



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE UN MODELO ECONÓMICO DE PEDIDO
POR CORRIDAS DE PRODUCCIÓN PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRE DE ACERO TREFILADO Y SUS DERIVADOS**

José Guillermo Matias Rodríguez

Asesorado por el Msc. Ing. Renaldo Girón Alvarado

Guatemala, octubre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE UN MODELO ECONÓMICO DE PEDIDO
POR CORRIDAS DE PRODUCCIÓN PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRE DE ACERO TREFILADO Y SUS DERIVADOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ GUILLERMO MATIAS RODRÍGUEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. RENALDO GIRÓN ALVARADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE UN MODELO ECONÓMICO DE PEDIDO POR CORRIDAS DE PRODUCCIÓN PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRE DE ACERO TREFILADO Y SUS DERIVADOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha de 23 de agosto de 2019.

José Guillermo Matias Rodríguez

Ref. EEPFI-191-2020
Guatemala, 12 de febrero de 2020

Director
Gilberto Morales Baiza
Escuela de Ingeniería Mecánica
Presente.


Estimado Ing. Morales:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN DE UN MODELO ECONÓMICO DE PEDIDO POR CORRIDAS DE PRODUCCIÓN PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRE DE ACERO TREFILADO Y SUS DERIVADOS**, presentado por el estudiante **José Guillermo Matías Rodríguez** carné número **201503420**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes Gestión Industrial.


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

Sin otro particular,

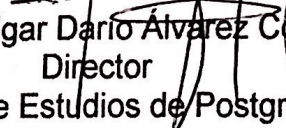
Atentamente,


Ing. Renaldo Girón Alvarado
C.C. 5277
Mtro. Renaldo Girón Alvarado
Asesor

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Hugo Humberto Rivera Pérez
Coordinador de Maestría
Gestión Industrial




Mtro. Edgar Darío Álvarez Cortés
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

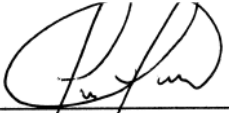
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.131.2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE UN MODELO ECONÓMICO DE PEDIDO POR CORRIDAS DE PRODUCCIÓN PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRE DE ACERO TREFLADO Y SUS DERIVADOS** del estudiante **José Guillermo Matías Rodríguez**, DPI **2993132040101**, Reg. Académico **201503420** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Vo.Bo. Ing.



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

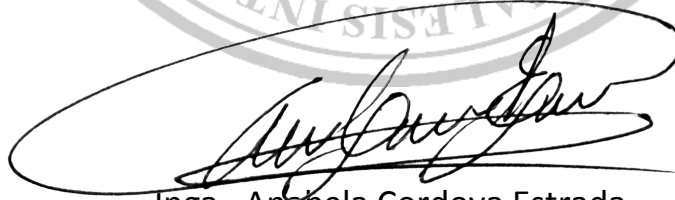
Guatemala, septiembre de 2020

/aej

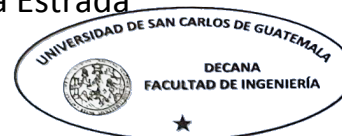
DTG. 297.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE UN MODELO ECONÓMICO DE PEDIDO POR CORRIDAS DE PRODUCCIÓN PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRE DE ACERO TREFILADO Y SUS DERIVADOS**, presentado por el estudiante universitario: **José Guillermo Matias Rodríguez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser luz y fortaleza en mi vida, por nunca permitir que me rindiera, por todos esos acontecimientos sucedidos y personas que puso a lo largo del camino para mantenerme siempre centrado en el objetivo.

Mi madre

María Olga Rodríguez, por ser la persona que sin importar las circunstancias me inspiró a seguir adelante, me motivó, me aconsejó, nunca dudó de mi capacidad y ser la prueba contundente del amor que Dios tiene para mí. Te amo.

Mi padre

Hugo Elvis Matias, por luchar día tras día para que desconociera menos y entendiera más sobre la vida. Por enseñarme que si se hacen las cosas bien no hay de que arrepentirse y por brindarme su consejo y apoyo incondicional. Te amo.

Familia

Por todos los consejos, el cariño y el apoyo que me brindaron en todo momento, gracias por creer en mí.

Mi abuelo (q.d.e.p.)

Ángel Gelir Rodríguez Tello, porque fue un gran hombre, un excelente profesional, y aún en su ausencia, sus consejos y acciones me guiaron y motivaron para seguir adelante. Gracias por seguir cuidando de nosotros.

Mi tío

Ángel Estuardo Rodríguez, por los grandes consejos, el apoyo en mis proyectos y el ejemplo de moral y ética.

Mi novia

Michelle Paiz, por su apoyo incondicional, su amor y comprensión. Porque a pesar de cada circunstancia, decidió quedarse a mi lado, creer en mí y ser mi soporte en este camino.

Mis amigos

Por la ayuda brindada, por los buenos consejos y los buenos recuerdos. Por hacer más alegre el camino.

AGRADECIMIENTO A:

Pueblo de Guatemala	Por el privilegio de brindarme una formación como profesional.
Universidad San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas al conocimiento y brindarme el tesoro del saber. Es un orgullo representar a esta casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme herramientas, excelentes catedráticos y profesionales para guiarme en mi formación como profesional.
Asesor	Msc. Ing. Renaldo Girón, por su excelente asesoría y apoyo en mi trabajo de graduación sin ningún interés, más que el de enriquecer a la sociedad guatemalteca con profesionalismo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS.....	15
5.1. General	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17
7. MARCO TEÓRICO	19
7.1. Producción de alambre trefilado	19
7.1.1. Proceso del alambre trefilado	20
7.1.1.1. Trefiladoras y sus tipos	21
7.1.1.2. Proceso de recocido	24

7.1.2.	Materia prima e insumos para producir alambre trefilado	25
7.1.2.1.	Tipos de alambón.....	25
7.1.2.2.	Dados para trefilación.....	26
7.1.2.3.	Tipos de lubricantes para trefilación	28
7.1.2.4.	Equipos auxiliares para el proceso de trefilación	29
7.1.3.	Productos realizados a partir de alambre trefilado en la industria guatemalteca y sus aplicaciones	32
7.1.4.	Factores críticos para la productividad en la producción de alambre trefilado	34
7.1.5.	Mermas producidas en el proceso de trefilado ..	36
7.1.6.	Importancia de los colaboradores en la producción del alambre trefilado.....	38
7.1.6.1.	Importancia de los procedimientos dentro de un proceso.....	39
7.1.7.	Información crítica a través de un proceso	41
7.1.8.	Control de producción	43
7.2.	Inventarios	50
7.2.1.	Inventarios: importancia, tipos y costos	50
7.2.2.	Gestión de inventarios.....	53
7.2.3.	Control de inventarios	54
7.2.4.	Políticas de inventarios.....	56
7.2.5.	Pronósticos	58
7.3.	Modelo económico de pedido por corrida de producción	64
7.3.1.	Modelos complejos.....	66

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	71
9.	METODOLOGÍA	73
9.1.	Enfoque.....	73
9.2.	Diseño	73
9.3.	Tipo	73
9.4.	Alcance.....	74
9.5.	Variables	74
9.6.	Fases del estudio	75
9.7.	Resultados esperados	77
9.8.	Población y muestra	78
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	81
11.	CRONOGRAMA.....	83
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	85
13.	REFERENCIAS.....	87
14.	APÉNDICES	91
15.	ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución.....	18
2.	Proceso de trefilado	21
3.	Esquema de una máquina trefiladora.....	22
4.	Dados de carburo de tungsteno	26
5.	Conformación de un dado para trefilación.....	28
6.	Decapador	30
7.	Procesos productivos.....	33
8.	Figuras básicas para diagramas	41
9.	Integración de procesos de producción.....	43
10.	Esquema de diagrama planificación estratégica-planificación de operaciones	44
11.	Proceso de plan maestro de producción	46
12.	Modelos de gestión de inventarios	54
13.	Comparación de modelos “P” y “Q”.....	55
14.	Gráfico Pareto, interpretación	58
15.	Pronósticos según tipo.....	59
16.	Gráficas de modelos de series de tiempo	60
17.	Ecuación para modelo de promedios móviles	61
18.	Ecuación para modelo de suavizamiento exponencial	62
19.	Ecuación para modelo de mínimos cuadrados	63
20.	Ecuación para modelo de cantidad económica por pedido	64
21.	Ecuación para modelo de cantidad económica por pedido por corrida de producción.....	66

22.	Ecuación para modelo Silver-Meal	66
23.	Ecuación para modelo costo unitario mínimo	67
24.	Ecuación para modelo balance periodo fragmentado	68
25.	Ecuación para algoritmo de Wagner Whitin	68
26.	Cronograma del estudio	83

TABLAS

I.	Variables de estudio	74
II.	Fórmula para muestra aleatoria poblacional	78
III.	Ecuaciones de indicadores estadísticos	81
IV.	Presupuesto para la realización del estudio	86

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Alfa
kW	Kilowatts
Mm	Milímetros
σ	Sigma
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés, es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.
Caja reductora	Es un mecanismo que consiste, generalmente, en un grupo de engranajes con el que se consigue mantener la velocidad de salida en un régimen cercano al ideal para el funcionamiento del generador.
Calidad	Propiedades inherentes a un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas.
Carbono en el acero	El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad.

Carburo de tungsteno	Metal conformado con carbono y wolframio, su dureza es comparada con la del diamante. Tiene una gran resistencia al desgaste, resistencia a altas compresiones y temperaturas.
Chatarra	Materia de desecho, formada por trozos de metal de objetos, máquinas o aparatos viejos, que puede ser transformada en material útil.
Cojinete	Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de rodadura.
Competitividad	Capacidad que tiene una organización o país de obtener rentabilidad en el mercado en relación con sus competidores.
Dado para trefilado	Es un componente de forma cónica, por donde pasa alambre para reducir su diámetro. Es utilizado en calibres menores a 2.5 milímetros de diámetro.
Ductilidad	Es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza pueden deformarse plásticamente de manera sostenible sin romperse.

Faja	Es una cinta o correa continua que sirve para la transmisión de movimiento de dos o más ruedas que accionan o no un eje.
Galvanización	Es un procedimiento para recubrir piezas terminadas de hierro/acero mediante su inmersión en un crisol de zinc fundido a 450 °C. Tiene como principal objetivo evitar la oxidación y corrosión que la humedad y la contaminación ambiental pueden ocasionar sobre el hierro.
Gestión	Conjunto de operaciones que se realizan para dirigir y administrar un proceso.
Hilera para trefilado	Es un componente de forma cilíndrica hueca y en su interior aloja un dado para trefilado. Es utilizado en calibres mayores a 2.5 milímetros de diámetro.
Indicador	Mediciones cuantificables, acordadas de antemano, que reflejan los factores críticos de éxito de una organización.
Laminación	Proceso mediante el cual se reduce el espesor de una lámina o metal aplicando presión mediante el uso de distintos procesos.

Malla ciclón galvanizada	Malla tejida helicoidalmente que se estructura en forma de rombos, está hecha de alambre de acero galvanizado.
Motor AC	Motores eléctricos que funcionan con alimentación eléctrica de corriente alterna. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par.
Muelles	Pieza elástica dispuesta en espiral, generalmente de metal, que se usa en ciertos mecanismos por la fuerza que desarrolla al recobrar su posición natural después de haber sido deformada.
Optimización	Mejorar un proceso utilizando o asignando todos los recursos que intervienen en el de la mejor manera posible.
Palanquilla	Es una barra de acero fabricada a partir de acero crudo que no tiene las esquinas pulidas, así es más fácil venderlo y transportarlo. El acero crudo no se puede utilizar si no está procesado de este modo, dotándole de una mayor funcionalidad.

Panel eléctrico	Es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica, en el se protegen cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación a través de fusibles, protecciones magneto térmicas y diferenciales.
Polea	Es un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza. Consiste en una rueda con un canal en su periferia, por el cual pasa una cuerda que gira sobre un eje central.
Proceso	Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transformaran elementos de entrada en resultados.
Productividad	Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.
Pulpito	En este va montado todos los controles manuales, por lo general pulsadores, que maneja el operador y paros de emergencia.
Satisfacción	Percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos.

RESUMEN

Es común que las organizaciones que tienen demanda constante y creciente descuiden procedimientos o métodos establecidos para cumplir con las solicitudes de los clientes, también en algún punto se pierde la búsqueda de la mejora continua.

Por ser una organización productiva se debe enfocar en la satisfacción del cliente, esto se cumple si se provee de un producto con la calidad ofrecida, al precio acordado y el tiempo justo.

Si el producto no es esta disponible para el cliente, toda la cadena tras la producción del mismo no se encuentra correctamente establecida y organizada, por lo que se debe estudiar cada eslabón y determinar la manera correcta de guiarlo para que toda fluya de la manera integral.

El manejo correcto de los inventarios (materia prima, producto intermedio y producto final) es primordial para mantener la disponibilidad del producto, sin embargo, es complicado si no se tiene un modelo a seguir y únicamente se vela por los despachos del producto.

El objetivo principal de este estudio es plantear las guías basadas en el modelo económico por corridas de producción para la gestión de inventarios en una planta de producción de alambre trefilado, para evitar un desabastecimiento de producto final y también de materia prima e insumos, esto con el propósito de mejorar el proceso de producción y consecuentemente lo más importante, la satisfacción del cliente.

1. INTRODUCCIÓN

La industria del alambre trefilado y sus derivados es cada día más competitiva dentro del país, este cada vez se vuelve un proceso intermedio necesario para mayor cantidad de productos terminados según avances tecnológicos. Para Guatemala, que es un país en pleno desarrollo, la construcción y la ganadería, que son sus principales mercados, vuelven su consumo y necesidad cada vez mayor.

Debido a la alta competencia que tiene este producto en el mercado guatemalteco, es necesario tener disponibilidad del producto siempre para mantener la satisfacción del cliente lo más alto posible y con esto seguir marcando ese diferencial que vuelve competitiva a la organización, manteniendo la calidad esperada.

El presente trabajo de investigación consiste en una evaluación y la presentación de un diseño de planificación y gestión de inventarios basadas en el modelo de cantidad económica de pedido por corridas de producción.

La problemática que presenta la organización es el desabastecimiento intermitente de materia prima e insumos para la producción de alambre trefilado y sus derivados, esto debido a la poca planificación y el no tener datos reales y precisos de la producción reflejados en los inventarios. Asimismo, ocasiona una baja en los indicadores de productividad de la planta, así como la inconformidad de los clientes y colaboradores.

La importancia de la investigación radica en tener la mayor disponibilidad de producto terminado siempre ante las solicitudes de los clientes, los cuales son la razón principal de la organización, también busca aumentar la productividad y disminuir los costos, teniendo una producción estable y conforme a la demanda necesaria.

El estudio tiene un enfoque mixto, ya que las variables propuestas son: cuantitativas porque las técnicas de recolección e interpretación de datos serán numéricas (estadísticas y matemáticas); y cualitativas, porque se evaluará mediante la observación, entrevistas o textos. El diseño es no experimental transeccional y el alcance es a nivel de evaluación y planteamiento de propuesta.

El esquema de solución que se ensayará es a través de cuatro fases de investigación: la primera fase, se realizará la revisión documental para tener contexto de los antecedentes; posteriormente en la segunda fase, se realizará un diagnóstico del estado actual de la planeación de la demanda y la gestión de inventarios; en la tercera fase, se analizará las variables planteadas a través de fuentes primarias de información, determinando así los factores críticos que intervienen en el proceso, es decir, las áreas y encargados del control de inventario y planeación de la demanda y por último, se analizará la información obtenida para realizar una propuesta de un modelo de cantidad económica de pedido por corridas de producción para la planeación y gestión de inventarios.

El estudio es factible ya que se cuenta con todos los recursos tecnológicos, humanos, información e infraestructura para desarrollar la investigación. La información de la empresa será utilizada respetando todos los derechos de propiedad y confidencialidad.

El primer capítulo de la investigación será desarrollar el marco teórico, para indagar sobre la industria de la trefilación, la planificación y gestión de inventarios a través de modelos establecidos, controles de producción relacionados que podrían servir como referencia para realizar recomendaciones y temas varios relacionados a los inventarios. Todo en base a las fuentes primarias obtenidas.

El segundo capítulo corresponde la presentación de resultados, es la realización del diagnóstico de la organización, análisis de factores críticos y la construcción del modelo a proponer para la planificación y gestión de inventarios.

En el tercer capítulo se discutirán los resultados, se verificará el impacto que podría tener implementar el modelo y la continuación de la investigación para la organización.

2. ANTECEDENTES

Para la correcta gestión de inventarios es necesaria una buena integración de factores críticos durante las actividades de producción, según Hernández, Mula, Poler y Feriolls (citados en Salas, Mejía y Acevedo, 2017). En su investigación definen los estándares de integración de la cadena de suministros y bajo la metodología de transmitir los pronósticos evaluados para la demanda en los peldaños de la cadena. Se obtienen mejoras significativas en los procesos productivos, inventarios de seguridad más reales y mejoras en la repuesta a los clientes.

