



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

**DISEÑO DE INVESTIGACION PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
BASADO EN INDICADORES DE MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE UNA  
PLANTA PRODUCTORA DE EMPAQUES**

**Diego Andres Grajeda Reyes**

Asesorado por el M.A. Ing. Randolph Chang Granados

Guatemala, mayo de 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACION PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
BASADO EN INDICADORES DE MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE UNA  
PLANTA PRODUCTORA DE EMPAQUES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**DIEGO ANDRES GRAJEDA REYES**

ASESORADO POR EL M.A. ING. RANDOLFO CHANG

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO 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. Christian 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
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola
EXAMINADORA	Inga. Rosa Amarilis Dubón Mazariegos
EXAMINADOR	Ing. Aldo Rodolfo Herrera Herrera
SECRETARIA	Ing. 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 INVESTIGACION PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
BASADO EN INDICADORES DE MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE UNA  
PLANTA PRODUCTORA DE EMPAQUES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 1 de septiembre de 2019.

**Diego Andres Grajeda Reyes**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Gracias por ser la fuerza impulsora en mi carrera, sin sus bendiciones esta meta no se hubiera logrado.

### **Mis padres**

Carlos Roberto Grajeda Barrientos y Ana Nohemí Reyes Cruz, por creer y apoyarme en un proyecto tan ambicioso.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser el centro de estudio que me abrió las puertas y brindó las herramientas para ascender en mi vida profesional.

**Facultad de Ingeniería**

Mi amada Facultad, la que me enseñó a ser la persona que soy, con el deseo de poner su nombre en alto.

**Mis amigos de la  
Facultad**

Deseo nombrarlos a todos, les agradezco su amistad, apoyo y camaradería en todo momento; mil gracias.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
2.1. Descripción del problema.....	5
2.2. Delimitación del problema.....	7
2.3. Formulación del problema.....	8
2.4. Pregunta central.....	8
2.5. Preguntas de investigación.....	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. ANTECEDENTES.....	11
5. OBJETIVOS.....	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	17
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1. Planta productora de empaques.....	21
7.1.1. Plantas productoras de empaques en Guatemala.....	22
7.1.2. Planta estudiada.....	23

7.2.	Mantenimiento.....	23
7.2.1.	Mantenimiento correctivo.....	25
7.2.2.	Mantenimiento preventivo.....	25
7.3.	Gestión de mantenimiento.....	27
7.3.1.	Funciones y niveles de desempeño.....	29
7.3.2.	Modelos de gestión de mantenimiento.....	30
7.3.2.1.	Mantenimiento productivo total.....	31
7.3.2.2.	Análisis causa raíz.....	33
7.3.2.3.	Optimización coste riesgo.....	36
7.3.3.	Análisis de criticidad.....	36
7.4.	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	37
7.5.	Indicadores de mantenimiento.....	39
7.5.1.	Indicadores de clase mundial .....	40
7.5.2.	Mean time to fail (MTTF).....	40
7.5.3.	Mean time to repair (MTTR).....	40
7.5.4.	Disponibilidad.....	41
7.5.5.	Mean time between failures (MTBF).....	41
7.5.6.	Utilización.....	43
7.5.7.	Confiabilidad.....	43
7.6.	Confiabilidad en sistemas y equipos.....	43
7.6.1.	Beneficios de analizar la confiabilidad.....	45
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS INFORME FINAL.....	47
9.	MARCO METODOLÓGICO.....	49
9.1.	Enfoque.....	49
9.2.	Diseño.....	49
9.3.	Tipo de estudio.....	49
9.4.	Alcance.....	50

9.5.	Variables e indicadores.....	50
9.6.	Fases de la investigación.....	51
9.6.1.	Fase 1.....	51
9.6.2.	Fase 2.....	52
9.6.3.	Fase 3.....	52
9.6.4.	Fase 4.....	52
9.7.	Población y muestra.....	52
9.8.	Herramientas metodológicas.....	53
9.9.	Resultados esperados.....	53
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	55
11.	CRONOGRAMA.....	57
12.	RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	59
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
14.	APÉNDICES.....	65



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de solución.....	19
2.	Matriz FODA.....	28
3.	Diagrama causa efecto.....	34
4.	Metodología mantenimiento centrado en confiabilidad.....	39
5.	Cronograma.....	57

### TABLAS

I.	Operativización de variables.....	51
II.	Recursos necesarios.....	60



## GLOSARIO

<b>Mantenimiento</b>	Conservación de un equipo o maquinaria en buen estado para evitar su prematura degradación.
<b>Falla</b>	Defecto material que causa un error o imperfección que provoca que un equipo o mecanismo funcione mal.
<b>Equipo</b>	Conjunto de objetos, aparatos y dispositivos necesarios para que funcione un sistema eléctrico o mecánico.
<b>Indicador</b>	Elemento de medida de rendimiento cuantificable aplicado a la gestión que permiten evaluar los resultados y el desempeño en uno o varios procesos.
<b>MTBF</b>	Tiempo medio entre fallas, indicador que señala el tiempo de promedio de utilización de un equipo antes de presentarse una falla que ocasione el paro del mismo.
<b>MTTF</b>	Tiempo medio para reparar, indicador que cuantifica el tiempo en que un equipo en estado de falla es puesto en marcha nuevamente.

