

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1. Aspectos generales de la empresa

2.1.1. Historia

2.1.2. Ubicación

2.1.3. Misión

2.1.4. Visión

2.1.5. Sistema de calidad

2.1.6. Estructura organizacional

- 2.2. Situación actual de los pronósticos de la empresa
 - 2.2.1. Revisión de los métodos de pronósticos utilizados
 - 2.2.2. Análisis del sistema de administración del inventario
 - 2.2.3. Análisis de rotación de inventario

- 3. PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACIÓN
 - 3.1. Determinación de la clasificación ABC
 - 3.2. Establecimiento de los pronósticos
 - 3.3. Evaluación de métodos de pronósticos
 - 3.4. Medición de error del pronóstico
 - 3.5. Implementación del sistema de pronósticos
 - 3.6. Establecimiento de indicadores

- 4. SEGUIMIENTO Y CONTROL
 - 4.1. Medición de indicadores
 - 4.2. Ajustes del sistema

- 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS
 - 5.1. Tabla de resultados
 - 5.2. Gráficos de resultados
 - 5.3. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de investigación

Según el propósito del estudio la investigación según su alcance es aplicada, ya que se llevará a cabo en un proceso específico para una sola empresa, su enfoque será evaluar diferentes métodos de pronósticos de demanda de materias primas y establecer un sistema adecuado para esta organización.

Según la naturaleza de las variables será investigación de intervención, porque los resultados obtenidos se utilizarán para tomar decisiones sobre las compras de materias primas y establecer indicadores de desempeño del sistema propuesto.

Es longitudinal ya que el tiempo es una variable importante en el estudio, ya que se evaluarán períodos de tiempo comprendidos por el número de meses de 3 años hacia atrás.

Por la ubicación de los hechos se considera retrospectiva, porque se evaluarán datos históricos de los períodos de 36 meses anteriores al estudio, evaluando las curvas de comportamiento de cada materia prima durante este tiempo.

Puede considerarse explicativa, porque hará una estimación de las variables, es decir, se pronosticará su comportamiento en un futuro cercano partiendo de su comportamiento histórico.

9.2. Técnicas de investigación

El estudio se llevará a cabo en la fábrica de premezclas ubicada en zona 12, evaluando los ítems del inventario de materias primas. Las técnicas a utilizar son las siguientes:

- Observación directa de los datos extraídos de la base de datos del inventario.
- Análisis estadístico de las curvas de tendencia de las materias primas, estableciendo media, desviación estándar y coeficiente de correlación.
- Evaluación de diferentes métodos cuantitativos de pronósticos para los artículos seleccionados a través de la clasificación ABC.
- Tabla de distribución de frecuencias y análisis de Pareto para clasificación de artículos y medición de indicadores.
- Simulación de los métodos de pronósticos en períodos de 2, 3 hasta seis meses y comparación con las demandas reales de estos meses cuando se tenga la información.
- Creación de escenarios con diferentes métodos de pronósticos y comparación con la demanda real, cuando esta se este dando.

9.3. Universo y muestra

- **Universo**

Se analizarán la totalidad de materias primas que se utilizan en la fabricación de premezclas alimenticias para animales, en total son 180 artículos, los cuales están clasificados por familias de ingredientes, las cuales son: vitaminas, minerales, aminoácidos, enzimas, levaduras, pigmentos, aditivos y excipiente.

- **Muestra**

Se hará un muestreo por descarte utilizando la técnica de inventarios ABC, la cual según la ley de Pareto (80/20), se establecerán cuáles son los ingredientes más determinantes por costo y rotación. Adicionalmente se revisará la prevalencia del ingrediente en la formulación para hacer una nueva selección. Finalmente, para los ingredientes o materias primas que no se consideren prioritarios se utilizará el método de pronóstico promedio móvil simple.

9.4. Variables e indicadores

Las variables en estudio serán de tipo cuantitativas. Las cuales son: rotación, costo, margen de error, frecuencia de rotura de *stock*.