Al respecto, Sana, Acevedo y Salas (citados en Salas, Mejía y Acevedo, 2017) mencionan que “La colaboración entre los miembros de la cadena permite realizar procesos de producción y distribución más rentables, así como una mejor respuesta a la demanda de los clientes” (p. 135).

Lo anterior sugiere que, es necesario definir a cada participante y determinar la forma en que se integrara, compartiendo los pronósticos de producción. Un modelo de gestión correcto mejora la respuesta a los clientes.

En un proceso de producción es necesario identificar la forma en que se realizan los procesos y como pueden mejorar. Así lo menciona, Rodríguez (2005) a través de su investigación sobre optimización de procesos y procedimientos mediante un estudio de métodos. El cual permite identificar los problemas que se tienen en el proceso y la capacidad que se tiene de producción.

Ramírez (2011) también menciona en su investigación sobre la elaboración de un manual para estandarizar el proceso de trefilación, a través de los procesos operativos, que una buena ejecución de procedimientos atrae un mejor trabajo en equipo entre personal de diferentes niveles y departamentos, optimizando aprendizaje, tiempo y enfocándose más en mejorar la práctica.

Lo anterior, sugiere un estudio de métodos para identificar los factores críticos de un proceso y evaluar los puntos de mejora, también con esto lograr una producción estable que se reflejará en el aumento de la productividad.

La evaluación de un sistema para control de inventarios es indispensable para no tener problemas de insumos, materia prima o despachos a clientes. Según lo menciona, Ramírez y Mauri (2016) en su investigación sobre los diferentes sistemas creados para la gestión de inventarios, utilizando la metodología ABC (donde A refleja la mayor ganancia y C pérdida por bajo movimiento) y análisis de Pareto. Obtienen un sistema que actué con total fiabilidad y satisface al cliente ya que relaciona las variables más relevantes y permite evaluar indicadores para la toma de decisiones.

La importancia del control de inventarios, como, se definió anteriormente evita la constante problemática de desabastecimiento de insumos, materias primas y no despachar según la demanda, además sugiere la metodología de ABC y análisis de Pareto.

Tener como opción el apoyo de la tecnología para la automatización de procesos es de suma importancia para tener un correcto manejo de bodegas, según, Guerrero, Marín y Bonilla (2018) “Muchas empresas han decidido implantar un sistema ERP con la finalidad de mejorar la gestión de información a

través de la automatización de procesos operativos y es que les ha dado resultados positivos a través del tiempo” (p. 186).

También lo menciona, Arbones (citado en Pérez, 2015) “Un sistema automatizado es un conjunto que, después de haber recibido instrucciones suministradas por un operador, decide y actúa, sustituyendo así al hombre. Tal sustitución produce mayor rapidez de ejecución, mejor regulación de los resultados y evita al hombre las tareas penosas y repetitivas” (p. 234).

Lo anterior sugiere la creación de un sistema automatizado que pueda ser utilizado a lo largo del proceso y así mostrar la información concreta, mejorando los resultados y disminuyendo las injerencias del hombre. Esto podría ser de gran ayuda para plantear un enfoque a futuro para esta investigación y como está podría servir como guía para este tipo de aplicaciones.

La gestión de inventarios busca mantener la cantidad de materia prima e insumos necesarios para la producción lo más alta posible, impidiendo en cualquier momento el retraso en la producción o la no disponibilidad del producto final. Bustos y Chacón (2012) concluyeron en su investigación de gestión de inventarios para demanda independiente, los siguiente: “Para lograrlo, la función del aprovisionamiento se vale de los modelos de gestión de inventarios, los cuales basados en procedimientos determinísticos y probabilísticos de cálculo de las cantidades optimas por solicitar y de los puntos de pedido para cada uno de los ítems almacenados” (p. 128). También definen a la gestión de inventarios como el conjunto de políticas y normas que se deben seguir para mantener el inventario en su punto óptimo, cuando se debe reabastecer, en qué nivel deben mantenerse y el tamaño que deben ser los pedidos.

Mencionan también que los modelos de inventarios son evaluados a través de cálculos matemáticos un poco complejos, lo cual es necesario para obtener el rendimiento esperado. Su primicia principal es modelar la demanda dependiente de artículos a través de un pronóstico.

Finalmente, Bustos y Chacón (2012) presentan los objetivos que persigue la gestión de inventarios y demuestran las ventajas de utilizar un modelo determinístico, así como las restricciones que estos tienen, ya que se debe conocer la demanda a través del tiempo o sugieren utilizar un modelo de pronóstico para obtener una demanda planificada con una certidumbre aceptada y esta debe ser independiente de otros productos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desabastecimiento intermitente de materia prima e insumos en una planta de producción de alambre trefilado y sus derivados, no se tiene un control adecuado de los inventarios y tampoco una planificación basada en datos confiables.

El proceso del trefilado es la reducción del diámetro del alambroón o materia prima a través de dados de tungsteno que en cada pase tienen un diámetro menor, hasta obtener el diámetro deseado. Al ser un proceso de laminación en frío el alambre adquiere extrema dureza en el proceso de trefilado, por lo que requiere de un tratamiento térmico llamado recosido, para darle las propiedades de elasticidad, tenacidad y ductilidad propias del alambre de amarre, el cual es el producto final.

En la planta de producción de alambre trefilado se cuenta con cuatro líneas que producen idealmente 4 rollos de un quintal por hora cada una. Los operarios de cada línea realizan un reporte por turno de 10 horas de la cantidad de rollos que produjeron en cada hora. Al finalizar el turno dicho reporte es entregado al encargado, el cual genera un reporte general por turno de todas las líneas de la planta y así planificar el recosido.

El proceso de recosido se realiza en un horno que es capaz de recocer 160 rollos de un quintal cada uno, en un turno de 12 horas y utiliza aproximadamente 102 galones de diésel por cada turno. Para que el horno pueda operar es necesario precalentarlo por un turno completo con un gasto total de 150 galones de diésel, para que este consumo sea rentable es necesario que

realice quemas durante 5 días seguidos o 10 turnos. Si no se realizan los 10 turnos, el costo de galones por el precalentamiento se distribuye en mayor proporción en las quemas realizadas.

Los departamentos de ventas al hacer solicitud de despachos de rollos ya recosidos suelen ser muy variantes en relación a cantidad del pedido. Al no tener una gestión de inventarios, por lo general se recose conforme se despacha. El problema sucede cuando se realiza un pedido grande por parte de ventas, mayor a 400 rollos, y no se tiene disponible esta cantidad. Para cumplir con los requerimientos suelen hacer quemas de menos de 10 turnos, sin embargo, el gasto de combustible para el precalentamiento siempre es el mismo, y se comienza trefilar en turnos dobles lo cual genera un desabastecimiento de materia prima (alambrón). Ya que esta es de importación a través de un socio estratégico, cuando ya no está disponible se compra localmente, aunque no cumpla con los estándares de calidad y sea más costosa. La materia prima local produce un desgaste severo en los dados de tungsteno (insumos), que de igual manera son de importación, si se desabastece de estos se para la línea por completo.

Lo anterior, afecta en varios factores, pero principalmente en la productividad, la cual es medida mensualmente y toma en cuenta costos, consumos y horas hombre. La disminución de esta afecta tanto en la satisfacción del cliente, ya que no se tiene producto inmediato para su despacho, y a los colaboradores, estos reciben un bono basado en dicha productividad el cual corresponde entre un 35 y 40 % del salario ofrecido total.

Este problema no se había presentado, sino hasta hace aproximadamente un año, que la demanda del producto ha aumentado.

Al realizar la investigación se podrá obtener un modelo de planificación y gestión de inventarios confiable para tener una producción estable y uniforme en el tiempo (productividad esperada), tomar decisiones de compra precisas y en el momento adecuado y tener producto terminado siempre disponible para el requerimiento del cliente. Manteniendo así ese diferencial de competitividad que ha tenido la organización años atrás.

Si no se realiza la investigación es posible que las ventas, las cuales son el objetivo principal de la empresa no sean las estimadas, puesto que no se contará con el producto final necesario para satisfacer las necesidades del cliente, que es en sí la única fuente de utilidad para la empresa. Además de seguir teniendo la desconformidad de los colaboradores, así como el aumento de costos.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿cómo un modelo económico de pedido por corridas de producción para la gestión de inventarios puede mejorar el desabastecimiento intermitente de materia prima e insumos en una planta de producción de alambre de acero trefilado y sus derivados? Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuáles son las deficiencias de los inventarios actualmente?
- ¿Cuál es el proceso adecuado para la retroalimentación de información a través de la producción, para el modelo de cantidad económica de pedido por corridas de producción de gestión de inventarios?
- ¿Qué beneficios tiene la gestión de inventarios para el control de la producción y la planeación de ventas?

El problema se delimita dentro una organización lucrativa que se dedica a la producción de alambre trefilado en 4 líneas conformadas por 8 trefiladoras cada una. Que, para cumplir con la creciente demanda de los clientes necesita un mejor control en la gestión de inventarios.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se inserta en las líneas de investigación de: estrategias en administración de inventarios y en implementación de sistemas de planificación de la producción (planeación de requerimientos de materiales y de recursos productivos de la maestría en gestión industrial). Se relaciona con el curso de Metodología de la Productividad, ya que se tomará como guía las técnicas adquiridas en el mismo.

La importancia de la investigación es porque para obtener una planta de producción más productiva se debe cuidar cada uno de los consumos que se tienen en la misma, así como el control en todo el proceso de producción, insumos, materia prima, productos en proceso y producto terminado. Si alguno de estos elementos no se integra a la cadena de información el proceso sufre de una disminución en su productividad.

La necesidad surge por el hecho de que se realizan malas prácticas en lugar de buscar una solución integral, para tomar decisiones en tiempo real y tener una mayor competitividad. Además del aumento de demanda que tiene el producto para lo cual es necesario tener mayor competitividad y diferenciarse frente a la competencia.

La motivación del investigador es el deseo por ampliar los conocimientos sobre la gestión de inventarios, crecer profesionalmente, que este estudio tenga un impacto económico para los colaboradores y la calidad de vida de sus familias y brindar las guías para seguir en la mejora continua.

El beneficio se podrá reflejar en la mejor satisfacción del cliente, mejor preparación para ventas inesperadas, reducir costos, analizar las ventas en el tiempo y producto disponible y con la misma calidad.

Los beneficiarios pueden ser la organización, posteriormente los colaboradores y el investigador ya que expandirá sus conocimientos con este tema.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Evaluar un modelo económico de pedido por corridas de producción para la gestión de inventarios en una planta de producción de alambre de acero trefilado y sus derivados.

5.2. Específicos

- Identificar deficiencias en el actual manejo de inventarios a través del análisis de reportes de producción y despachos a ventas.
- Determinar el proceso adecuado para retroalimentar la información a los inventarios a través de la producción para cumplir con el modelo económico de pedido por corridas de producción planteado.
- Establecer los beneficios que se tendrá con la correcta gestión de inventarios y cómo estos impactan en el control de producción y en la planeación de ventas.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La principal necesidad a cubrir en el ámbito laboral con la investigación es la disminución en la realización de malas prácticas y buscar una solución integral, mejorando la respuesta ante el aumento de demanda que tiene el producto y diferenciarse en el mercado.

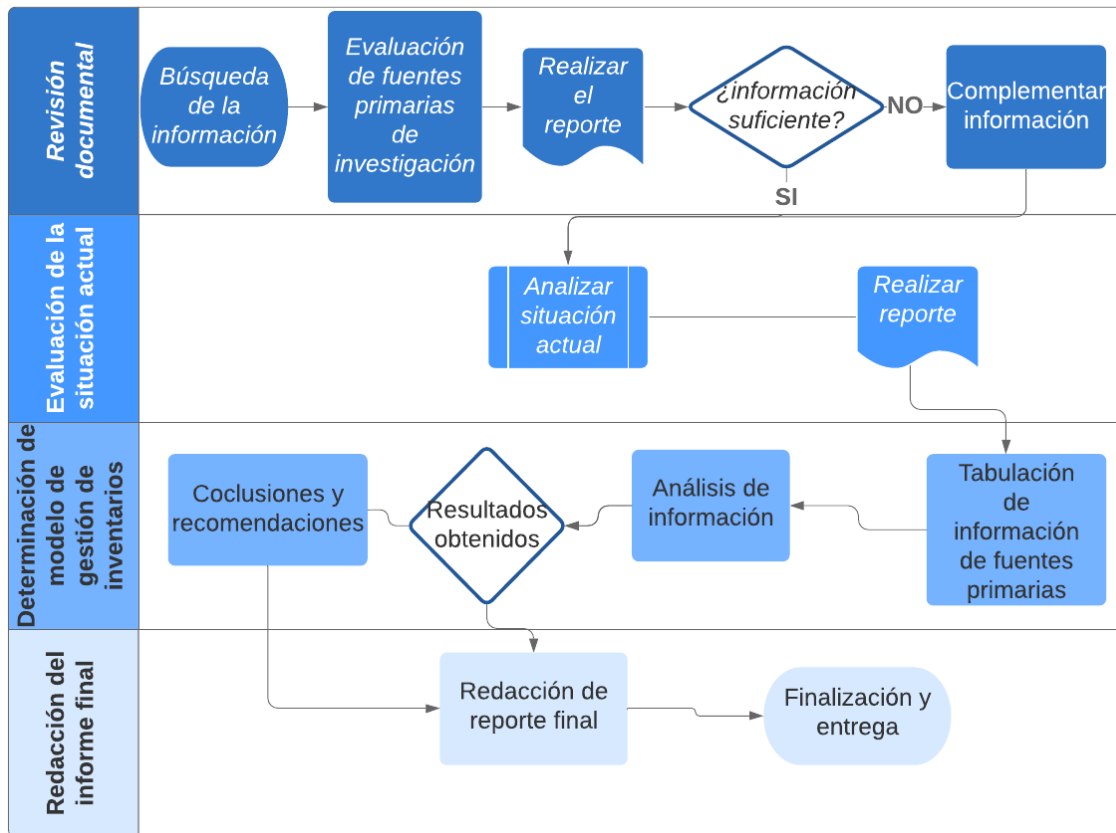
El estudio pretende crear una propuesta para disminuir los desabastecimientos, a través de la correcta gestión de inventarios obteniendo información correcta y en el tiempo adecuado para la toma de decisiones de compra y disponibilidad del producto siempre.

El esquema de solución que se ensayara es a través de cuatro fases de investigación: partiendo de la revisión documental para tener contexto de los antecedentes; posteriormente en la segunda fase, será realizar un diagnóstico del estado actual de la planeación de la demanda y la gestión de inventarios; En la tercera fase, se analizará las variables planteadas a través de fuentes primarias de información, determinando así los factores críticos que intervienen en el proceso, es decir, las áreas y encargados del control de inventario y planeación de la demanda y por último, se analizarán la información obtenida para realizar una propuesta de un modelo económico de pedido por corridas de producción para la gestión de inventarios.

En un inicio se había definido el problema, pero no se tenía claro cómo establecer la solución, posteriormente fue idea del investigador analizarlo a través de un modelo de gestión de inventarios, también se tienen reportes de la

demanda, pero se podría evaluar un pronóstico para proyectar el modelo en un futuro.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

La industria del alambre trefilado actualmente es muy amplia, ya que además de los usos tradicionales como: el alambre de amarre, alambre galvanizado y clavos, los cuales son mayormente utilizados en el mercado de la construcción, también se utiliza para la fabricación de ruedas, muelles, alambres pretensados, aeronáutica o en los grandes puentes atirantados.

7.1. Producción de alambre trefilado

Grandes organizaciones están dedicando tiempo y capital al desarrollo de alambre de diámetro cada vez más pequeño, para luego conformarlo en materiales compuestos con grandes prestaciones tecnológicas, mecánicas, etc.