**Confiabilidad**

Indicador que demuestra la capacidad de un equipo de desempeñar la función para la que fue diseñado sin interrupciones durante un periodo de tiempo determinado.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La empresa donde se llevará a cabo la sistematización produce empaques de polietileno, sacos para el almacenamiento de todo tipo de materiales en diferentes tamaños y materias primas y los imprime, según los pedidos del cliente. Su propósito es ofrecer la máxima calidad en cada unidad. Esta empresa se encuentra ubicada en la aldea de San Pedro las Huertas, Antigua Guatemala municipio de Sacatepéquez. Cuenta con más de 300 empleados en planta durante un turno de producción.

El análisis de los departamentos de mantenimiento en conjunto con el departamento de suministros evidencia que el promedio de mantenimientos correctivos ha aumentado debido a varios factores, como la falta de planificación y monitoreo. A esto se suma la baja cantidad de repuestos críticos dentro de la empresa por la falta de planificación o retrasos de proveedores. Como consecuencia, aumentan los tiempos de reparación o se aplican mantenimientos correctivos emergentes cuando se presenta una falla. Por ello, los costos globales de mantenimiento aumentan y alteran el presupuesto determinado mensualmente. El resultado final es que los indicadores de disponibilidad y confiabilidad de los equipos disminuyen drásticamente.

El nivel de competitividad dentro de las empresas es alto; se busca tener producciones de mayor calidad y ciclos bajos de producción. Para cumplir con estos dos objetivos es necesario que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones. El mantenimiento estructurado y eficiente facilita la disponibilidad de la maquinaria, que carezca de fallas o presente muy pocas y el aumento del tiempo del vida de los equipos.

Entre los beneficios para la empresa que se proponen en este documento están la adopción de un sistema de gestión de mantenimiento en los equipos críticos para mitigar o reducir sus fallas, cuyo valor agregado es la disminución de los costos de mantenimientos correctivos emergentes. Para ello se contará con indicadores, como la confiabilidad que será el valor más importante y determinará la viabilidad de la propuesta.

Para realizar esta propuesta se realizó una investigación relacionada con los modelos de gestión de mantenimiento basado en indicadores que muestren las fallas en el departamento de mantenimiento. Sobre esta base, se analizan los indicadores propuestos para diseñar el sistema de gestión de mantenimiento.

En el método de solución que se planteará se determinarán las tareas, procedimientos y comunicación entre los departamentos de la empresa para sentar las bases de un sistema de gestión de mantenimiento adecuado y correcto. Una vez los mantenimientos se gestionen correctamente, se conocerán los requerimientos, la manera de agilizar los trámites y la reducción de tiempo de los mantenimientos. Esto incrementará la confiabilidad.

Los datos obtenidos del estudio se analizarán con los indicadores confiabilidad y MTBF, *mean time between fails* (tiempo medio entre fallas). Del análisis de los indicadores se obtendrán los logros que se generen en el departamento de mantenimiento.

Este documento se integra en cuatros capítulos que se desarrollan de la siguiente forma:

El primer capítulo desarrolla el marco teórico, comprende la teoría de la gestión de mantenimiento así como los modelos de gestión que pueden aplicarse

dentro de la industria seleccionada. Se discute acerca del mantenimiento centrado en la confiabilidad el cual es uno de los elementos clave de esta propuesta, además de los diversos indicadores de mantenimiento que apoyarán el análisis situacional durante la elaboración del estudio.

En el capítulo segundo se presentan los resultados de la investigación. En el capítulo tercero se expone la discusión de los resultados obtenidos en la investigación.



## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La planta de fabricación de empaques presenta una cantidad excesiva de mantenimientos correctivos en los equipos críticos, debido a la aparición recurrente de fallas, falta de proceso en la distribución de tareas y la baja organización del área. Esto afecta a la confiabilidad total de los equipos, reduce la productividad, aumenta los tiempos de producción y paros y la calidad de los productos finales entregados.

### **2.1. Descripción del problema**

La empresa seleccionada está enfocada en el rubro de producción y comercializa productos de empaques, embalaje y almacenaje. Se ubica en el departamento de Sacatepéquez. La planta de producción trabaja en forma continua y cuenta con más de 200 empleados durante un turno de producción. La delimitación del área por analizar se enfocará en el Departamento de Mantenimiento que cuenta con 20 técnicos por turno de trabajo. Se encargan de los mantenimientos correctivos y preventivos programados en toda la planta.

La cantidad de mantenimientos correctivos diarios a los equipos han incrementado con el tiempo. Por esta razón, la cantidad de repuestos retirados de bodega es mayor a la planificada lo que causa un desabastecimiento en el que se incurren en mayores gastos para tener a disposición repuestos para que los equipos entren en funcionamiento nuevamente. Esto también incrementa la recurrencia de los paros y su duración. Para mantener los equipos funcionando se deja que sigan funcionando con las fallas, se reacondicionan piezas o se solicitan los repuestos de emergencia. Esto aumenta los costos de

mantenimiento, lo que se refleja en cada cierre contra la planificación presupuestaria excediendo los costos.