Tabla V. **Variables**

VARIABLE	INDICADOR	OBSERVACION
Rotación	Cantidad de rotaciones por año	Se revisarán los días inventario y se determinará la rotación por año.
Costo	Valor monetario del costo sin IVA de cada artículo.	Determinar el peso del ingrediente en el costo del inventario.
Margen de error del pronóstico	Desviación existente entre el pronóstico y la demanda real, expresada en valor absoluto.	Determinar el margen de error por artículo.
Frecuencia de rotura de <i>stock</i>	Cantidad de veces que una materia prima se queda en valor cero.	Determinar la frecuencia por mes.

Fuente: elaboración propia.

9.5. Procedimientos y técnicas

El procedimiento a utilizar está basado en el estudio de Pérez, Mosquera y Bravo (2012), sobre aplicación de modelos de pronósticos en productos de consumo masivo, el cual se basa en la clasificación de inventarios ABC para priorizar los productos a los que se evaluarán los diferentes métodos de pronósticos, utilizando el que presente el menor error de pronóstico. El procedimiento a seguir es el siguiente se organizará en las siguientes fases:

- Fase 1: análisis de la base de datos

Se utilizará la información histórica mensual de 36 períodos del 100 por ciento de los artículos. Se llevará a cabo un análisis situacional de la demanda de acuerdo a la explosión de materiales de la formulación de la oferta y cantidad despachada, además de la demanda no cubierta; estableciendo los artículos que tienen menor rotación en el año e identificando los que han tenido una demanda ocasional o especial que pueden afectar la medición.

- Fase 2: clasificación de materias primas

Se utilizará el método de Pareto, el cual indica que el 80 por ciento de los resultados obtenidos es afectado únicamente por el 20 por ciento de las causales. Se determinarán los artículos de materias primas que tienen más relevancia en costo y rotación. Se incluirá una variable adicional al sistema de inventarios ABC, la cual consiste en determinar los artículos que prevalecen en todas o en la mayoría de fórmulas alimenticias; esto para determinar cuáles son las materias primas que son más necesarias y que no pueden faltar o sea que su valor de inventario no debe ser cero o menos del inventario de seguridad. Con esta fase se cumple el primer objetivo de la investigación.

- Fase 3: clasificación propuesta de materias primas

Se hará la distribución de ítems de acuerdo a una matriz de clasificación de costo (A,B,C) en orden de importancia y (X,Y,Z) para rotación, estableciendo una combinación para crear 6 subtipos de materias primas. Posteriormente se determinarán los artículos que aparecen con mayor frecuencia en la formulación de los productos terminados, de esta manera se establecerá una categoría llamada AAA para estos artículos, los cuales siempre deben tener *stock*.

- Fase 4: prueba de métodos de pronósticos para cada ítem

Se evaluarán: los diferentes métodos de pronósticos cuantitativos a los artículos se prioricen de acuerdo a la clasificación ABC, las curvas de tendencia y tres distintos métodos por cada artículo, en el cual se establecerán los siguientes indicadores:

- Coeficiente de correlación
- Error cuadrático medio (ECM)
- Coeficiente de variación

El primer indicador se utilizará para determinar si la curva de tendencia es aplicable al método propuesto, es decir, si estadísticamente se ajusta al resultado esperado. El segundo es el error del pronóstico vs la demanda real, de esta manera se determinará el método apropiado para cada artículo y el coeficiente de correlación se utilizará para hacer los ajustes en la estimación.

Es esta fase se determinará el margen de error de aprovisionamiento actual para cumplir con el segundo objetivo específico.

- Fase 5: establecimiento de error de estimación y coeficiente de variación

Se utilizarán tres indicadores, de acuerdo a la tendencia de las curvas de comportamiento de cada artículo seleccionado, se establecerá el error de estimación y el coeficiente de variación, estos se evaluarán por un período de seis meses, para determinar al final cual fue el mejor método de los evaluados en cada ítem. Finalmente, se establecerán los índices aceptados de estos indicadores, los cuales se utilizarán para el seguimiento y control del método propuesto.