Según Urbina (2016) la industria del trefilado tiene grandes ventajas como:

- Proceso mucho más sencillo que su contra parte, laminación en caliente
- Mejor precisión
- Acabados finos
- Aumento de dureza y resistencia
- Instalaciones para su producción sencillas
- Baja complejidad

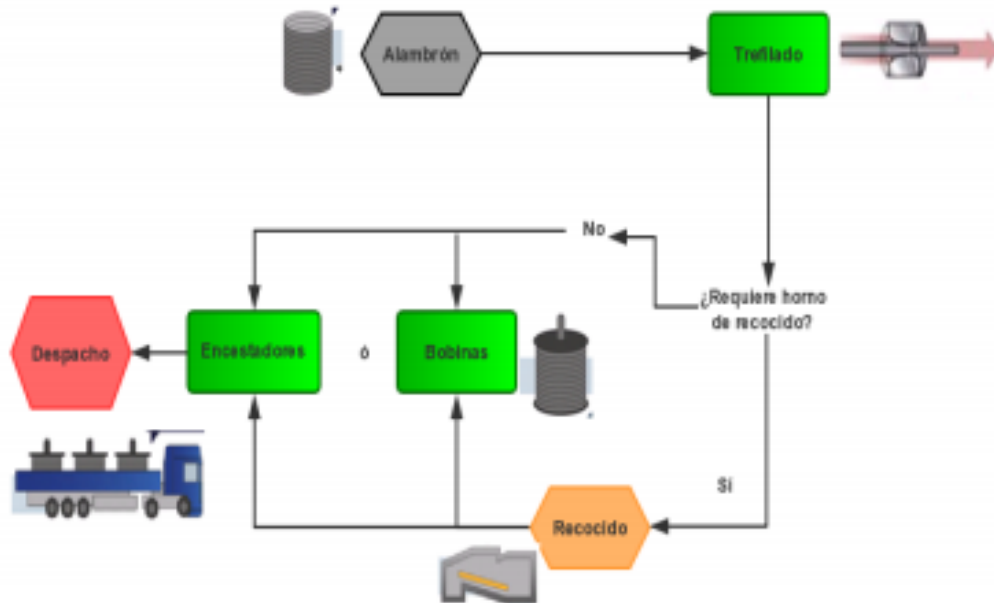
7.1.1. Proceso del alambre trefilado

Se entiende por trefilado cuando el alambre sufre un cambio de sección transversal al pasar por conos de extrema dureza, los cuales tienen un diámetro menor en cada trefiladora o pase y se refrigeran en seco a través de lubricante colocado en la caja para polvo (figura 3) en la que va montado el cono. La reducción del alambre produce un estiramiento lo cual genera un aumento en la dureza y disminución de flexibilidad, debido a esto es que la cantidad de pases para la reducción está restringida a no más de 9. Estas propiedades variantes durante el proceso se utilizan según el producto final a realizar ya que si el alambre fuera para clavo es necesario alta dureza y poca flexibilidad, caso contrario para el alambre de amarre.

Para producir el alambre de amarre, el cual será el producto principal para este trabajo de investigación, es necesario eliminar tensiones residuales producidas por el trefilado, aumentar su ductilidad y disminuir su dureza (figura 2). Para esto se realiza un tratamiento térmico llamado recocido.

El recocido se realiza ingresando las bobinas de alambre trefilado dentro de un horno que las lleva a una temperatura entre 850 a 900 °C por alrededor de 4 horas para luego enfriar de forma natural hasta la temperatura ambiente, este proceso se utiliza ya que el alambre trefilado cuenta con poco carbono, fundamental para la dureza del acero.

Figura 2. **Proceso de trefilado**



Fuente: Urbina. (2016). *Diseño de un manual con estándar operativo máquina de trefilado Niehoff mm85 en la empresa Centelsa cables de energía y telecomunicaciones S.A.*
Recuperado de <https://repository.unicatolica.edu.co/handle/20.500.12237/1046?show=full>.

7.1.1.1. **Trefiladoras y sus tipos**

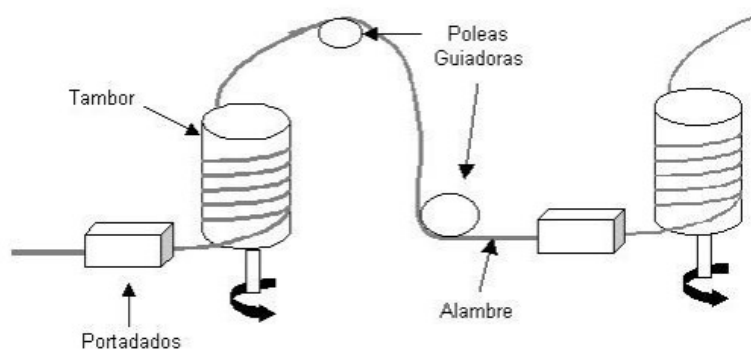
Se encuentran trefiladoras de muchos tipos con diferentes avances tecnológicos que fueron diseñadas para producir alambre de un uso específico. Las definidas en este estudio se utilizarán para producir alambre de acero.

Se entiende por trefiladora a la máquina conformada principalmente por una bobina la cual está acoplada a una caja reductora o por medio de fajas, que obtiene la potencia de un motor eléctrico para enrollar el alambre y tensarlo a través de un carrizo (figura 3), así forzar el paso del alambre en el dado o hilera cónica de carburo de tungsteno (figura 4). Además, cuenta con un equipo de

refrigeración de agua o aire en la bobina, para reducir las altas temperaturas producidas por la fricción en la reducción de área. En algunos diseños también se puede encontrar refrigeración por agua a través de la caja de polvo para trefilar y su propósito es enfriar la hilera o dado.

Una trefiladora se conforma de equipos como: motor eléctrico, caja reductora, bobina, poleas tensoras, caja de polvo para trefilar, carrizo tensor, portadados por los cuales pasa el alambre y ventilador o refrigerador (figura 3).

Figura 3. **Esquema de una máquina trefiladora**



Fuente: Ramírez. (2011). *Elaboración de un manual de procedimientos operativos para la estandarización del proceso de trefilación de alambre, en la industria metal mecánica.*

La vida útil de una trefiladora y de los dados va a depender en al menos 30 % de la lubricación correcta durante el proceso, ya que si no se tiene una correcta lubricación se esfuerzan más todos los sistemas de la trefiladora y se desgasta excesivamente el dado o hilera, aumentando el consumo eléctrico, insumos y mantenimiento. Por lo tanto, se suele decir que, si no falta lubricación, el sistema funciona correctamente, sin embargo, esto se discutirá más adelante ya que la velocidad también es importante para el funcionamiento.

Según Ramírez (2011) las trefiladoras se encuentran en dos diferentes tipos y se basan en el tipo de accionamiento para el movimiento rotativo y su control, a continuación, se mencionan:

- Trefiladoras mecánicas: esta es la más común y más sencilla en su funcionamiento, posee un motor eléctrico de gran potencia que impulsa a un eje universal que mueve desde 1 a 7 trefiladoras acopladas y la lubricación es manual por parte del operador, no se puede regular la velocidad entre pases y por lo general son de bajo mantenimiento. Los operadores tampoco necesitan de conocimiento técnico para su operación. En algunas variaciones de este tipo de trefiladoras pueden regular su velocidad y cada trefiladora posee un motor eléctrico independiente, para producir diferentes calibres de alambre con apoyo de un variador de frecuencia o los motores eléctricos pueden variar su velocidad dependiendo del tipo de conexión eléctrica en las que se encuentren.
- Trefiladoras computarizadas: a diferencia de las mecánicas cada pase posee su propio motor eléctrico y el acoplamiento es a través de fajas y no de engranajes, esto se debe a que estas regulan la velocidad en cada pase a través del sistema computarizado, esto las hace más eficientes y evita roturas por exceso de velocidad del alambre, así como reducir el consumo de energía eléctrica. Son autolubricadas, es decir, el operario únicamente se debe encargar de llenar el depósito general que posee para lubricar todas las trefiladoras, sin embargo, el operario debe poseer el conocimiento de los parámetros de operación e identificar la información que brinda el sistema computarizado. Por lo general estas trefiladoras son de alta velocidad ya que pueden tener hasta 14 pases y para que los costos sean factibles es necesario que trefilen más rápido,

al regular su velocidad pueden trefilar diferentes tipos de alambre, no únicamente acero.

7.1.1.2. Proceso de recocido

El recocido se realiza a los alambres trefilados para aumentar su ductilidad, flexibilidad, reducir tensiones internas y el exceso de dureza adquirido en el proceso de trefilado, esto mediante el reordenamiento molecular.

El horno varía según el producto final que se quiera obtener o el tipo de alambre al que se aplicará el recocido. Por ejemplo, al alambre para clavo solo se quiere eliminar tensiones residuales, pero no disminuir dureza. Se realiza un recocido de eliminación de tensiones que es entre 550 y 650 °C durante 20 a 45 minutos y luego se enfría naturalmente. Si se requiere ablandar el material, por lo general rico en carbono para un fácil maquinado o arranque de viruta sin disminuir sus propiedades se utiliza un recocido de ablandamiento que se realiza entre 650 y 750 °C y se mantiene entre 3 y 4 horas y luego un enfriamiento natural hasta temperatura ambiente. Y por último el recocido normal, es para el alambre trefilado y maneja temperaturas entre 750 y 980 °C, el tiempo varía conforme al grado de carbono que el alambre tenga.

Los hornos de recocido comúnmente utilizan quemadores diseñados para operar a 1100 ° C ubicados de tal manera que rodean la carga para realizar la mayor combustión posible consiguiendo la mejor convección del alambre.

Existen también los hornos tipo campana que por lo general se utilizan para cuando se quiere dar un baño de zinc al alambre y no funcionan con quemadores sino con energía eléctrica.

También se encuentran los hornos de recocido continuo que se ubican inmediatamente al final de la línea de trefilado y realizan un recocido rápido para disminuir tensiones, este por lo general tiene dos zonas, una de precalentamiento donde los hilos pasan a una velocidad intermedia y otra de calentamiento uniforme en la cual los hilos pasan más lentos, para luego pasar a un baño de zinc y así obtener alambre galvanizado.

7.1.2. Materia prima e insumos para producir alambre trefilado

El alambrón es la materia prima principal para el proceso de trefilado y consiste en un alambre de entre 5 y 30 milímetros de ancho como máximo, de sección oval-redonda.

7.1.2.1. Tipos de alambrón

Se obtiene del proceso de laminado en caliente el cual parte de una colada, producto de cualquier método de fundición de acero, a través de una palanquilla, para luego ser procesado en un molino de laminación en caliente especialmente diseñado para este producto y por último se enrolla en forma de bobina para su distribución.

Para la trefilación se pueden utilizar alambres con contenido de carbono según la cantidad de reducción que se desee y las propiedades que quieren obtener, por lo general se utiliza alambrón con alto contenido de carbono para pocas reducciones y producto de alta dureza, por ejemplo, clavos y varilla enderezada. El alambrón de bajo carbono se utiliza para altas reducciones y productos dúctiles y flexibles, como el alambre de amarre y alambre galvanizado.

Según Ramírez (2011), en el mercado el alambroón se divide en dos tipos, siendo estos:

- Alambroón grado 1006: este contiene poco porcentaje de carbono, y su grado está normado según ASTM 853 y 510. Los dos últimos números indican el porcentaje de carbono presente, por lo general se utiliza para reducciones pequeñas (menores a 3.8 mm).
- Alambroón grado 1008: este es normado igual que el anterior, pero por su alto contenido en carbono se utiliza para pocas reducciones (hasta 3.8 mm) y productos de alta dureza.

7.1.2.2. Datos para trefilación

Para trefilar alambre de acero uno de los insumos más importantes son los dados de tungsteno. Los cuales consisten en un cilindro que en su sección transversal tiene forma cónica por el cual pasa el alambre y es en donde se realiza la reducción de área.

Figura 4. Datos de carburo de tungsteno



Fuente: Ramírez. (2011). *Elaboración de un manual de procedimientos operativos para la estandarización del proceso de trefilación de alambre, en la industria metal mecánica.*

Los dados son fabricados de carburo de tungsteno que posteriormente pasa por un tratamiento de cementado. Cada fabricante realiza su propia composición en la cual agregan algunos materiales para mejorar las propiedades, tales como compuestos microscópicos refractarios, polvo de cobalto u otros polvos metálicos que buscan reducir la fricción al paso del alambre.

Al momento de adquirir dados de carburo de tungsteno según, Ramírez (2011) se tiene que considerar lo siguiente:

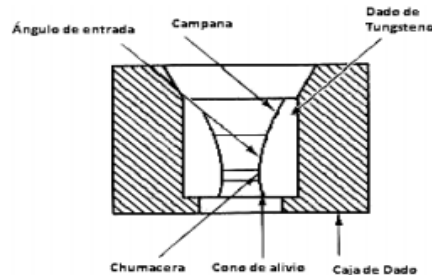
- Resistencia a la abrasión.
- Superficie bien pulida.
- Bajo coeficiente de fricción, vital para reducir la temperatura y el consumo de energía.
- Bajo porcentaje de desprendimiento y adherencia al alambre trefilado.

Ramírez (2011) menciona que los dados están conformados por diferentes áreas según su aporte al proceso y también determinan la fuerza necesaria para realizar el trefilado. A continuación, se describe cada una de las secciones de los dados:

- Ángulo de entrada: es donde ingresa y guía el alambre a través del dado, además de prevenir ralladuras y desajuste al entrar.
- Chumacera: es el área de lubricación y es donde el alambre recoge el lubricante seco.

- Área de alivio: es donde se realiza la reducción y el área más crítica.
- Área de salida: tiene un determinado ángulo para que el alambre tenga cierta holgura al salir del área de alivio y no raspe y dañe el dado, además alivia la fricción inmediatamente antes de entrar a la bobina.

Figura 5. **Conformación de un dado para trefilación**



Fuente: Ramírez. (2011). *Elaboración de un manual de procedimientos operativos para la estandarización del proceso de trefilación de alambre, en la industria metal mecánica.*

7.1.2.3. Tipos de lubricantes para trefilación

Como se mencionó anteriormente la lubricación es vital para el conjunto de máquina trefiladora y el dado. Sin embargo, se utilizan varios tipos de lubricantes dentro de una planta de trefilado los cuales, según, Ramírez (2011) se distribuyen en tres grupos principales, descritos a continuación:

- Lubricantes húmedos: por lo general son derivados del petróleo y compuestos agregados a su composición química para mejorar sus propiedades y ampliar su campo de aplicación, tienen una apariencia viscosa y se utilizan en piezas que tienen contacto cíclico para disminuir la fricción y aumentar la vida útil de los equipos. También pueden actuar

como refrigerantes. En la trefilación se suelen usar en las cajas de engranajes de las trefiladoras, rodamientos y motores.

- Lubricantes grasos: son los lubricantes más antiguos que existen y en un principio se obtenían a través de la grasa animal. Actualmente al igual que los húmedos, son derivados del petróleo y su aplicación en la industria es sumamente extensa, esto gracias a su adherencia y su gran duración en el área aplicada. Además de contar con altas propiedades en algunos elementos como los rodamientos está diseñada para durar más allá de la vida útil del mismo. En la trefilación precisamente se utiliza para lubricar los rodamientos del carrizo tensor y poleas tensoras, así como en las chumaceras donde va montada la bobina.
- Lubricantes secos: estos son los más importantes dentro el proceso. Son granulados y por lo general su granulometría varía según su aplicación. En la trefilación se utiliza a base de calcio y se aplica en una caja que se ubica antes del dado, esto para que actúe directamente entre el área de contacto del alambre con el dado, disminuyendo la fricción y facilitando su paso. También se produce menos esfuerzo para toda la máquina trefiladora y evita un desgaste prematuro de la misma.

7.1.2.4. Equipos auxiliares para el proceso de trefilación

Dentro de la planta de trefilación se encuentran diferentes equipos auxiliares que no son específicamente del proceso, pero, según Ramírez (2011), si son necesarios para la producción y hacen las actividades más eficaces. A continuación, se hace una mención de cada uno de ellos.

- Devanador: es la base en la cual se sostienen los rollos de alambón para que este se racione según la demanda de las trefiladoras, básicamente hace la función de la torre devanadora de alambón, pero si se utiliza este tipo es necesario utilizar un decapador por aparte (figura 6).
- Devanador final: aquí es donde se enrolla el alambre al final de proceso de trefilación y se sostiene a través de un devanador o bobina en forma de parábola, este tiene diferentes secciones y cada una de estas representa un peso determinado. Para nuestro estudio utilizamos únicamente la primera sección del mismo ya que este representa 100 lb de alambre.
- Decapadora: al almacenar el alambón y al tenerlo a la intemperie le produce oxido en la capa superficial. Si se introduce así a las trefiladoras, este rallará y dañará los dados y generará sobre esfuerzos. Produciendo la rotura del alambre durante el proceso. La decapadora contiene un juego de rodillos los cuales tienen ángulo maquinado, el alambón se hace pasar por ellos para remover impurezas y óxido superficial.

Figura 6. **Decapador**



Fuente: Ramírez. (2011). *Elaboración de un manual de procedimientos operativos para la estandarización del proceso de trefilación de alambre, en la industria metal mecánica.*

- Caja de polvo para trefilar (figura 3): es un conjunto importante en la trefiladora ya que en esta se produce lo más crítico del trefilado; la reducción de área y la lubricación. En esta se encuentra el portadado, la caja de polvo como tal, la polea rectificadora y los conductos de refrigeración de la misma.