En la planificación de los mantenimientos programados se utilizan horómetros que indican la cantidad de horas que un equipo se ha encontrado en funcionamiento desde su primera puesta en marcha a la fecha. Para designar el momento de los mantenimientos no se toman en cuenta las especificaciones de trabajo real sino las impuestas por el fabricante en función de las horas de funcionamiento. Esta planificación incluye una pequeña cantidad de equipos, que son los más críticos. Estos mantenimientos pueden aplazarse si los técnicos se encuentran en otras áreas trabajando con mantenimientos correctivos. Además se carece de una planificación de los repuestos por utilizar en cada periodo. No se cuenta con el *stock* suficiente para abastecer y realizar los mantenimientos correctamente y estos se atrasan u obvian por la carencia de planificación. Ante esto, no es posible reprogramarlos por lo cual se espera a que se presente la falla para ejecutar un mantenimiento correctivo programado.

Para que el Departamento de Suministros envíe un repuesto al Departamento de Mantenimiento se registra una reserva de material. Esta se lleva a la bodega de suministros donde se contabiliza y se despacha el material o repuesto solicitado. Si la cantidad de materiales y repuestos en la bodega aumenta, también aumentan los códigos o identificadores. En estas circunstancias, a los técnicos se les dificulta conocerlos y, por error o por desinformación, solicitan materiales erróneos. Esto genera pérdidas de tiempo y mayor movimiento en la bodega de suministros. El caso se agrava cuando los repuestos se utilizan esporádicamente y los técnicos deben verificar las piezas antes de solicitarlas. Además, deben contar con el visto bueno de la jefatura de mantenimiento que recibe una gran cantidad de verificaciones ya que se realiza con cada repuesto. Esto atrasa los mantenimientos.

Dado que los técnicos de mantenimiento están acostumbrados al desabastecimiento frecuente, utilizan más tiempo del adecuado para trabajar. De ahí que atrasen otras tareas. El personal de mantenimiento se divide por áreas y por tipo de mantenimiento, por lo que, cuando se presentan fallas, no pueden atender porque todo el personal está en funciones.

## **2.2. Delimitación del problema**

La propuesta se dirige al Departamento de Mantenimiento. Se planteará un sistema de gestión que contará con el apoyo de departamentos, como producción que es un cliente interno y el área de suministros, que es un área que trabaja paralela a mantenimiento. Se establecerá un proceso al que se le pueda efectuar un seguimiento además de facilitar la recolecta de datos históricos para analizar los equipos críticos y determinar la disponibilidad de repuestos. Los datos analizados cuantitativamente serán herramientas para diseñar un sistema de gestión de mantenimiento eficiente. Además, se contará con el apoyo de los técnicos de mantenimiento que brindarán su experiencia para complementar el proceso de gestión.

El alcance del estudio se limitará únicamente a los equipos críticos, debido a la gran cantidad de equipos que se encuentran en la planta. Para este estudio no se utilizarán los datos históricos de compras dada su confidencialidad y su baja importancia para el caso. Tampoco se utilizarán los datos de consumo de materias primas ante la dificultad para su cálculo por las diferencias que hay dentro del área de producción lo que puede ocasionar la obtención de datos sesgados.

Se emplearán los historiales de fallas físicos y computarizados de equipos críticos para implementar indicadores que brinden resultados veraces y un análisis confiable para diseñar el sistema de gestión de mantenimiento.

### **2.3. Formulación del problema**

A consecuencia de los problemas suscitados salen las siguientes preguntas

### **2.4. Pregunta central**

- ¿Cómo mejorar la eficiencia y la disponibilidad de los equipos críticos del área de producción en una planta elaboradora de empaques?

### **2.5. Preguntas de investigación**

- ¿Cómo se encuentra el estado de mantenimiento de los equipos críticos de una planta?
- ¿Qué factores de la planificación y programación de los mantenimientos son necesarios mejorar?
- ¿Cómo determinar los indicadores aplicados al mantenimiento que proporcionen mejores medidas de análisis para planificar estrategias de gestión?

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La propuesta de sistema de gestión de mantenimiento está enfocada en los equipos críticos acorde a la línea de investigación: gestión de mantenimiento y control de efectividad de mantenimiento basado en indicadores. Los indicadores por implementar reflejarán los resultados de la gestión de mantenimiento de la empresa donde todos los equipos trabajarán correctamente y sin interrupciones brindando productos de alta calidad como consecuencia del funcionamiento correcto de la maquinaria y equipos. El trabajo de graduación se relaciona con las asignaturas de administración del mantenimiento y automatización del mantenimiento, impartidos en la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento

En este trabajo se estudiará, analizará y definirá el modelo adecuado y óptimo de gestión de mantenimiento para el Departamento de Mantenimiento. Con la colaboración necesaria y ejecutando los mantenimientos preventivos de forma eficiente, reducirá los mantenimientos correctivos emergentes como consecuencia de la aplicación del sistema de gestión. Con ello, se elevará la calidad de operación de la maquinaria y equipos.