- Fase 6: determinación de la frecuencia de roturas de *stock*

Para el cumplimiento del tercer objetivo específico de la investigación, se establecerá el índice de frecuencia de roturas de *stock*, de acuerdo a la información histórica y en la evaluación de los métodos de pronósticos propuestos. De esta manera se comparará el sistema actual contra el propuesto para determinar si este indicador tiende a disminuir. Finalmente se establecerá el índice aceptable, el cual debe ser utilizado para el seguimiento y mejora del sistema.

- Fase 7: establecer el sistema de pronósticos

Al tener la evaluación final de los diferentes métodos para los artículos seleccionados, se establecerá el sistema propuesto de pronósticos de compras de materias primas, el cual utilizará indicadores de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación. Al concluir esta fase se cumple con el objetivo general de la investigación.

Se establecerán indicadores de desempeño para el seguimiento y control del sistema propuesto, los cuales son:

- Margen de error de aprovisionamiento
- Frecuencia de roturas de *stock*
- Error del pronóstico

Estos indicadores deberán ser medidos en períodos de tiempo mensual, bimestral, trimestral o semestral o como lo determine la política de inventarios de la empresa para hacer los ajustes necesarios al sistema.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis de información son estadísticas descriptivas, las cuales se utilizarán de la siguiente forma:

- Gráfica de Pareto: esta se utilizará para la clasificación de los artículos según su rotación y costo.
- Gráficas de tendencia: con esta técnica se analizará la información histórica de cada ítem, para adaptarla al método de pronóstico según lo indica su curva, utilizando el coeficiente de correlación.
- Distribución de frecuencias: se utilizará para analizar los artículos que son más determinantes en la formulación. Además, para determinar frecuencia de roturas de *stock*.
- Gráficas de pastel: esta se utilizará para determinar los porcentajes de peso de las materias primas y para representar los porcentajes del margen de error de aprovisionamiento.
- Análisis de regresión y correlación: esta técnica se utilizará para evaluar los diferentes métodos de pronóstico y determinar el error del pronóstico.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Los recursos necesarios para llevar a cabo la investigación los proporcionará la empresa donde se efectuará el estudio.

12.1. Humanos

Los recursos humanos son los siguientes:

- Investigador: Juan José Mendoza
- Asesor: MSc. Ing. Walfred Elías Taracena
- Analista de compras de la empresa

12.2. Institucionales

Los recursos institucionales son los siguientes:

- Empresa fabricante de premezclas alimenticias para animales
- Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, USAC

12.3. Materiales y equipo

Los materiales y equipo a utilizar será proporcionados por la empresa donde se llevará a cabo el estudio en su mayoría, dentro de estos se pueden listar los siguientes:

- Computadora

- Útiles de oficina
- Sistema informático de la empresa
- Documentos bibliográficos
- Espacio físico en la empresa en estudio (oficina)

12.4. Presupuesto

Para determinar la factibilidad del estudio se presenta el cuadro con los costos en los que se incurrirá al realizar el estudio.

Tabla VI. Recursos físicos y financieros

Materiales e insumos	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Papelería y útiles de oficina	500,000/mes	3 000,00
Computadora portátil		8 000,00
Otros enseres		1 000,00
Recurso humano		
Estudiante de maestría	100,00 /h	20 000,00
Asesor de tesis	200,00 /h	2 500,00
Analista	50,00 /h	12 000,00
Capacitación		
Curso de mejora continua (20 horas)		5 000,00
Refrigerios	25,00 por persona	1 250,00
Total		34 750,00

Fuente: elaboración propia.