El alambre entra en la polea rectificadora la cual guía, tensa y endereza el alambre, luego el alambre entra a la caja de polvo para llenar toda su superficie de lubricante y por último ingresa al dado para su reducción de área. En algunos casos la polea también mueve una varilla para forzar el lubricante hacia el alambre y también se tienen conductos alrededor del portadados para refrigerarlo con agua.

- Polea tensora (figura 3): se ubica sobre la trefiladora y conjunto al carrizo tensor tensa el alambre antes de su ingreso a la siguiente trefiladora. Esto es necesario ya que por la velocidad del proceso si el alambre se afloja puede entrar demasiado alambre al dado, ocasionando un atascamiento.
- Sacapuntas: son rodillos ranurados con el propósito que al pasar alambre de diferentes diámetros torneé puntas cónicas. Comúnmente se realiza en ambos extremos del alambre cuando este se rompe durante el proceso para posteriormente soldarlo, o para ingresar por primera vez el alambón a la primera trefiladora.
- Soldadora a tope: es utilizada para soldar dos extremos de alambre cuando este rompe en el proceso y así continuar con el mismo.

- La soldadora produce una alta diferencia de potencial entre ambos extremos del alambre, aumentando drásticamente la temperatura y adicionalmente se une cada extremo con poca presión produciendo así la soldadura entre ambos. Antes de soldar se debe sacar punta a cada extremo.

7.1.3. Productos realizados a partir de alambre trefilado en la industria guatemalteca y sus aplicaciones

El alambre trefilado en la industria guatemalteca tiene su principal importancia dentro del sector de la construcción. Algunos de los productos finales del proceso distribuidos en Guatemala son: malla ciclón galvanizada, alambre de amarre, alambre galvanizado, clavos y alambre espigado.

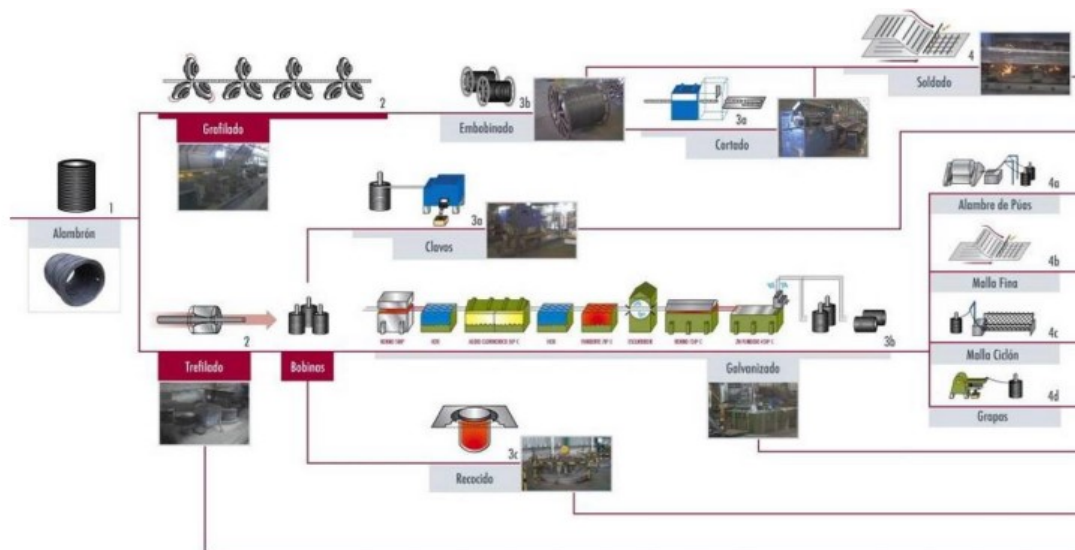
En Guatemala desde la década de los 50's se fundan las primeras organizaciones que en sus inicios únicamente importaban clavos. Actualmente hay alrededor de cinco organizaciones que se dedican a la producción de alambre trefilado y sus derivados, que en sus inicios producían únicamente alambre de amarre y clavos, ahora son grandes siderúrgicos que realizan gran variedad de productos de acero. La trefilación representa un 30 % a 40 % de sus ingresos y es un producto secundario de su producción. Sin embargo, cada vez comienza a tener mayor impacto el proceso de trefilado porque se desarrollan constantemente nuevos productos (figura 7), siendo el alambre trefilado la materia prima principal. Por ejemplo, los alambres para conducción de energía o alambres para neumáticos.

El alambre de amarre, tanto recocado como galvanizado y clavos, son los productos de mayor consumo. Comúnmente el alambre de amarre se utiliza para el amarre de estribos, pero en una construcción se le da una utilización muy

variada según las necesidades. El clavo se utiliza tanto en el sector de construcción como en la carpintería para la fabricación de diferentes muebles, siendo uno de los insumos más utilizados para este mercado.

Los productos de demanda intermedia son malla ciclón galvanizada y alambre espigado, siendo utilizados principalmente por el sector agrícola y también es comúnmente utilizado como medio de aislamiento y seguridad en viviendas o construcciones.

Figura 7. **Procesos productivos**



Fuente: Bermúdez, López y Rodríguez. (2019). *Propuesta de mejora operacional que permita el incremento en la uniformidad en el peso y la reducción de pérdidas por mermas en la manufactura de alambre del Departamento de Trefilado de la empresa BIA Alambres/Bekaert Costa Rica*. Recuperado de <http://repositorio.utn.ac.cr/handle/123456789/234>.

7.1.4. Factores críticos para la productividad en la producción de alambre trefilado

La productividad es necesaria dentro de cualquier organización exitosa, ya que nos indica el valor que se le está dando a los recursos asignados para un determinado proceso y como estos se aprovechan.

Para que la productividad tenga un sentido dentro de una organización se debe medir e interpretar de manera correcta con apoyo de los indicadores adecuados. Si se quiere tener control y mejorar, se debe comenzar midiendo lo que se está realizando. Bajo este principio se comienza la medición de la productividad, para mejorar continuamente.

Zabaleta (2011) clasifica la medición de la productividad con indicadores en diferentes niveles. Siendo el primero el nivel económico y financiero, este evalúa de manera global la gestión de la organización. En el siguiente nivel se encuentran todos aquellos indicadores generados por la organización para medir en cada rama de la operación la forma en que se aprovechan los recursos, es decir, como se está agregando valor a lo ofrecido a los clientes y como se puede mejorar para diferenciarse de la competencia.

La delimitación y la medición para cada indicador es la parte sencilla, ya que muestran una perspectiva ideal. El verdadero reto es integrar ambos niveles para ir en una misma dirección, es decir, integrar cada indicador para que se vuelva un único sistema y unificarse con el sistema económico y financiero.

La correcta medición de la productividad puede tener un fuerte impacto para mejorar, pero si no se analiza de manera correcta puede tener algunos efectos desfavorables. A continuación, se mencionan algunas ventajas y

conflictos que, según, Bermúdez, López y Rodríguez (2019), se pueden tener al medir la productividad.

- Se puede identificar de manera correcta las acciones para mejorar.
- Establecer nuevos objetivos según prioridades.
- Establecer niveles de producción más realistas y delimitar la verdadera capacidad de la organización.
- Mejorar los pronósticos y planeaciones.
- Identificar puntos de mejora y realizar las acciones correctivas integrales.

Algunos de los inconvenientes para realizar la medición pueden ser:

- Variables externas a la medición que podrían hacer fluctuar la productividad, por ejemplo: el consumo de combustible, el consumo de energía eléctrica, horas extras laboradas.
- Los costos y las utilidades se pueden mantener, pero la satisfacción del cliente o la calidad del producto puede ser deficiente.
- Mantener un costo en la evaluación y un precio regular o estandarizado del producto ofrecido y no definir mediante los precios reales puede ocasionar variaciones.

El aumentar la productividad es un tema continuamente debatido ya que es algo muy extenso y cualitativo, que al momento de investigarlo se vuelve muy

complejo. Según Bermúdez, López y Rodríguez (2019), para comenzar a realizar algunos cambios y sean medibles se pueden seguir algunas metodologías como:

- Desarrollar indicadores en cada departamento del proceso con la premisa que estos sean medibles y realistas.
- Con base en los antecedentes generar objetivos realistas para la mejora.
- Desarrollar un proceso que sea alcanzable y ponerlo en marcha.
- Medir y procesar datos para identificar el avance según los objetivos.

Para fines de la investigación se toman en cuenta los factores específicos que impactan en la productividad, estos según los indicadores ya establecidos por la organización y también se toma en cuenta la problemática observada.

7.1.5. Mermas producidas en el proceso de trefilado

Dentro de una organización que sea medible la productividad se busca aumentar la producción y mantener o reducir los consumos, si esto sucede, la operación es aceptable y puede mejorar. Sin embargo, cuando esto en lugar de mantenerse o aumentar, disminuye, se debe al aumento de las mermas, las cuales no son más que desperdicios que se tiene por el mismo proceso y por lo general es material que si bien se puede utilizar es casi imposible no tener mermas. Invertir para producir sin mermas no tiene sentido financiero ya que por lo general produce altos costos para beneficios que no justifican la inversión.

Las mermas deben estar estrictamente controladas para mantener un proceso estandarizado, rentable, óptimo o productivo.

Según Rodas (2014), para identificar las mermas dentro de un proceso se utiliza una comparativa con un proceso modelo y parecido, el cual a través de mejoras, metodologías y planes de acción ha llegado a obtener lo más parecido a operaciones perfectas. El objetivo es mejorar hasta llegar al nivel del comparativo.

En la producción de alambre trefilado se pueden identificar pocas actividades que pueden generar mermas, las cuales, si bien no son críticas, basta con perder el control de una para devastar la productividad. A continuación, los factores comunes en la trefilación que producen mermas:

- Arranque de las líneas: durante el arranque de la línea suele quedar alambre en las bobinas finales y el devanador final, este no se puede soldar por que la línea se carga con un rollo de alambroón desde las bobinas iniciales. Esto sucede comúnmente en el inicio y cambios de turno.
- Rotura del alambre en el proceso: estas roturas son las causantes de la mayor cantidad de merma, ya que por lo general si es en las últimas bobinas y se está comenzando a llenar el devanador final, no se suele soldar, sino se retira y se convierte en chatarra metálica. Además, en el proceso de rotura y soldadura siempre se tienen secciones de alambre perdidas. Las mermas aumentas drásticamente cuando las roturas son en las primeras trefiladoras.
- Paros no programados (mantenimiento correctivo): cuando se tiene una falla en una trefiladora por desperfecto de alguna pieza o por falta de mantenimiento preventivo, por lo general se deshecha todo el alambre que en su momento tiene cargado la trefiladora, y se para la línea (tiempo

muerto). Las piezas que suele fallar son rodamientos, bujes y rodillos que van montados en la bobina principal.

- Elementos externos (apagones, falta de insumos o repuestos): estos se pueden extender en varios elementos que suelen ser fortuitos, como una descarga de la línea de potencia eléctrica o variación en la misma que puede disparar las protecciones del variador de frecuencia o de las líneas de los motores eléctricos, falta de insumos, paros por falta de materia prima, accidentes en la línea, descuido de la línea por parte del operador, etc.
- Precalentamiento del horno (recocido): por lo general los hornos de recocido llevan un precalentamiento, en el cual se consume combustible en cantidades considerables que básicamente no están produciendo alambre recocido, esto ya debería estar contemplado en la operación del horno. El verdadero desperdicio se da cuando no se aprovecha por completo la capacidad del horno, es decir, no se recose la cantidad de alambre para justificar el gasto de combustible en el precalentamiento.
- Variación en el pesaje del producto final: este se ve por lo general en líneas donde el pesaje no es automatizado y los operarios son los encargados de pesar cada bobina de alambre trefilado, por lo general no es exacto y se despacha de más.

7.1.6. Importancia de los colaboradores en la producción del alambre trefilado

En la producción de alambre trefilado, uno de los peldaños más importantes son los operarios, porque llevar a cabo una serie de actividades

sucesivas para la operación de los equipos. En ocasiones deben llevar la reportaría de producción, paros, consumos, entre otros. En la línea que tienen asignada. Es por esto que los operarios tienen tanta importancia dentro del proceso y le agregan mucho valor al producto.

Si los operarios no realizan las actividades de forma óptima y estandarizada se producen tiempos muertos, accidentes, baja productividad y acomodamiento de parte del operario a realizar malas prácticas.

De igual manera para las jefaturas, direcciones y supervisiones son necesarios los procesos.

7.1.6.1. Importancia de los procedimientos dentro de un proceso

Para evaluar correctamente el conjunto hombre-máquina por lo general se utiliza un estudio de métodos y tiempos. Este se encarga de evaluar a un operario capacitado en el tiempo y la forma en que realiza las tareas con la máquina o centro de trabajo asignado. Luego con la información recopilada se realiza el plan de producción, tomando en cuenta que este se debe cumplir aprovechando el máximo rendimiento de la planta. Esto básicamente relaciona las buenas prácticas con el aprovechamiento de la capacidad instalada para obtener el máximo rendimiento y por lo tanto la mayor productividad.

Según Zabaleta (2011), la importancia en la estandarización de procesos es reducir costos, ya que, si un operario se acomoda a realizar actividades de mejor calidad, se reduce la necesidad de supervisión y disminuye también los costos por malas prácticas.

Como se mencionó anteriormente, la estandarización de los procesos es importante para una operación productiva, para esto se deben utilizar diferentes métodos, los cuales surgen por la necesidad de mejorar las actividades, para luego analizar la secuencia lógica de las mismas y por último determinar la mejor forma posible de realizarlas. A continuación, se presentan algunos de los diagramas más importantes dentro de la ingeniería de métodos (Zabaleta, 2011).

- Diagrama de procesos: se basa en una secuencia lógica de pasos a seguir que integra las diferentes actividades que se realizan en una máquina o taller, inspecciones, etc. para un proceso determinado. Toma entradas y salidas de material al proceso.
- Diagrama de flujo: este señala los movimientos realizados para un proceso determinado, esto con el fin de mostrar el orden y secuencia de los mismos. Al igual que el diagrama de procesos se lleva una secuencia de las operaciones, inspecciones, almacenaje, transporte y adicional a esto se agrega un tiempo estándar de la duración y distancia recorrida de cada actividad, este por lo general es utilizado para el seguimiento a un operario o producto.
- Diagrama mano izquierda-mano derecha: este consiste en evaluar los movimientos de las manos y a veces pies de los operarios para realizar actividades, este se utiliza con el fin de enseñar al operario la forma correcta de los movimientos y también de los tiempos correctos para cada movimiento.

Para los diagramas anteriores se utilizan diferentes métodos gráficos estandarizados y cada uno tiene diferentes significados (figura 8).

Figura 8. **Figuras básicas para diagramas**

Significado	Símbolo
Operación	
Inspección	
Actividad combinada	
Transporte	
Almacenamiento	
Demora	

Fuente: Ramírez. (2011). *Elaboración de un manual de procedimientos operativos para la estandarización del proceso de trefilación de alambre, en la industria metal mecánica.*

7.1.7. Información crítica a través de un proceso

La información crítica en un proceso se une al conjunto de flujos que internos y así se identifican como estos están generando valor y los que no.

Según, Alcalde (2016), hay diferentes flujos en un proceso:

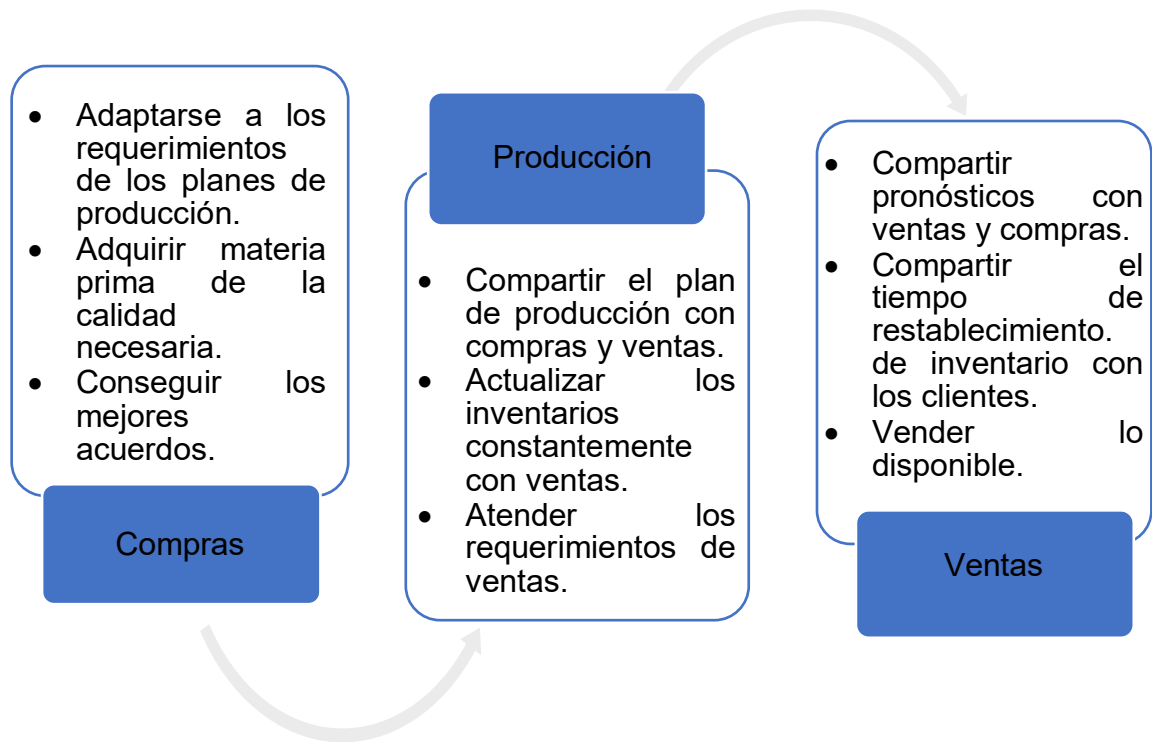
- Flujo de materiales: este se enfoca en el seguimiento desde la compra del material hasta la entrega del producto final al cliente.
- Flujo de información: se encarga de guiar el flujo durante toda su transformación hasta ser producto terminado, toma en cuenta desde que el cliente genera su orden de compra, hasta que esta es atendida.