La importancia de esta investigación se basa en la ausencia de planificación y monitoreo constante de los mantenimientos a los equipos críticos por lo cual las fallas son recurrentes y reducen la calidad y el tiempo de entrega de los productos al mercado. Los equipos deben estar en condiciones óptimas para reducir los tiempos de paro. Con ello, se aumenta la productividad. Por lo anterior, es necesario diseñar un sistema de gestión de mantenimiento basado en indicadores.

La motivación e interés del investigador es aplicar indicadores de mantenimiento como herramienta de ingeniería para determinar y planificar los mantenimientos preventivos en equipos críticos debido a que, con estas medidas se organizarán las tareas de mantenimiento y se dará prioridad al proceso productivo. La carencia de un sistema de gestión genera desabastecimiento de repuestos, mayor cantidad de paros de equipos críticos y en el proceso productivo, ocasionando mayores costos para la empresa.

Los beneficios que se tendrán al aplicar un sistema de gestión de mantenimiento se reducirán los altos costos de mantenimientos correctivos emergentes, como mano de obra, tiempo de paro de equipos, perdidas de materia prima por paros en la producción, arranques de equipos fuera de programación, repuestos solicitados de emergencia. Esta medida beneficiará el costo total del proceso productivo, se organizará el área de mantenimiento para trabajar eficientemente, el personal se dedicará a las tareas específicas en el tiempo determinado además de aumentar la disponibilidad de los equipos.

El beneficiario directo de la propuesta es el área de mantenimiento ya que aumentará su productividad al utilizar un sistema de gestión, se extenderán los periodos de vida de la maquinaria, a la vez que se beneficiará la producción general en la empresa al contar con mayor disponibilidad de equipos disminuyendo la aparición de fallas.

## 4. ANTECEDENTES

Tabares (1999) expone que durante la década de los años ochenta en varios países de cultura occidental se tenían presente el objetivo de obtener una rentabilidad máxima por cada unidad monetaria y de tiempo invertida. Cuando la industria y métodos de trabajo de culturas orientales realizaron su ingreso, el consumidor se convirtió en un elemento clave al exigir cierto nivel de calidad en los productos y servicios que solicitaba, ocasionando que las empresas considerarán la calidad como un factor de peso para mantenerse en el mercado, iniciando por esta razón el mantenimiento como un factor de la importancia dentro de la empresa, evolucionando hasta convertirse en un factor de la calidad. Mantener la calidad en todo el proceso productivo es importante para una empresa, por lo que un adecuado mantenimiento forma parte del aseguramiento de la calidad siendo este uno de los objetivos de la propuesta a presentar.

Olarte, Botero y Cañón (2010) expresa que la correcta puesta en marcha de los equipos y buen funcionamiento durante la fase de producción de cualquier organización un tema de vital importancia porque las ganancias se dan en función a la calidad del trabajo de todos los equipos. En la propuesta de diseño a realizar se propondrá la inversión de un monto adecuado de recursos en el área de mantenimiento para la planificación de tareas correctivas y de prevención de fallas que garanticen una producción óptima.

Mesa, Ortiz y Pinzón (2006) expresa que la confiabilidad es una disciplina de factor clave en cualquier proceso de mantenimiento, donde se aplican todo tipo de conocimientos que varían en su utilidad, permitiendo que se pueda planificar mantenimientos centrados en factores como el tiempo medio entre

fallas y la disponibilidad de los equipos. El uso de la confiabilidad en el diseño a implementar como factor clave en un sistema de gestión de mantenimiento proveerá la información necesaria para el análisis de las fallas y la disponibilidad inmediata de los equipos de producción.

Sánchez (2010) en su artículo *La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento*, plantea que “Cuando el impacto de las fallas toma valores inaceptables se le da la relevancia y el protagonismo desde las etapas iniciales de su ciclo de vida” (p. 72). El autor se refiere a que dentro la industria el mantenimiento se vuelve relevante cuando las fallas son mayores y en ese punto comienza la inversión para prevenirlas, hoy en día la competitividad requiere que estos costos de mantenimiento sean optimizados y no deben ser emergentes, el enfoque de la propuesta de investigación se basa en la optimización de los mantenimientos.

Capó, Miquel y Expósito (2007) mencionan en su artículo *La Gestión del Conocimiento en la Cadena de Suministro. Análisis de la Influencia del Contexto Organizativo*. “La Gestión de la Cadena de Suministro es el sistema de gestión que establece y controla la cadena de suministro” (p. 128). La gestión de cadena de suministro debe abarcar cada una de las partes que componen todo el sistema de suministros, gestionando y consiguiendo la implicación de los componentes con el fin de obtener beneficios. Con base en lo expuesto se propondrá aumentar los *stocks* de suministros y repuestos que faciliten las tareas de mantenimiento.

Díaz Y Pérez. (2012) en su artículo mencionan que la adecuada gestión de los inventarios es un tema primordial en la organización de las operaciones para optimizar y gestionar los costos. Los inventarios realizados con modelos tradicionales son realizados para aplicarse a una organización individual. Será objetivo del investigador se establecerá un sistema donde la satisfacción de los requerimientos de los clientes se logra uniendo los flujos financieros, el flujo de

material y el flujo de información de forma organizada en una cadena de suministro.