Los recursos materiales e insumos son proporcionados por la empresa al igual que el analista y los recursos para capacitación, el costo del asesor es absorbido por el maestrando.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Ballou, R. (2004). *Logística, Administración de la cadena de suministro*. México, D. F., México: Prentice-Hall.
2. C.A.P., T. (1988). *Introduction to paint chemistry principle of paint technology*. Londres: Chapman and Hall.
3. Carbonell, J. C. (2009). *Pinturas y recubrimientos, Introducción a su tecnología*. Madrid: Díaz de Santos.
4. Coelho M. B. (1991). *Feed Management 42 (10): 24*. American Feed Industry Asociation Inc. Arlington Virginia, USA.
5. Comisión Nacional del Medio Ambiente (1998). *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial*. Santiago.
6. Díaz-Batista, J., & Pérez-Armayor, D. (2012). *Optimización de los niveles de inventario de una cadena de suministro*. *Ingeniería Industrial*, 33 (2), 126-132.
7. García, A., Vásquez, D., Reyes, H., Saenz, A., & Limon, A. (2009). *Investigación en el ámbito empresarial "Pronósticos, supervisión e indicadores financieros"*. Boca del Río, Veracruz, México: Universidad Cristóbal Colon.

8. Giudice, C., & Pereyra, A. (2009). *Tecnología de pinturas y recubrimientos*. Buenos Aires: Edutecne.
9. Hillier, F., & Lieberman, G. (2002). *Investigación de Operaciones*. Boca Ratón, Estados Unidos: McGraw-Hill.
10. J., R. (2011). *Caracterización de las Aguas Residuales de una industria farmacéutica y propuesta de un proceso para la reducción y control de los contaminantes presentes*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
11. Pan, A., & Liao C. (1989). *An Inventory model under justo in time purchasing agreements*. Production and Inventory Management.
12. P., F. (s.f.). *Gestión de la higiene industrial en la empresa*. Madrid: FC Editorial.
13. Schoreder, R. (2005). *Administración de Operaciones*. Boca Ratón, Estados Unidos: McGraw-Hill. Vol. 15.
14. S. f. (1998). *Informe medioambiental del sector pinturas y barnices*. Santiago: Fundación Entorno.
15. SILVER, E. D. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. New York: John Wiley & Sons.
16. Syntetos, A. a. (2005). *The accuracy of intermittent demand estimates*. International Journal of Forecasting, 1(21), 303-314.

17. Vidal, C. (2003). *Fundamentos de gestión de inventarios*. Cali: Cali.
18. Vidal, C. J. (2004). *Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y N puntos de venta*. *Ingeniería y Productividad*, 6(1), 35-52.
19. Vollmann, T. B. (2005). *Planeación y control de la producción*. México: McGraw-Hill.
20. Waelti, G. (1998). *El efecto de la globalización sobre la fabricación de pinturas domésticas en Guatemala*. Guatemala: Universidad Francisco Marroquín.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. **Matriz de coherencia: sistema de pronósticos de materias primas para la fabricación de premezclas alimenticias para animales**

Pregunta de investigación	Objetivos	Hipótesis	Método propuesto	Resultados esperados
¿Cuál es el sistema de pronóstico de compras de materias primas que debe utilizarse en la fabricación de fórmulas alimenticias para animales?	Objetivo general Establecer un sistema de pronósticos de compras de materias primas para la fabricación de fórmulas alimenticias para animales	Mejorar la estimación de compras de materias primas	Matriz de relación de rotación vs costo Evaluación de métodos de pronóstico existentes	Determinar el método de pronóstico para cada materia prima
¿Cuáles son las materias primas determinantes por rotación y costo?	Establecer las materias primas determinantes por rotación y costo.	Mejorar el sistema de inventarios	Matriz de relación rotación/costo Análisis de Pareto	Clasificación de materias primas determinantes por rotación y costo
¿Cuál es el margen de error de aprovisionamiento?	Establecer el margen de error de aprovisionamiento	Disminuir el margen de error de aprovisionamiento	Comparación de error de estimación y coeficiente de variación	Determinación de margen de error de aprovisionamiento
¿Cuál es la frecuencia de roturas de stock?	Determinar la frecuencia de roturas de stock	Disminuir la frecuencia de roturas de stock	Diagrama de frecuencia de roturas de stock	Determinar frecuencia de roturas de stock

Fuente: elaboración propia.