- Flujo de persona y procesos: Son creados por necesidad interna del procedimiento a seguir. Sin estos flujos anteriores no serían posibles.

La necesidad de estos flujos radica en varias razones, como, identificar las actividades que se están realizando desde los pedidos, hasta la entrega y luego su satisfacción o servicio postventa. También integra toda la información y la relación que se tienen con cada flujo, y principalmente identifica las actividades que en realidad están generando valor.

Para la integración de información se debe plantear quien colaborará y en qué momento lo hará, según, Salas, Mejía y Acevedo (2017), para desarrollar estándares de colaboración se debe la participación en las actividades críticas para el proceso. Es necesario que los involucrados tengan una meta en común y comprendan que es mejor trabajar en un equipo que comparte la información y no que cada persona trabaje de forma individual. Esto por lo general suele ser bastante marcado en los departamentos de compras, producción y ventas y de alguna manera se deben integrar para poder formar un equipo productivo, como se muestra a continuación.

Figura 9. Integración de procesos de producción



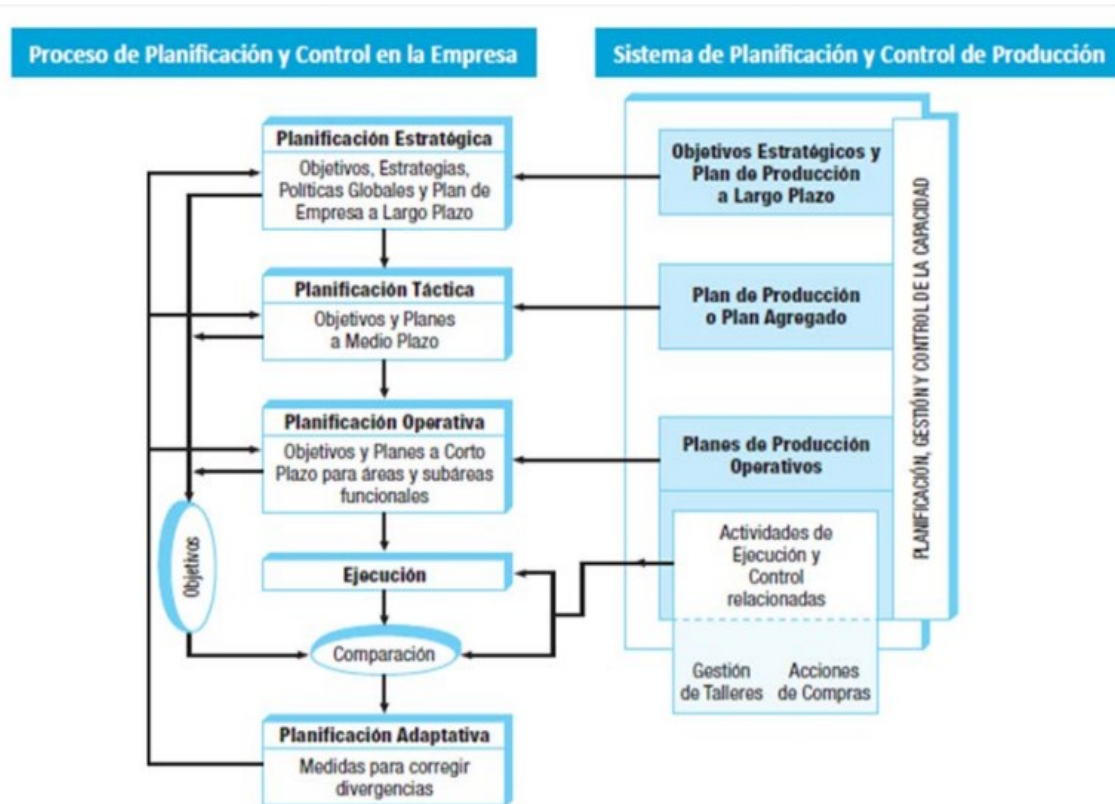
Fuente: elaboración propia.

7.1.8. Control de producción

Es la integración entre una correcta planificación unión con la planificación estratégica (figura 10), pretenden ser un apoyo para las actividades operativas o administrativas.

La planificación estratégica debe integrar los diferentes departamentos involucrados que le dan valor al producto o servicio, estos suelen ser, compras, ventas, producción, calidad, etc., de esta manera se pretende obtener una ventaja competitiva.

Figura 10. **Esquema de diagrama planificación estratégica-
planificación de operaciones**



Fuente: Alcalde. (2016). *Sistema de gestión de operaciones para una fábrica de conductores eléctricos*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/620932>.

Entonces la planificación estratégica es la tarea gerencial que se dedica a gestionar de manera óptima los recursos asignados y realizar la producción en base a los objetivos desarrollados. Por lo general esto procede a una planificación a largo plazo

Posteriormente se realiza la planificación agregada la cual tiene como enfoque facilitar un plan de producción, mano de obra inventarios y maquinaria a mediano plazo.

La planificación agregada se ubica en el nivel táctico, su misión principal es facilitar la planeación, a mediano plazo. Según, Alcalde (2016) los objetivos principales de la planificación agregada son:

- Lograr satisfacer la demanda, manteniendo el nivel de satisfacción o mejorarlo.
- Obtener el mayor desempeño de la capacidad instalada, optimizando el costo y consumo.

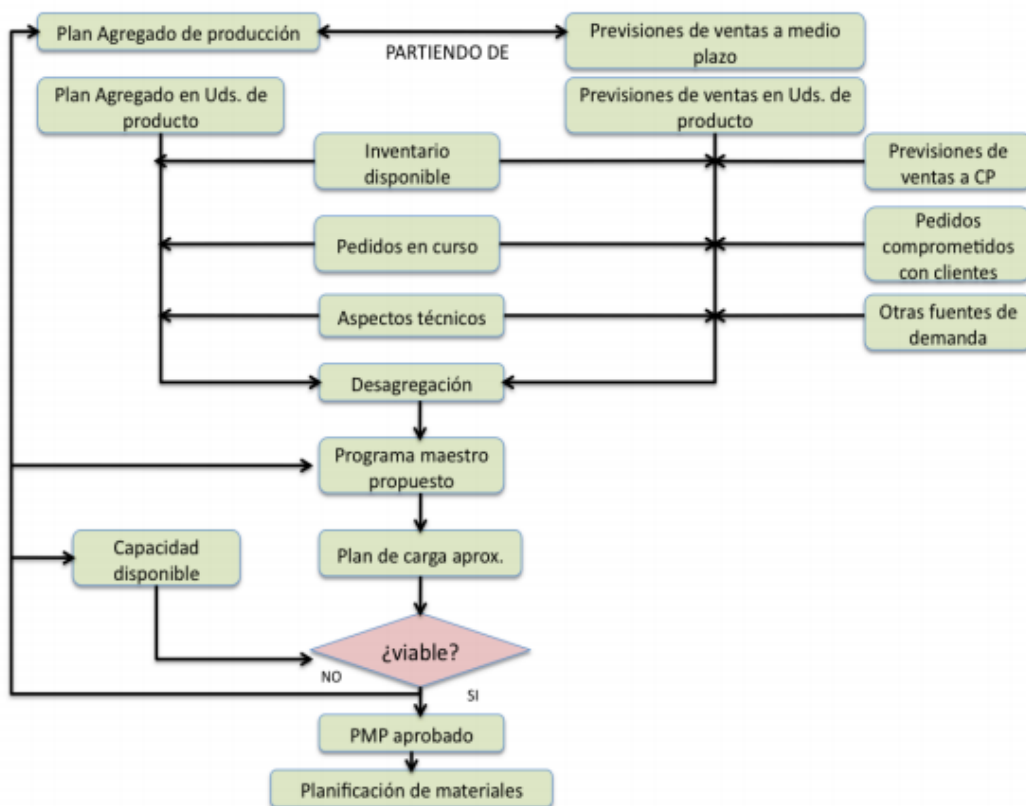
Luego se procede con la capacidad agregada. Se enfoca en comparar la capacidad requerida y la capacidad disponible, y su objetivo es determinar los caminos a seguir tomando como referencia la planificación agregada. Comúnmente en la práctica la capacidad planificada suele variar por elemento externos como, eficiencia, materia prima, mano de obra, entre otros.

Alcalde (2016) menciona que el aporte de la planificación agregada debe apoyar a la competitividad, según las siguientes etapas:

- Planificación de la demanda
- Cálculo de la capacidad necesaria
- Desarrollar planes alternativos
- Evaluar los planes propuestos
- Hacerlo mediante el mejor plan

Por último, se procede a realizar el plan maestro, este determinará lo que se producirá a corto plazo, por lo general semanas o meses (menos de 6). Este es muy importante ya que es la base para mejorar el plan de capacidad agregado (mediano plazo) y retroalimenta al plan aproximado (largo plazo).

Figura 11. **Proceso de plan maestro de producción**



Fuente: Alcalde. (2016). *Sistema de gestión de operaciones para una fábrica de conductores eléctricos*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/620932>.

Alcalde (2016) dice que un plan maestro tiene como objetivos:

- Integrar la producción

- Aumentar el cumplimiento de entrega
- Disminuir costos con la optimización de horas extras y un nivel óptimo de inventarios.

Para llevar a cabo un plan maestro se debe contar con los recursos tanto de materia prima e insumos como mano de obra, energía, capacidad, entre otros. Entonces para terminar de complementar es necesario:

- Plan de requerimiento: este es necesario para una correcta planificación y debe englobar lo necesario para producir lo evaluado. Considera tiempos de fabricación, especificaciones de los materiales y fechas de entrega. Es decir, es un sistema de información que ayuda a gestionar los inventarios además de programar las órdenes de reabastecimiento. Los beneficios de guiarse por este plan son: mantener el stock necesario, mejor productividad, disminución de costos y mayor cumplimiento.
- Plan de recursos para fabricación: esta es una planificación realizada en base al plan de requerimiento de materiales, el cual toma todo lo necesario para llevar a cabo la producción, Materiales, energía, capacidad y servicios administrativos. Su objetivo es optimizar el costo de los niveles de stock.

La programación de la producción es la ejecución de toda la planeación anteriormente definida y se encarga de planificar cada una de las actividades relacionadas a la producción tomando como base el plan maestro de producción y así asignar tareas y personal al centro de trabajo para iniciar con la producción.

La programación de la producción es también la encargada de definir jornadas de trabajo y establecer prioridades, esto para que el flujo se mantenga estable y lo más productivo posible.

Según, Alcalde (2016) las actividades más importantes para un programa de producción son:

- Carga de máquina: es el encargo de asignar las órdenes de trabajo a los centros de máquina para la producción, establecido por un proceso.
- Secuenciación de procesos: establece las prioridades a cada centro de trabajo.
- Programación detallada: determina el tiempo de inicio y final a cada centro de trabajo.

Luego de poner en marcha la producción en base a la programación, entran en juego las gerencias ya que son las encargadas del control de la producción, este se encarga de controlar que la producción este cumpliendo con lo establecido. Por lo general este es el reto de las gerencias ya que es casi imposible que la producción se comporte exactamente de la forma planificada, entonces se deben tomar las decisiones para mantener un flujo óptimo de las operaciones.

Las gerencias toman decisiones con base en controles estratégicos que se tiene en toda la línea de producción, Alcalde (2016), establece los siguientes:

- Medición de los resultados: por lo general a través de reportes de producción, reportes de consumos de materia prima e insumos y reporte de horas de producción.
- Comparación de lo planificado con lo ejecutado.
- Acciones correctivas: suelen ser a través de diferentes tipos de metodologías de análisis para corregir la desviación de la producción y mantenerla estable.

Por último, se concluye en las siguientes tareas para el control de producción:

- Verificar que las demandas tengan coherencia, planificada y producida, de lo contrario realizar las acciones correctivas necesarias.
- Establecer la compra de materiales para la planeación de producción, si es posible utilizando economías de escala.
- Revisar que los niveles de *stock* sean los planificados, sino reestructurar la planificación.
- Contribuir en la elaboración de programas para la producción y retroalimentar a demás niveles dentro de la cadena.

7.2. Inventarios

La necesidad de los inventarios surge antiguamente cuando se debían resguardar alimentos para los tiempos de escases, este objetivo hasta la actualidad no ha cambiado.

Es común que los inventarios se vean como un gasto innecesario y poco útil, esto debido a las tendencias actuales como el JIT (*just in time*) o la manufactura esbelta.

La necesidad de los inventarios radica en las nuevas filosofías de calidad, ya que se utiliza como instrumento para la satisfacción al cliente, a través de la inmediata respuesta para atender las solicitudes

7.2.1. Inventarios: importancia, tipos y costos

Ramírez y Ramos (2016) definen los inventarios como la existencia de bienes, propios de la organización, relacionados con el ejercicio y que están disponibles para cualquier acción comercial que genere utilidades en una demanda futura.

Como se mencionó anteriormente, los inventarios para algunas metodologías son desperdicios, pero por ejemplo para la producción de alambre de amarre es bastante comprensible la necesidad de inventarios, principalmente porque se necesita de un volumen determinado de alambre trefilado para poder realizar el proceso de recocido, y así obtener como producto terminado, sin embargo, se debe tomar en cuenta la cantidad de inventario de seguridad que se puede tener, ya que el alambre trefilado no puede estar periodos largos sin recocerse porque se oxida rápidamente.

Si nos enfocamos en el servicio al cliente, se da la necesidad de los inventarios, ya que estos brindan una respuesta mucho más rápida a los requerimientos y si ya se cuentan con clientes mayoristas establecidos, según el plan de trabajo anual, se puede coordinar una proyección de producción para mantener siempre la cantidad aproximada necesaria para responder a la demanda.

El mantener un inventario justo y planificado podría reducir sumamente los costos de operación, esto ya que se mantiene un ritmo de producción constante, sin desperdicio de insumos y aumento de horas extras al personal por producciones extraordinarias.

Al tener claro lo que se debe producir, el departamento de compras puede obtener mejores negociaciones por compras de mayor volumen, reducir costos de envío y se puede comprar a precios menores en un determinado momento que en el futuro pueden aumentar.

Comúnmente los tipos de inventarios dentro de una organización son de materia prima, productos en proceso y producto final, y representan básicamente lo que su nombre indica. Ramírez y Ramos (2016) definen estos tipos como:

- Inventario de materia prima: materiales principales para llevar a cabo la fabricación producto (por ejemplo, el alambón).
- Inventario intermedio: productos que ya pasaron por un proceso pero que aún no se denominan como terminados (por ejemplo, el alambre trefilado, listos para recocerse).

- Inventario de producto final: productos finales, listos para su distribución y venta (alambre de amarre).

Los costos asociados a mantener inventarios son variantes respecto al producto que se tiene, sin embargo, como se mencionó anteriormente estos pueden ser absorbidos por los beneficios que se pueden tener en la producción, satisfacción al cliente o pérdida por oportunidad. A continuación, se detallan algunos de los costos asociados según Ramírez y Ramos (2016):

- Costo del artículo: es el representado por el costo en el que incurrió la empresa al adquirir diversos artículos necesarios para la producción, también se pueden clasificar como insumos.
- Costo de levantar pedidos: es el asociado al costo por transporte, papelería, almacenamiento y despacho realizado por la compra de los artículos o insumos anteriormente mencionados.
- Costos de mantener inventarios: puede asociarse al costo por tener los artículos almacenados sin producir, se calculan con base en el costo del artículo por el porcentaje de tiempo asociado.