Herrera, Duany y Abreu (2014) Mencionan en su artículo, *Sistema Automatizado para la gestión de mantenimiento*, uno de los aspectos esenciales que las empresas toman en cuenta para ser eficientes en el desempeño, se enfoca en garantizar una disponibilidad altamente elevada de todos los equipos, con la misión de reducir o evitar paros de planta y lograr una estabilidad en términos de producción asegurando la calidad de la misma. El propósito del área de mantenimiento es que todos y cada uno de los equipos que posea la planta deben tener elevada disponibilidad para evitar disminuciones en la producción, garantizando que el funcionamiento sea el esperado, esto debe realizarse con los costes mínimos para no afectar al proceso productivo ni a la industria.

Fuentes (2018) expresa que “La gestión de mantenimiento es reactiva a atender fallas emergentes y no planificadas, y segundo, que no existe una sistematización de mantenimiento implementado, que mejore la disponibilidad de la maquinaria” (p. 21). Con la adecuada gestión de mantenimiento se puede establecer un sistema que disminuya la aparición de fallas emergentes enfocándose en las tareas de mantenimiento correctivo con el fin de mejorar la disponibilidad de los equipos.



## 5. OBJETIVOS

- **General**

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento basado en indicadores de mantenimiento en los equipos críticos de una planta productora de empaques.

- **Específicos**

1. Analizar el estado de mantenimiento de los equipos críticos de una planta basándose en indicadores que mejoren la planificación de los mantenimientos para optimizar la productividad y el beneficio económico
2. Definir qué factores de la planificación y programación de los mantenimientos son necesarios mejorar en los equipos críticos de la empresa productora de empaques.
3. Determinar los indicadores de mantenimiento ideales que se aplicarán al sistema de gestión de mantenimiento para el análisis del estado de los equipos críticos y la aplicación de estrategias en la gestión de mantenimiento.



## 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Este proyecto se propone cubrir la necesidad de organización de los mantenimientos en los equipos críticos estableciendo un sistema de gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia operacional de la planta. Este análisis se realizará mediante la implementación de indicadores, los cuales mostrarán cuantitativamente la fiabilidad que tienen los equipos al realizar la tarea para la que fueron instalados, según los objetivos propuestos.

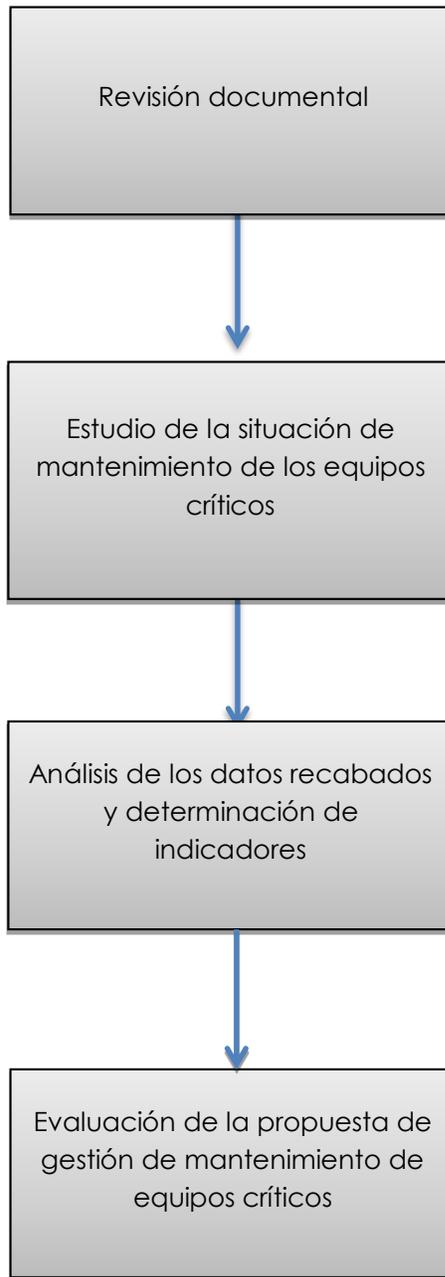
La investigación se iniciará con la recopilación de datos en todos los equipos para comenzar con el análisis situacional con el uso de técnicas como la observación directa y las entrevistas al personal (Ver Apéndice II). Luego, por medio de la determinación de los indicadores MTBF (tiempo medio entre fallas) y confiabilidad se cuantificará la situación. Para que este análisis sea confiable se establecerán parámetros de monitoreo en los equipos críticos.

Luego de obtener la documentación inicial se analizarán los datos y se trazará la propuesta de implementación. También se contará con el historial de los repuestos e insumos brindados por el Departamento de Suministros para calcular el *stock* mínimo que se debe tener y su consumo promedio obteniendo la alternativa que efectúe la mejor gestión con el costo óptimo.

Se diseñará un sistema de gestión debido a la carencia de organización y control en las tareas de mantenimiento. Dado que el objetivo principal del área es mantener en óptimo funcionamiento los equipos de la planta al menor costo sin incurrir reducciones de desempeño o calidad, la aplicación de la propuesta tiene como fin dejar una base para la planificación adecuada de los mantenimientos. A

continuación, en la figura 1 se presenta el esquema de solución para la problemática presentada en este trabajo de investigación.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.



## **7. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se desarrollarán los fundamentos teóricos que servirán de respaldo para el trabajo de investigación por realizar, donde se describirán las plantas fabricadoras de empaques, el mantenimiento y sus tipos, la gestión de mantenimiento, indicadores de mantenimiento, criticidad, disponibilidad y confiabilidad.

### **7.1. Planta productora de empaques**

Un saco es un recipiente tejido de diversos materiales entre los cuales destacan cuero, lona, polipropileno, polietileno, plástico, papel o tela, son de un tamaño considerablemente mayor al de una bolsa y a la necesidad de su fabricación.

Su uso principal es el almacenamiento y transporte de materias primas, producto terminado o elementos de forma activa en la industria, son resistentes lo que facilita su almacenaje a comparación de otros elementos de embalaje como cajas o recipientes plásticos.

El proceso de fabricación de un empaque comienza en la obtención de la rafia la cual es una fibra gruesa obtenida en la extrusión de plástico moldeado continuamente a altas presiones. La materia prima principal para obtener rafia es el polipropileno que cuenta con alta flexibilidad y tenacidad; además, es liviano y resistente a ataques químicos. Se funde con pigmentos y carbonatos a una temperatura adecuada para obtener tiras que son estiradas y roladas por rodillos

a alta y baja temperatura hasta lograr la flexibilidad y ancho deseado de la fibra, la fibra es acumulada en bobinas del tamaño a requerir.

Luego, un conjunto de bobinas se coloca en un telar que entrelaza las fibras en ángulos de 90 grados y crea un tejido continuo que es la base para el saco. Este tejido se almacena en rollos de gran longitud y se trasladan a impresoras flexográficas las cuales le dan una capa de tratamiento de absorción de tinta para después imprimir los patrones según a solicitud de los clientes. Estos rollos impresos se llevan a las cortadoras que los dividen en sacos individuales. Cada saco es cosido de un lado para darle fondo y luego empacado y trasladado al cliente para su uso en empaque de sus productos finales.

#### **7.1.1. Plantas productoras de empaques en Guatemala**

En la república de Guatemala la fabricación de empaques a base de polipropileno es una industria en auge. Se debe a la factibilidad técnica para el establecimiento de plantas, la accesibilidad a la materia prima, el amplio mercado de productos que requieren de mejores empaques, la capacidad de la mano de obra y la tecnología para adaptarse a los procesos de fabricación y la industria que a cada momento requiere de empaques con mejores cualidades físicas y tecnológicas para almacenar o distribuir sus productos solicitando que se cumplan con estándares y normas internacionales. Este mercado creciente permite que las fábricas de empaques distribuyan sus productos a todo el territorio nacional. Además, de que varias empresas exportan hacia mercados internacionales tales como Norte y Sur América.

### **7.1.2. Planta estudiada**

La empresa donde se llevará a cabo la propuesta, fabrica empaques de polietileno, sacos para el almacenamiento de todo tipo de materiales en diferentes tamaños y materias primas, y los imprime según los pedidos del cliente para cumplir los estándares de calidad. Está certificada por la norma ISO 9001 y FSSC 22000. Se fundó en 1986 y comercializa productos para envase, empaque y otras soluciones plásticas para la industria y la agricultura. Su objetivo es conservar los productos e imagen de sus clientes. Actualmente, cuenta con una capacidad instalada de más de 200 millones de sacos de polipropileno al año, es la mayor empresa de Centro América y El Caribe en la fabricación de sacos de polipropileno. La empresa se encuentra en Antigua Guatemala, municipio del departamento de Sacatepéquez. Posee un amplio mercado nacional e internacional con la mayor impresora flexográfica de la región la que la diferencia de sus competidores y amplía el mercado al que puede dirigirse.

### **7.2. Mantenimiento**

Moubray (1997) expone que el mantenimiento se asegura de que todo activo físico continúe realizando su función. Los requerimientos de calidad de los productos realizados con estos activos dependen de la forma como trabajen y el momento cuando se utilicen. De acuerdo con lo anterior, se define mantenimiento centrado en la confiabilidad como la estrategia o proceso utilizado para determinar los requerimientos de los equipos que aseguren su funcionamiento en condiciones reales.

Según Fuentes (2018) “Los objetivos del mantenimiento son determinados por las expectativas del desempeño de los equipos y maquinaria, en función de cómo tratar las fallas.” (p. 2). Cada equipo tiene un desempeño determinado por

el fabricante, sin embargo, estos datos, habitualmente, no son fiables en un proceso productivo en el que intervienen muchas variables, como materia prima, velocidad de funcionamiento, régimen de operación, capacidad teórica y real de la planta y operarios. La misión principal del mantenimiento es asegurar que el desempeño de los cada máquina o equipo sea acorde a las necesidades de la empresa sin aumentar los costos y sin disminuir los parámetros de calidad establecidos.

Chocoy (2019) expone que “Se define al mantenimiento como el conjunto de técnicas y actividades desarrolladas sobre activos, con la finalidad de prolongar su vida útil y su disponibilidad” (p. 1). Un equipo en funcionamiento es un generador de activos. Cuando falla, afecta la disponibilidad y se pierden oportunidades de comercialización. El mantenimiento programa técnicas para prevenir la aparición de fallas o corregirlas en el menor tiempo posible para prolongar la vida útil de los equipos.