El costo de mantenimiento se compone de los siguientes tres puntos:

- Costo capital: son los generados por el interés y la pérdida de oportunidad del capital invertido en los inventarios.
- Costo de almacenamiento: suelen incluir a todo el conjunto de necesidades que se derivan para poder almacenar, por ejemplo: renta de bodegas, energía eléctrica, seguridad para la bodega, manejo del

inventario dentro de la bodega y si se utilizan equipos para los movimientos.

- Costo de obsolescencia: suele suceder en equipos de tecnología o cualquier producto que no es de necesidad básica, y considera el deterioro y pérdida de utilidad del mismo.

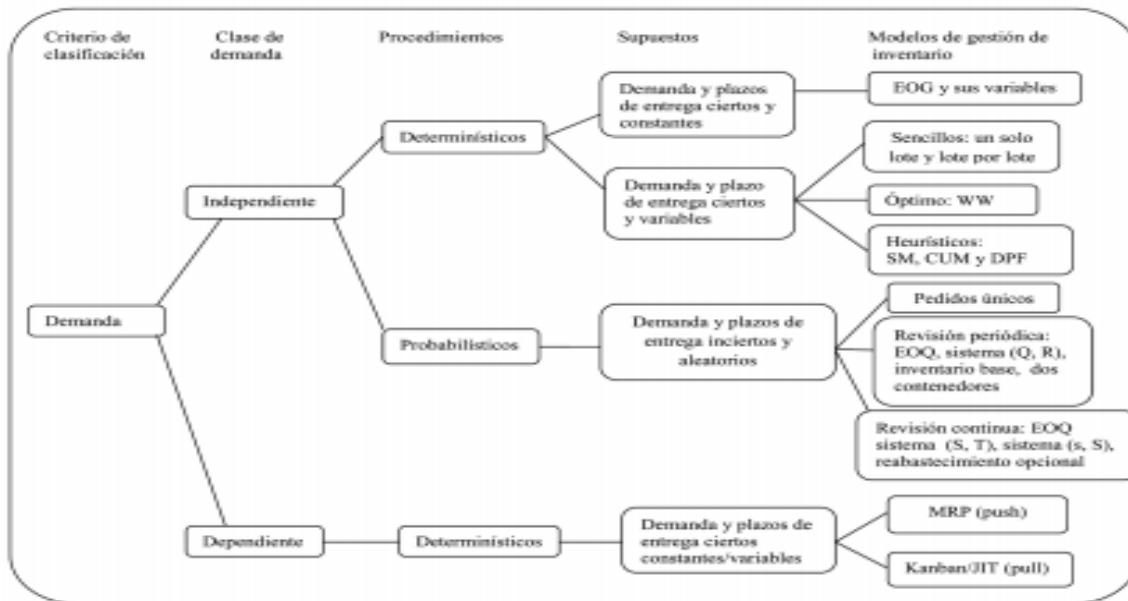
7.2.2. Gestión de inventarios

La gestión de inventarios nace de la necesidad de manejanos a un nivel óptimo. Según, Gaylee (citado en Bustos y Chacón, 2012) “La inversión en inventarios tiene que ser aquella que no permita niveles de inventarios escasos ni excesivos; en otras palabras, la meta es conseguir un equilibrio óptimo entre estos dos extremos” (p. 234).

Según, Chase y Aquilano (citado en Bustos y Chacón, 2012) “El conjunto de políticas y controles que supervisa los niveles de inventario y determina cuáles son los niveles que deben mantenerse, cuándo hay que reabastecerse el inventario y de qué tamaño deben ser los pedidos” (p. 212).

Se tiene dos tipos los determinísticos y los estocásticos o probabilísticos (figura 12) y se aplican según la capacidad que tenga la organización. Este estudio solo indagará sobre los modelos determinísticos.

Figura 12. Modelos de gestión de inventarios



Fuente: Bustos y Chacón. (2012). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente*. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186.

7.2.3. Control de inventarios

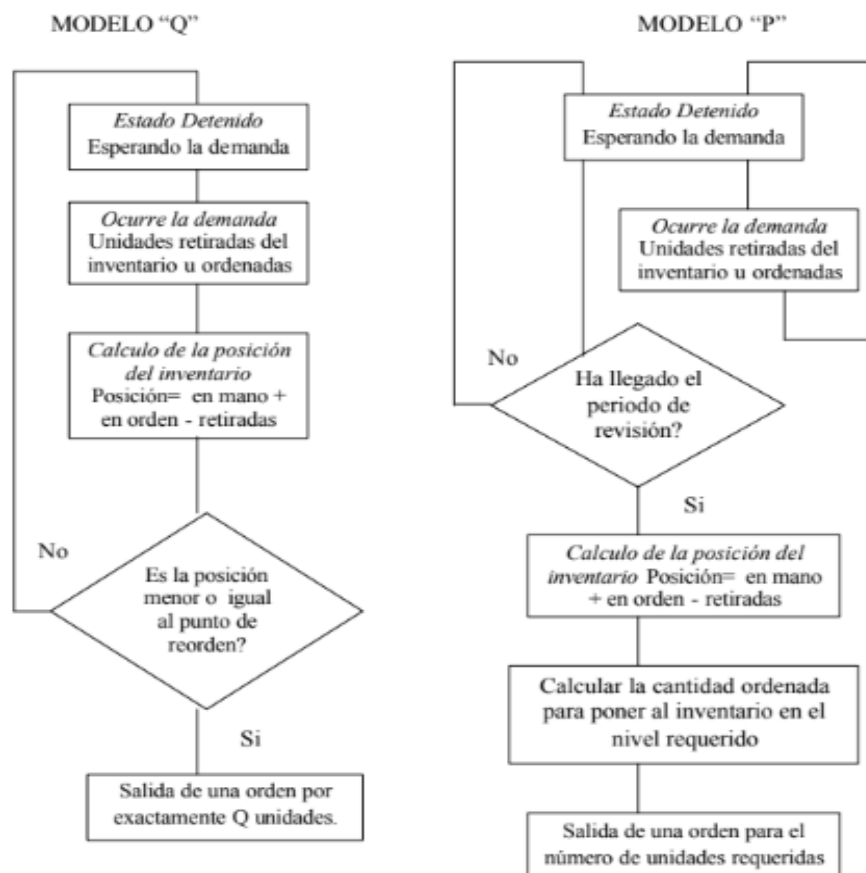
Por lo general en las organizaciones se cuenta con software que representan la cantidad de los inventarios, estos sistemas se basan en diferentes tipos de control, periódicos o continuos (figura 13). Se utilizan según el producto que se produce y la evaluación sobre que tanto se pierde si se llega a tener sobre stock o si no se tiene disponibilidad. Siendo los siguientes:

- Sistemas periódicos (P): estos establecen periodos de tiempo para realizar un reorden y no se basan en la condición de llegar a un punto específico para realizar el reorden. Es decir, si se realiza una revisión en

un periodo de tiempo establecido y al llegar esta revisión, si es necesario reordenar para regresar al nivel óptimo se realiza, de lo contrario no.

- Sistemas perpetuos (Q): estos no se basan en un periodo de tiempo para su revisión sino en la cantidad de salidas que se tiene, cuando se llega al punto establecido se realiza el reorden, su objetivo es reestablecer el nivel óptimo lo más rápido posible.

Figura 13. Comparación de modelos "P" y "Q"



Fuente: Ballou. (2004). *Logística*.

7.2.4. Políticas de inventarios

Estas políticas son utilizadas para determinar los niveles mínimos de inventarios, estos posteriormente son utilizados por los controles de inventarios y también se asigna la criticidad de cada producto.

Se hará énfasis en el modelo ABC, este modelo pretende realizar un análisis de las inversiones que hará la organización, los beneficios y demandas que obtiene en cada producto.

Se suele utilizar el principio de 80/20, el cual menciona que el 80 % del valor real del inventario está en el 20 % de lo que se conforma, esto es lo que más utilidades generan y mayor rotación tiene. Por ende, este 20 % se colocó como clasificación A. Posteriormente siguen la clasificación B, está se encuentra fuera del 20 % de A y este representa la menor cantidad, pero si tiene un movimiento que se debe de considerar. Por último, se encuentra la clasificación C, estos son productos que además de tener muy baja rotación, representan muy poca utilidad para la organización, comúnmente se suele tener como política que de la clasificación C únicamente se puede tener una unidad disponible, ya que su rotación es tan baja que se puede tener tiempo suficiente para reponerla en el inventario. La clasificación C, además de representar poco valor es la que más cantidad ocupará del inventario.

Para realizar el análisis, Ramírez y Ramos (2016), mencionan que se debe estudiar las variables involucradas principalmente la rotación y elementos que generan mayor utilidad. En segundo lugar, todos los elementos en los que la empresa realizará la mayor inversión. A continuación, una estructuración para realizar el análisis ABC:

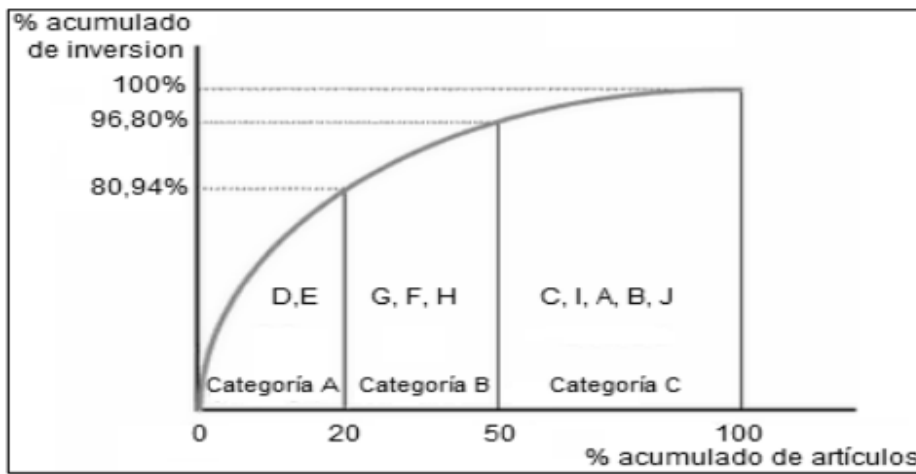
- Asignar el criterio utilizado para la evaluación, comúnmente es ventas/uso.
- Clasificar cada elemento con base en el criterio anterior.
- Calcular las ventas de cada elemento.
- Clasificar los productos en grupo A, B, C según su importancia y los factores cualitativos.
- Asignar políticas y niveles de inventario según su clasificación y darle una ubicación.

Para la clasificación de los productos se suele apoyar en la herramienta del diagrama de Pareto, a continuación, los pasos a seguir para la ejecución del mismo:

- Se estructuran los elementos con base en su valor, esto a través del criterio previamente establecido (ventas/uso).
- Se obtiene el porcentaje de la inversión total que representa cada elemento.
- Se evalúa la cantidad de sobre *stock* que se tiene o acumulación del elemento.
- Luego en base a la acumulación se le asigna un valor de porcentaje de la inversión total que esta acumulación representa.

- Con los datos obtenidos en los pasos anteriores se realiza el diagrama y se interpreta (figura 14).

Figura 14. **Gráfico Pareto, interpretación**



Fuente: Ramírez y Ramos. (2016). *Diseño de un sistema de gestión para el control de inventario en la empresa electrónica Frank "R"*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11227/3989>.

7.2.5. Pronósticos

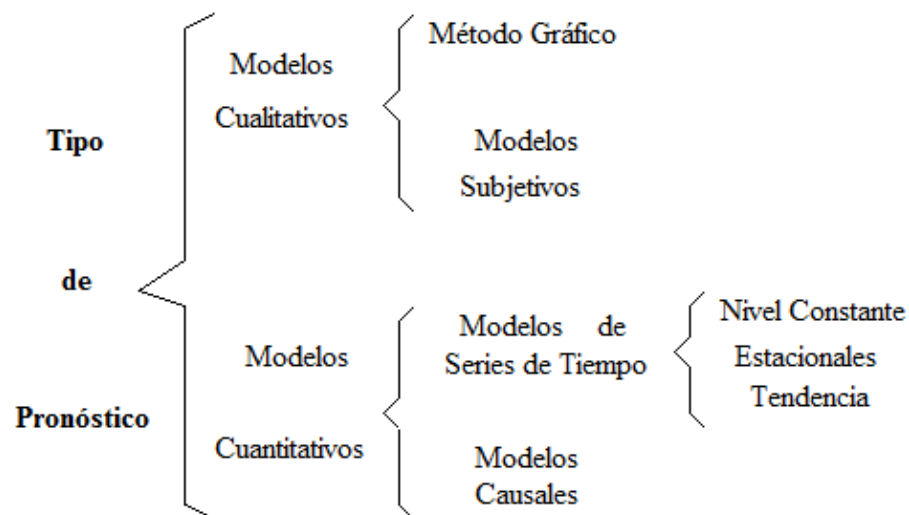
Los pronósticos son fundamentales para la planeación de presupuestos, demandas o ventas, planeación de producción, entre otros. Entonces la operación se basa en los pronósticos. Es decir, se planea la producción y en base a esta se establecen los tiempos de paro y se fijan presupuestos. Los pronósticos son de gran valor dentro de una organización.

Ramírez y Ramos (2016) mencionan pasos generales para realizar pronósticos, los cuales son:

- Recopilación de datos.
- Filtrar datos útiles.
- Elegir un modelo.
- Llevar a cabo el pronóstico y concluir.

Los modelos de pronósticos presentados se clasifican en dos tipos; por plazo y por el tipo (figura 15). Estos últimos se presentan a continuación, son los más comunes, y todos se utilizan para anticiparse a las posibles demandas.

Figura 15. **Pronósticos según tipo**



Fuente: Izar. (2007). *Contabilidad gerencial*.

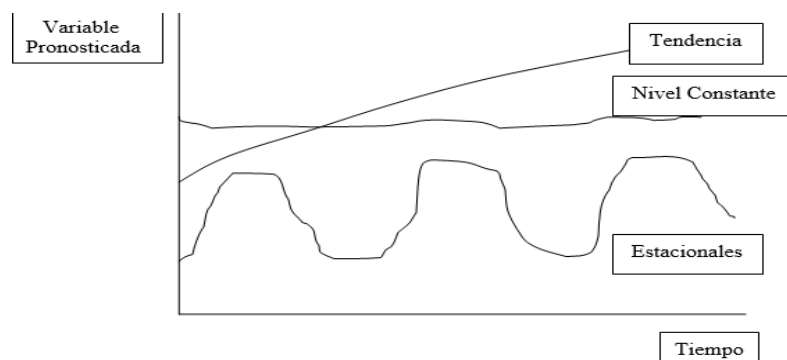
- Modelo subjetivo: estos son utilizados cuando no se tiene conocimiento o experiencia en el mercado, por ejemplo, el lanzamiento de un nuevo

producto. En algunos modelos se suele realizar diferentes premisas yendo desde la más pesimista a la más optimista.

- Modelo de gráfico: este método por su poca indagación no se podría considerar confiable, pero si da las directrices para elegir un método más objetivo. Se basa en el comportamiento de la variable estudiada en el pasado y graficarla (comúnmente como puntos) para visualizar su comportamiento en el tiempo. A pesar de ser un método muy sencillo, la persona que lo realice debe tener experiencia en la variable de estudio, ya que se pueden presentar variaciones en el tiempo predominante y si no se tiene conocimiento, puede dar lugar a una mala interpretación.
- Modelo de series de tiempo: estos de igual manera grafican una variable respecto a su comportamiento a través del tiempo, con la diferencia que estos tratan de predecir su comportamiento en el futuro.

Estos modelos tienen tres distintas variables (figura 16.)

Figura 16. **Gráficas de modelos de series de tiempo**



Fuente: Izar. (2007). *Contabilidad gerencial*.

Los modelos de nivel constante se dividen en cuatro tipos:

- Último valor: únicamente hace un pronóstico en base al comportamiento anterior inmediato de las variables.
- Promedios: este método ya toma en cuenta todos los valores (o su mayoría) del comportamiento de la variable y así calcular un promedio.
- Promedios móviles: este en comparación del anterior le da mayor peso a los últimos valores que toma la variable y en base a estos obtiene un promedio. Se basa por lo general en los últimos valores porque considera que estos son los más representativos.

Figura 17. **Ecuación para modelo de promedios móviles**

$$SP_{i+1} = \frac{\sum_{i=n-m+1}^i X_i}{m}$$

Donde:

P_{i+1} = variable pronosticada para el periodo $i + 1$.

n = número total de datos o periodos.

X_i = valor de la variable del periodo i .

m = es el número de datos considerado para calcular el promedio.

Fuente: Izar. (2007). *Contabilidad gerencial*.

- Método por suavizamiento exponencial: es más preciso y complejo, realiza un pronóstico en base al valor conocido de la variable que fue

pronosticada anterior y del pronóstico realizado para el mismo. Suele usar un coeficiente de suavizado que se recomienda este entre 0.1 y 0.3.