Entre los objetivos principales de un proceso de mantenimiento se pueden mencionar los siguientes:

- Garantía de No aparición de fallas durante el proceso productivo.
- Recuperación del sistema o equipo al estado de calidad establecido luego de haberse reparado la falla.
- Mantenibilidad de los equipos al realizar el cambio de suministros que se desgasten o se solicite su cambio.
- Aumento de la vida útil de los equipos.

### **7.2.1. Mantenimiento correctivo**

Como menciona Smith (2017), “Un mantenimiento correctivo es aquella actividad no planeada cuya función es restaurar las operaciones de las maquinas ya sea por una mala operación o una falla” (p. 92). El mantenimiento correctivo se da de forma imprevista ante la repentina presencia de una falla la cual pudo ser o no detectada anteriormente, por lo que no puede ser planificado y está enfocado únicamente a corregir todas la fallas presentadas en el momento con la mayor eficacia posible.

En la gestión de mantenimiento se considera necesario reducir las actividades correctivas para reducir los elevados costos que implican las intervenciones y paros abruptos los cuales no son programados y afectan a toda la cadena de producción. Además, influyen en el costo de oportunidad que se refiere a la capacidad de obtener ganancias cuando los productos se elaboran con menor calidad a la esperada. Eso generará reclamos de clientes interno y externos. No es posible evitar todas las tareas correctivas pero su organización adecuada puede generar beneficios al área de mantenimiento, al establecer que equipos y tipos de fallas pueden considerarse de menor prioridad.

### **7.2.2. Mantenimiento preventivo**

Son actividades de mantenimiento planificadas con antelación ante el conocimiento del estado de un equipo antes que se presente una falla que requiera un mantenimiento correctivo. Su finalidad es mantener los equipos en óptimo funcionamiento. Sus objetivos son los siguientes:

- Evitar la aparición de fallas que detengan el proceso productivo
- Determinar las causas de las fallas y prevenirlas

- Aumentar la vida útil de los equipos
- Reducir los costos asociados a las tareas correctivas de mantenimiento
- Reducir los paros en los equipos
- Mantener la disponibilidad de los equipos

Para implementar el mantenimiento preventivo se debe conocer la condición de los equipos. Esto se logra por medio del monitoreo de condiciones en las que pueden utilizarse varias herramientas que se describirán a continuación.

- Inspección VOSO

Su objetivo es la detección de síntomas de falla. Es el método más utilizado debido a la facilidad de entrenamiento y a que no necesita equipo especializado para realizarlo. Se basa en la utilización de los sentidos para detectar anomalías que deriven en fallas. Se necesita conocer el equipo que se inspeccionará y practica para dar veredictos fiables. Esta herramienta no constituye una garantía de que una maquinaria tiene una falla pero puede generar una alerta cuando ya se ha presentado y esta es sensible para técnicos y operarios lo que permite actuar y programar tareas preventivas y correctivas.

- Paneles de medición

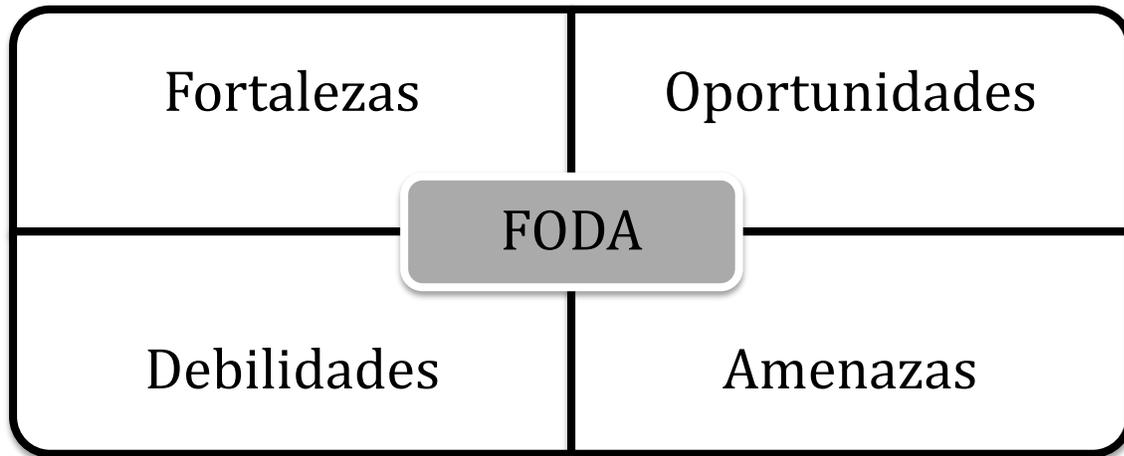
Son elementos mecánicos o electrónicos que muestran el estado actual del equipo. Por su medio se pueden generar historiales de condición. Cuando una falla está a punto de presentarse, es común el cambio de ciertos parámetros de funcionamiento lo que genera una alerta a los técnicos de mantenimiento y se puede programar una inspección o monitoreo constante que apoye a determinar la falla y programar tareas para prevenir un paro.