Figura 18. **Ecuación para modelo de suavizamiento exponencial**

$$P_{i+1} = \alpha X_i + (1-\alpha)P_i$$

Donde:

P_{i+1} = variable pronosticada para el periodo $i + 1$.

α = constante de suavizado

X_i = valor de la variable del período i

P_i = pronóstico para la variable en el periodo i

Fuente: Izar. (2007). *Contabilidad gerencial*.

- Métodos estacionales: suelen tener ciertas demandas según estaciones, estas suelen ser repetitivas. Para el cálculo de estos modelos se obtienen factores para cada lapso de tiempo o estación de venta, dividiendo la venta por cada estación, luego estos factores se multiplican por la venta esperada para el siguiente periodo. Dicha venta se debió calcular por otro método de pronóstico.
- Método de tendencia: este se da cuando al realizar la gráfica de la variable respecto del tiempo se marca una tendencia o una relación entre los datos, ya sea de aumento o disminución. Si el comportamiento es lineal se utiliza el método de mínimos cuadrados este se enfoca en disminuir los errores al cuadrado, siendo cada error una diferencia entre la variable y el valor que obtuvo el método

Figura 19. **Ecuación para modelo de mínimos cuadrados**

$$y = a + bt$$

Donde:

y = valor calculado de la variable dependiente

a = ordenada al origen de la línea recta

b = pendiente de la línea.

t = tiempo variable dependiente

Fuente: Izar. (2007). *Contabilidad gerencial*.

- Modelos causales: estos se utilizan cuando la variable depende de varias variables independientes por lo tanto se tiene una relación causa-efecto entre estas. Para el caso de una organización, las variables independientes suelen ser elementos externos que no están bajo su control, por ejemplo, el aumento al precio de la energía eléctrica.

Según Ramírez y Ramos (2016), para seleccionar el método para realizar los pronósticos, proponen los siguientes pasos:

- Calcular la demanda promedio
- Calcular la desviación estándar
- Utilizar la siguiente igualdad:

Coeficiente de variación = (desviación estándar/media) * 100

Si el resultado del coeficiente es mayor a 20 % quiere decir que la demanda es irregular y se debe proceder con un modelo probabilístico de lo contrario se puede utilizar un modelo determinístico.

7.3. Modelo económico de pedido por corrida de producción

Este modelo es utilizado principalmente cuando se conoce la demanda del producto y el tiempo en el que se entrega el mismo y se tiene buena confiabilidad en ambos, además la demanda es independiente, entonces se debe tener conocimiento de los datos más importantes. Si se utiliza para una organización manufacturera se toma por hecho que la producción debe ser fija.

El modelo económico por corridas de producción se deriva de la evolución de varios modelos más simples que continuación veremos:

- Modelo lote por lote: este modelo es el más sencillo y consiste determinar la demanda según el periodo. Se utiliza cuando los costos son bajos y los de transporte alto. No toma en cuenta costos externos como la capacidad de almacenamiento.
- Modelo de la cantidad económica de pedido: este calcula un balance entre los costos de realizar una solicitud y de almacenamiento. Se obtiene el menor costo, SI se cumple las primicias de demanda conocida y entrega.

Figura 20. **Ecuación para modelo de cantidad económica por pedido**

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{H}}$$

Continuación figura 20.

Donde:

Q = cantidad que se debe pedir

A = costo de la orden de compra o de preparación para la producción

D = demanda anual

H = costo anual de mantenimiento de inventarios

Fuente: Bustos y Chacón. (2012). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente*. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186.

Finalmente se obtiene el modelo económico de pedido por corridas de producción: como se mencionó anteriormente este es una evolución del modelo anterior y se calcula bajo el supuesto que la recepción de la orden de compra no es inmediata, se ajusta a la investigación correctamente porque toma en cuenta que un pedido puede ser entregado al cliente de forma intermitente, así es como se trabaja la entrega de alambre de amarre ya que los cliente cuentan con cierta capacidad de almacenaje y la organización se limita a lotes de producción. Además, el alambre al estar almacenado puede comenzar a oxidarse, perdiendo algunas propiedades y afectando a la satisfacción del cliente. Al igual que el modelo anterior, realiza un balance entre los costos de realizar un pedido y de almacenamiento. Se obtiene el menor costo, Si se cumple las primicias de demanda conocida y entrega.

Figura 21. **Ecuación para modelo de cantidad económica por pedido por corrida de producción**

$$Q = \sqrt{\frac{2DA}{H \left[1 - \left(\frac{d}{p}\right)\right]}}$$

Donde:

Q = cantidad que se debe pedir

A = costo de la orden de compra o de preparación para la producción

d = tasa de demanda

p = tasa de producción diaria

H = costo de mantenimiento de inventarios

Fuente: Bustos y Chacón. (2012). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente*. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186.

7.3.1. Modelos complejos

- Algoritmo Silver-Meal: es un método bastante complejo y elaborado, su principal objetivo es tomar en cuenta el costo menor que se puede obtener para realizar la solicitud de compra y a este le suma el costo de mantener inventarios. El cálculo se detiene hasta que los calculado aumenta.

Figura 22. **Ecuación para modelo Silver-Meal**

$$K(m) = \frac{1}{m} (A + HD_2 + HD_3 + \dots + (m - 1)HD_m)$$

Donde:

$m = 1, 2, \dots, n$. Se detiene el procedimiento cuando $K(m - 1) > K(m)$

Continuación figura 22.

$K(m)$ = costo variable promedio por periodo.

A = costo de la orden de compra o de depreciación para la producción.

H = costo de mantenimiento de inventarios

D_m = demanda por periodo

Fuente: Bustos y Chacón. (2012). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente*. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186.

- Modelo del costo unitario mínimo: se basa en las mismas condiciones que el modelo de Silver-Meal, con la diferencia que este se basa la decisión en el costo estándar mínimo en lugar de los periodos.

Figura 23. **Ecuación para modelo costo unitario mínimo**

$$K(m) = \frac{(A + HD_2 + 2HD_3 + \dots + (m - 1)HD_m)}{D_1 + D_2 + \dots + D_m}$$

Donde:

$m = 1, 2, \dots, n$. Se detiene el procedimiento cuando $K'(m - 1) > K'(m)$

$K(m)$ = costo variable promedio por unidad.

A = costo de la orden de compra o de depreciación para la producción.

H = costo de mantenimiento de inventario por periodo.

D_m = demanda por período.

Fuente: Bustos y Chacón. (2012). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente*. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186.

- Balanceo de periodo fragmentado: Este se basa en mantener lo más próximo a una igualdad el costo realizar una compra y el costo de capital invertido en inventarios, toma en cuenta los pedidos a futuro y su cantidad. Su resultado es una tasa de unidad periódico económica.

Figura 24. **Ecuación para modelo balance periodo fragmentado**

$$FPF = \frac{A}{H}$$

$$VF_m = D_2 + 2D_3 + 3D_4 + \dots + (m - 1)D_m$$

Donde:

$m = 1, 2, \dots, n$. Se detiene el procedimiento cuando $VF_m > FPF$

FPF = factor de período fragmentado

A = costo de la orden de compra o de depreciación para la producción.

H = costo de mantenimiento de inventario por periodo.

VF_m = valor fragmentado de m períodos

D_m = demanda por período.

Fuente: Bustos y Chacón. (2012). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente*. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186.

- Modelo algoritmo de Wagner Whitin: se enfoca en minimizar costos, tanto de solicitudes de compra como de capital invertido en inventarios, busca obtener la mejor cantidad para reordenar. Realiza muchas iteraciones de reordenamiento para encontrar la mejor para un determinado periodo.

Figura 25. **Ecuación para algoritmo de Wagner Whitin**

$$K_{t,l} = A + H \left[\sum_{j=t+1}^l (j - t) D_j \right] \quad j \geq l$$

Continuación figura 25.

$$t = 1, 2, \dots, n ; l = t + 1, t + 2, \dots, n$$

$$K_t = \min_{t=1,2,\dots,l} \{K_{t-1} + K_{t,l}\}$$

$$l = 1, 2, \dots, N$$

Donde:

A = costo de la orden de compra o de depreciación para la producción.

H = costo de mantenimiento de inventario por periodo.

D_j = demanda para el período j

K_l = costo mínimo del período a al l con inventario al final del periodo l .

K_0 = se define como cero y la solución de costo mínimo está dado por K_n

Fuente: Bustos y Chacón. (2012). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente*. Recuperado de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. Producción de alambre trefilado
 - 1.1.1. Proceso del alambre trefilado
 - 1.1.1.1. Trefiladoras y sus tipos
 - 1.1.1.2. Proceso de recocido
 - 1.1.2. Materia prima e insumos para producir alambre trefilado
 - 1.1.2.1. Tipos de alambrón
 - 1.1.2.2. Datos para trefilación
 - 1.1.2.3. Tipos de lubricantes para trefilación
 - 1.1.2.4. Equipos auxiliares para el proceso de trefilación
 - 1.1.3. Productos realizados a partir de alambre trefilado en la industria guatemalteca y sus aplicaciones
- 1.1.4. Factores críticos para la productividad en la producción de alambre trefilado

- 1.1.5. Mermas producidas en el proceso de trefilado
- 1.1.6. Importancia de los colaboradores en la producción del alambre trefilado
 - 1.1.6.1. Importancia de los procedimientos dentro de un proceso
- 1.1.7. Información crítica
- 1.1.8. Control de producción
- 1.2. Inventarios
 - 1.2.1. Inventarios: importancia, tipos y costos
 - 1.2.2. Gestión de inventarios
 - 1.2.3. Control de inventarios
 - 1.2.4. Políticas de inventarios
 - 1.2.5. Pronósticos
- 1.3. Modelo económico de pedido por corrida de producción.
 - 1.3.1. Modelos complejos

2. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 2.1. Deficiencias en el manejo de inventarios
- 2.2. Proceso adecuado para retroalimentar la información a los inventarios a través de la producción
- 2.3. Beneficios que se tendrá con la correcta gestión de inventarios

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

En el siguiente apartado se presenta la metodología de la investigación, es decir, se describe el enfoque, diseño, tipo de estudio, alcance, variables, indicadores, fases de estudio y resultados esperados.

9.1. Enfoque

El estudio tiene un enfoque mixto, ya que se tiene variables propuestas tanto cualitativas y cuantitativas que se plantean evaluar. También se toma en cuenta que las técnicas de recolección e interpretación de datos serán numéricas (estadísticas y matemáticas). Además, se evalúa mediante la observación, entrevistas o textos.

9.2. Diseño

El diseño adoptado será no experimental ya que las variables se analizarán en su estado original sin ninguna manipulación; además será transeccional ya que se tiene disponibilidad de realizar la investigación en una unidad de tiempo específico.

9.3. Tipo

Tipo de estudio es descriptivo, este pretende comprender los objetivos planteados, basado en la descripción del problema y los antecedentes obtenidos, continuando con el registro de datos o comportamiento de las variables planteadas, luego se observarán o evaluarán para efectuar un análisis sobre la

desviación de las mismas y posteriormente evaluar el modelo planteado para la gestión de inventarios. Se pretende integrar el modelo, abarcando diferentes áreas para plantear soluciones óptimas y productivas.

9.4. Alcance

El alcance metodológico es descriptivo, porque se observarán o evaluarán las variables planteadas que tienen relación con el manejo de inventarios a través del proceso, los procesos establecidos y el control de la producción. Con base en los informes disponibles y las evaluaciones realizadas. Luego se determinará su incidencia en el desabastecimiento intermitente en las líneas de producción de alambre de amarre. Por último, se evaluará una propuesta para la gestión de inventarios.

9.5. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla I. **Variables de estudio**

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicadores	Técnica	Plan de tabulación
Evaluar un modelo económico de pedido por corridas de producción para la gestión de inventarios una planta de producción de alambre trefilado y sus derivados.	Niveles de inventarios	Cuantitativa Dependiente Razón	Índice de niveles de inventarios (compras, consumos y despachos).	Observación Análisis	Hoja de tabulación de datos.

Continuación tabla I.

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicadores	Técnica	Plan de tabulación
Identificar deficiencias en el actual manejo de inventarios a través del análisis de reportes de producción y despachos a ventas.	Reportes de productividad	Cuantitativa Dependiente Razón	Bono por productividad.	Observación Análisis	Hoja de tabulación de datos, posteriormente matriz de análisis.
Determinar el proceso adecuado para retroalimentar la información a los inventarios a través de la producción para cumplir con el modelo de cantidad económica de pedido por corridas de producción planteado.	Procesos en la producción	Cualitativa Dependiente Nominal	Índice de cumplimiento de reportes	Observación Encuesta	Hoja de tabulación de datos, posteriormente matriz de análisis.
Establecer los beneficios que se tendrá con la correcta gestión de inventarios y como estos impactan en el control de producción y en la planeación de ventas	Venta de producto final	Cuantitativa Dependiente Razón	Índice de disponibilidad producto final.	Observación Análisis	Hoja de tabulación de datos, posteriormente matriz de análisis.

Fuente: elaboración propia.

9.6. Fases del estudio

El proceso para cumplir los objetivos planteados se debe llevar de la siguiente forma:

- Fase 1: revisión documental

Durante esta fase se consultarán y evaluarán diferentes textos, informes, artículos de revistas científicas, trabajos de graduación y diferentes fuentes primarias de información, relacionados al control de la producción, gestión de inventarios, control de inventarios, pronósticos y procesos de producción de trefilación. Es decir, información de antecedentes y marco teórico.

- Fase 2: definir causas y deficiencias

Se definirán las causas de las deficiencias en la gestión inventarios, en base a las variables planteadas. Se identificarán los procesos productivos y los procedimientos que se utilizan para retroalimentar a los inventarios, esto mediante la observación directa y entrevistas a los colaboradores.

Se analizarán los reportes, costos planteados y evaluaciones anteriormente propuestas para cada variable en un tiempo anterior a 12 meses o lo que se pueda disponer y se evaluará el comportamiento de la producción en el periodo de trabajo de campo.

- Fase 3: analizar factores críticos

Se analizarán los factores críticos, la metodología de análisis de resultados y causas de las deficiencias observadas en las variables planteadas. Según las observaciones y entrevistas se pretende evaluar la capacidad de los colaboradores y los puntos de mejora a través de un diagrama de Pareto o Ishikawa. Esto será útil al momento de presentar el modelo propuesto y el procedimiento a seguir planteado.

Con la información obtenida de la evaluación realizada a la documentación, se pretende realizar un pronóstico de la demanda y su variación con el tiempo utilizando análisis matemático y estadístico.

En esta fase se pretende obtener todos los datos necesarios para tomar la elaboración del modelo de gestión de inventarios a utilizar y el control de inventario.

- Fase 4: informe final

Se realizará el informe final, en éste, con la información previamente analizada se planteará el modelo de cantidad económico por corridas de producción para la gestión de inventarios, también la propuesta de un proceso a seguir por parte de los colaboradores para la integración de la información necesaria para el manejo de los inventarios a través de un diagrama de procesos, estableciendo los beneficios para la organización.

9.7. Resultados esperados

Este trabajo de investigación se enfoca en disminuir la problemática del desabastecimiento intermitente de materia prima e insumos en las líneas de producción de alambre trefilado (producto intermedio) para su posterior recosido y obtención del alambre de amarre (producto final). Y con esto mejorar la productividad, la satisfacción del cliente y la calidad de los procesos.

El resultado esperado es obtener un marco teórico para referencia durante el desarrollo de la investigación.

Posteriormente, se planea determinar la deficiencia que tiene el manejo de los inventarios actualmente y determinar cómo influye en la disminución de la productividad calculada dentro de la organización.

Luego se planea obtener un proceso a seguir para retroalimentar de información al modelo de gestión de inventarios que se propondrá.

Posteriormente, se determinarán las ventajas que se tienen al implementar dicho modelo y como este podría impactar en la planificación de la producción y ventas.

Por último, se espera obtener el reporte final que cumpla con todas las directrices de la escuela de estudios de postgrado de la facultad de ingeniería.

9.8. Población y muestra

Para obtener la información anterior se calculó la muestra aleatoria con una población de 20 colaboradores.

Tabla II. **Fórmula para muestra aleatoria poblacional**

Tipo de indicador	Servicios	Medición
Tamaño de la muestra conociendo la población.	Personal producción de trefilación.	Muestra necesaria para realizar el análisis sensorial.
$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$ $n = \frac{20 * 1.96 * 1.96 * 0.05 * 0.95}{(0.05 * 0.05 * (20 - 1)) + (1.96 * 1.96 * 0.05 * 0.95)} = 15.87$		

Fuente: elaboración propia.

La información obtenida será tabulada en el programa Microsoft Excel, mediante tablas y gráficos dinámicos.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se pretende realizar diferentes análisis de información de las fuentes primarias, obtenidos de las variables observadas previamente en los reportes de la organización y para la evaluación de pronósticos, gestión y control de inventarios. Serán necesarios los siguientes indicadores estadísticos:

Tabla III. **Ecuaciones de indicadores estadísticos**

Tipo de indicador	Ecuación	Medición
Media aritmética	$X = \frac{\sum X}{N}$	Promedio de datos
Mediana	$Md = \frac{N + 1}{2}$	Número central de grupo
Moda	Observar dato más frecuente	Valor más repetitivo del grupo
Desviación estándar	$\sigma = \sqrt{\sum \frac{(X - Md) * (X - Md)}{N}}$	Dispersión de datos respecto la tendencia

Fuente: elaboración propia.

Para la selección de pronósticos: Según Ramírez y Ramos (2016). Se utilizarán los indicadores estadísticos de la siguiente manera:

$$\text{Coeficiente de variación} = (\text{desviación estándar}/\text{media}) * 100$$

Si el resultado del coeficiente es menor de 0.20 o 20 % se puede utilizar un modelo determinístico, sino se opta por aplicar un modelo probabilístico ya que esto representa demandas irregulares.

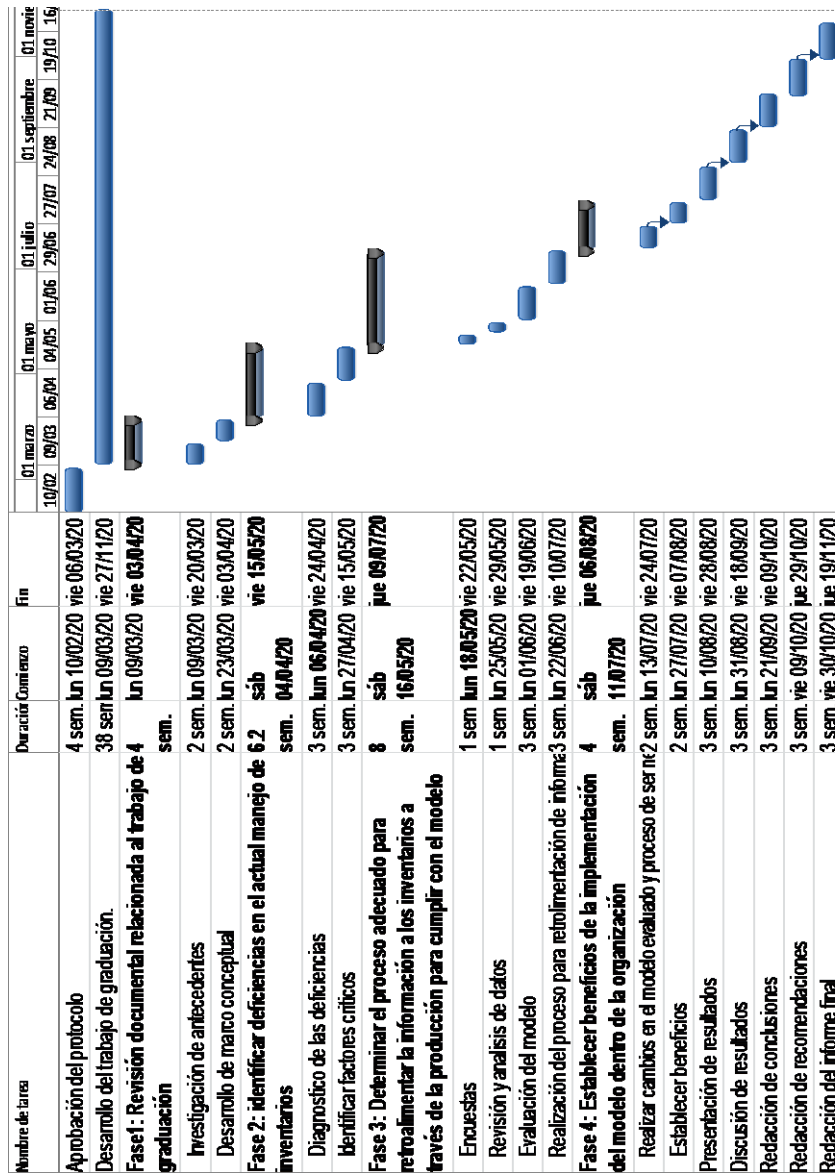
Modelo de gestión de inventarios: con base en los resultados obtenidos de los pronósticos para la demanda, se evaluará el modelo de económico de pedido por corridas de producción, y posteriormente el tipo de control que se presentará (figura 13).

También se realizará una evaluación de los procesos actuales por medio de encuestas a todos los involucrados en el proceso (operadores, mecánicos y encargados). Se procesará esta información recolectada y se evaluará por medio de alguna técnica como Ishikawa, árbol de problemas o diagrama de Pareto para poder identificar puntos de mejora o causas de desviación de información para la gestión de inventarios.

Por último, se pretende realizar un diagrama de flujo basado tanto en los resultados evaluados de los procesos actuales y los resultados cuantitativos de las variables obtenidas por los métodos de gestión y control de inventarios. Dicho diagrama pretende involucrar a todos los niveles de la planta de producción, y así obtener una correcta retroalimentación de la información.

11. CRONOGRAMA

Figura 26. Cronograma del estudio



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio es factible porque se cuenta con los recursos necesarios para ejecutar cada una de las fases propuestas y cumplir con los objetivos propuestos.

Los recursos que se tienen son:

- Recurso humano: el investigador con orientación del asesor. También se cuenta con la disponibilidad del personal para su observación y análisis.
- Recurso informático: se tiene acceso a la información necesaria para obtener la orientación y realizar la propuesta respetando los derechos de propiedad.
- Equipos y materiales: se dispone del equipo de cómputo necesario para la realización del informe, así como los materiales (equipo de impresión y útiles). Para la fase experimental, impresión y presentación. Todo aportado por el investigador.

El recurso financiero necesario para realizar la investigación será aportado por el investigador. Se presenta el siguiente presupuesto de gasto necesario para la investigación:

Tabla IV. **Presupuesto para la realización del estudio**

Descripción del costo	Fuente de financiamiento	Tipo de gasto	Cantidad	Costo unitario	Total	Porcentaje
Inversión del tiempo por parte del investigador.	Propia	Humano	9 (meses)	Q1,200.00	Q10,800.00	60 %
Tiempo invertido por parte del asesor.	Brindada por el asesor.	Humano	1 (mes)	Q2,500.00	Q2,500.00	14 %
Transporte	Propia	Equipo	40 (galones de gasolina)	Q25.00	Q800.00	4 %
Alimentación	Propia.	Alimentación	72 (raciones a razón de 2 por semana)	Q15.00	Q1,080.00	6 %
Papelería, útiles y equipo de impresión.	Propia	Materiales	1 resma de hojas	Q45.00	Q45.00	1 %
			1 impresora con tinta	Q600.00	Q600.00	3 %
			Útiles	Q50.00	Q50.00	1 %
Energía eléctrica	Propia	Suministros	250 KW/h	Q2.04	Q500.00	3 %
Internet	Propia	Suministros	190	Q9.00	Q1,710.00	9 %
Subtotal					Q18,085.00	
Gastos extra (5 % del costo total)					Q904.25	
Total					Q18,989.25	

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Alcalde, C. (2016). *Sistema de gestión de operaciones para una fábrica de conductores eléctricos*. (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/620932>
2. Avilés, M., López, J. y Zamora, M. (2007). *Diagnóstico de productividad y aplicación de reingeniería en industria centroamericana S.A.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://ribuni.uni.edu.ni/id/eprint/376>
3. Ballou, R. (2011). *Logística*. México: Pearson Educación de México, SA de CV.
4. Bermúdez, B., López, R. y Rodríguez, J. (2019). *Propuesta de mejora operacional que permita el incremento en la uniformidad en el peso y la reducción de pérdidas por mermas en la manufactura de alambre del Departamento de Trefilado de la empresa BIA Alambres/Bekaert Costa Rica* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica Nacional, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.utn.ac.cr/handle/123456789/234>

5. Bustos, C. y Chacón G. (2012). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente. *Un estudio en Venezuela. Contaduría y administración*, 57(3), 239-258. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186
6. Cruz, F., López, A. y Ruíz, C. (2017). Sistema de gestión ISO 9001- 2015: técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación, *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 17(1). DOI: <https://doi.org/10.19053/1900771X.v17.n1.2017.5306>
7. González, B., Matos, J., y Toribio, J. (2009). Relación microestructura-propiedades mecánicas en acero perlítico progresivamente trefilado. *Anales de Mecánica de la Fractura Volumen (26)*, p.142-147. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Jesus_Toribio/publication/242691774
8. Izar, J. (2007). *Contabilidad gerencial*. España: Trillas.
9. López, D. (2014), *Incremento de la productividad en el proceso de fabricación de alambre galvanizado calibre número 12 en planta de trefilación de Aceros de Guatemala, S. A.*, (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
10. Lozano, A. (2016). *Sistema de medición para la gestión de producción en Procables SA*. (Tesis de maestría). Universidad Libre, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10901/9180>

11. Malvé, A. (2014). *Propuestas de mejoras en los departamentos de planificación y control de la producción en la empresa Incable S.A.* (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7409>
12. Peralta, B. (2019). *Propuesta de mejora para la planificación y control de la producción de una empresa que fabrica cadenas de oro y plata* (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. DOI: <https://doi.org/10.19083/tesis/626106>
13. Pérez, E. (2015). Propuesta de automatización en bodega de producto terminado en industria manufacturera de productos de higiene personal en Costa Rica. *InterSedes [online]*. 16(34). Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/22571>
14. Plagscan.com. (2020). *Comprobación de Plagio en línea | Plagscan*. Recuperado de <https://www.plagscan.com/es/>
15. Ramírez, N. y Ramos, K. (2016). *Diseño de un sistema de gestión para el control de inventario en la empresa electrónica Frank "R"*. (Tesis licenciatura). Universidad de Cartagena, Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11227/3989>
16. Ramírez, W. (2011). *Elaboración de un manual de procedimientos operativos para la estandarización del proceso de trefilación de alambre, en la industria metal mecánica*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

17. Rodríguez, B. (2005). *Optimización de los procesos y procedimientos de una planta de producción a través de un estudio de métodos*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
18. Salas, K., Mejía, H., y Acevedo, J. (junio de 2017). Metodología de gestión de inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro. *INGENIARE-Revista chiles de ingeniería*, Volumen (25) Issue2, 326-337. Recuperado de: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer>
19. Toro, L. (2011). Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos. *Rev. Scientia Et Technica [online]*. (vol. XVI, núm. 49, p. 85-91) ISSN 0122-1701. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=849/84922625015>
20. Urbina, A. (2016). *Diseño de un manual con estándar operativo máquina de trefilado Niehoff mm85 en la empresa Centelsa cables de energía y telecomunicaciones S.A.* (Tesis de licenciatura). Fundación universitaria católica Lumen Gentium, Santiago de Cali, Colombia. Recuperado de <https://repository.unicatolica.edu.co/handle/20.500.12237/1046?s how=full>

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Cuestionario para obtención de datos

CUESTIONARIO DE PROCESOS



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO**

**Núm. de
cuestionario:**

La siguiente boleta de encuesta tiene como objetivo principal obtener información general sobre la gestión actual de la información de producción. La información que proporcione será estrictamente confidencial y con carácter académico.

Reportes		
	SI	NO
¿Cree en la utilidad de los reportes?		
¿Sabe para qué sirven los reportes?		
¿Cuánto tiempo le dedica a realizar reportes?		
¿Entrega reportes a tiempo?		
¿Le gustaría disminuir la variedad de reportes?		

Continuación apéndice 1.

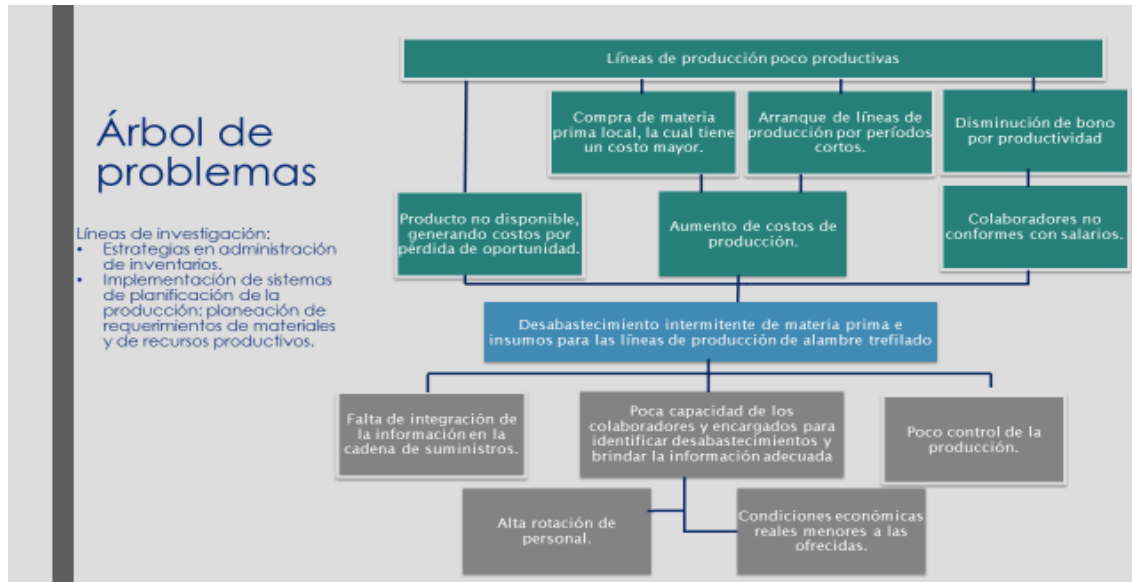
Comentarios		
Procesos		
	SI	NO
¿Sabe cómo identificar un desabastecimiento y cómo reportarlo?		
¿Lleva control de sus consumos?		
¿Cree que la información brindada en reportes es útil?		
¿Cuánto tiempo para una línea por desabastecimiento de materia prima?		
¿Sabe los procesos para transmitir información?		
¿Sabe cuánto producto debe tener disponible, sin tener un exceso de inventario?		
Comentarios		
Personales		
	SI	NO
¿Cuánto tiempo ha laborado en la organización?		

Continuación apéndice 1.

¿Le describieron y explicaron cómo llevar los procesos internos al momento de ingresar a laborar?		
¿Está conforme con su bono de productividad?		
¿Sabe en qué lineamientos se basa su bono de productividad?		
Comentarios		
¿Cómo calificaría los procesos para llevar control en la planta de trefilación?		
<input type="checkbox"/> Redundantes <input type="checkbox"/> Excelentes <input type="checkbox"/> Necesita mejorar <input type="checkbox"/> Buenos <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/> Sin utilidad <input type="checkbox"/> Mal enfocados		
Gracias por su colaboración, si desea agregar algo a esta encuesta, méncionelo aquí.		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Matriz de coherencia

Matriz de coherencia

Título de la investigación.	Planteamiento del problema.	Preguntas de investigación.	Objetivos
Diseño de investigación; evaluación de un proceso administrativo para la integración de información basado en un modelo de gestión de inventarios para disminuir el desabastecimiento intermitente de materia prima e insumos en una planta de producción de alambre trefilado	Desabastecimiento intermitente de materia prima e insumos en una planta de producción de alambre trefilado	<p>Principal ¿Cómo un modelo de cantidad económica de pedido por corridas de producción para la gestión de inventarios puede mejorar el desabastecimiento intermitente de materia prima e insumos en una planta de producción de alambre trefilado y sus derivados?</p> <p>Auxiliares ¿Cuáles son las deficiencias de los inventarios actualmente? ¿Cuál es el proceso adecuado para la retroalimentación de información a través de la producción, para el modelo de cantidad económica de pedido por corridas de producción de gestión de inventarios? ¿Qué beneficios tiene la gestión de inventarios para el control de la producción y la planeación de ventas?</p>	<p>General Diseñar un modelo de cantidad económica de pedido por corridas de producción para la gestión de inventarios para disminuir el desabastecimiento intermitente de materia prima e insumos en una planta de producción de alambre trefilado y sus derivados.</p> <p>Específicos Identificar deficiencias en el actual manejo de inventarios a través del análisis de reportes de producción y despachos a ventas. Determinar el proceso adecuado para retroalimentar la información a los inventarios a través de la producción para cumplir con el modelo de cantidad económica de pedido por corridas de producción planteado. Establecer los beneficios que se tendrá con la correcta gestión de inventarios y como estos impactan en el control de producción y en la planeación de ventas.</p>

Fuente: elaboración propia.

15. ANEXOS

Anexo 1. Antiplagio



Fuente: Plagscan. (2020). *Comprobación de plagio en línea*. Recuperado de <https://www.plagscan.com/es/>.