### **7.3. Gestión de mantenimiento**

La maestría en ingeniería de mantenimiento enfoca la mejora continua de las tareas de preservación de equipos y la prevención de fallas. Esta filosofía se establece por medio de la aplicación de la gestión de mantenimiento para analizar y realizar modelos de los datos obtenidos durante las tareas de mantenimiento. De esta manera, se renuevan justificada y continuamente las operaciones de mantenimiento, su correcta planificación y la programación de actividades que garanticen las metas de producción. Así, se obtienen menores costos de fabricación y funcionamiento de equipo en comparación a los costos generales en los que no se implementa un proceso de análisis del mantenimiento.

La gestión de mantenimiento es un sistema dependiente de elementos ligados a la ingeniería del mantenimiento, no es un proceso apartado de otros factores del mantenimiento. Además deben agregarse los resultados del análisis de la matriz FODA en las que se definen las estrategias con las que trabajara una organización. La meta trazable será obtener una integración completa del mantenimiento en todo el sistema.

Figura 2. **Matriz FODA**



Fuente: elaboración propia.

La eficiencia, eficacia y oportunismo deben ser valores inherentes a un modelo de gestión de mantenimiento. Deben concordar con las metas determinadas por las necesidades o requerimientos de la planta para reducir los costes indirectos de actividades de mantenimiento. Los modelos de gestión deben operar con costos óptimos, mejorando los indicadores asociados a la confiabilidad y a la productividad; estableciendo un programa de mantenimiento fuerte y eficiente en el que se considera la gestión correcta de los recursos y la disponibilidad de los mismos.

Un nuevo método de gestión de mantenimiento afecta de manera positiva la funcionalidad, seguridad y productividad. Se previenen accidentes y se mejoran las condiciones generales de trabajo al mantener la maquinaria, la herramienta y equipos de trabajo en buenas condiciones operativas. En las grandes empresas la aplicación de adecuados sistemas de gestión de mantenimiento es utilizada para mejorar la calidad de todos los productos

ofrecidos a los consumidores, sin embargo, a pesar de que este sistema es enfocado a procesos de mantenimiento en los que se producen o manufacturan productos, se puede implementar en empresas que se enfocan en distribución de servicios.

La industria utiliza estrategia básica realizar los trabajos de mantenimiento en forma correcta, pero es necesario mucho más control para hacer que los planes de mantenimiento se den en forma adecuada. Esto se logra por medio de la correcta gestión de mantenimiento. La gestión puede ser de ciclo habitual de mantenimiento, también llamado ciclo de trabajo estándar en el cual la secuencia de mantenimiento es planificación, programación, asignación de tareas y la ejecución de cada una. Otra vía de gestión se denomina ciclo de mejoramiento continuo, el cual añade dos procedimientos al ciclo mencionado, el análisis de las tareas que se han realizado para la búsqueda respectiva de áreas, oportunidades y puntos de mejora y la identificación del conjunto de tareas específicas necesarias para ejecutar las mejores planificadas.

### **7.3.1. Funciones y niveles de desempeño**

Torres y Rivero (2004) expresan que antes de iniciar con la implementación de un sistema de planificación y gestión de mantenimiento deben ejecutarse ciertas operaciones que aseguren que cada uno de los productos cumpla las expectativas y requerimientos del consumidor final, obteniendo la misma calidad en su uso operativo. Deben realizarse las siguientes acciones:

- Determinar la función que debe cumplir producción para satisfacer la demanda de los usuarios.
- Asegurar que el producto al ser entregado al usuario final cumpla con sus expectativas.

Para cumplir con estas acciones y aplicar un sistema que cumpla con los requerimientos del departamento de mantenimiento y producción, es primordial definir cada una de las funciones que se ejecutarán cuando el plan de gestión esté en marcha, designar los estándares de desempeño y calidad especificados por la empresa junto con los indicadores. Las funciones para las que fue realizado el producto final y que los usuarios de estos bienes perciben al momento de su utilización se dividen en dos tipos:

Funciones primarias: son la causa de la adquisición de los productos. En esta rama de funciones se cubren temas, como rendimiento, velocidad de operación, capacidad de transporte o almacenamiento, servicio al cliente y calidad del producto.

Funciones secundarias: indican qué todo bien produzca más que simplemente su función primaria y diferencia el producto contra otros similares en el mercado. Los usuarios también tienen expectativas en áreas que dan valor agregado al producto, como control, integridad estructural, contención, protección, *confort*, apariencia o estética, cumplimiento de normas de calidad, medioambientales y de seguridad.

### **7.3.2. Modelos de gestión de mantenimiento**

A continuación, se describirán los modelos de gestión de mantenimiento con enfoque a la colaboración entre departamentos de mantenimiento y producción que elevan la calidad de producción y la disponibilidad de los equipos.

### **7.3.2.1. Mantenimiento productivo total**

Torres, Perdomo, Fornero y Corcuera (2010) El objetivo principal del mantenimiento productivo total es realizar las tareas de mantenimiento con el apoyo del personal de producción, dentro del mismo proceso, estableciendo un sistema de mejora continua que se encamina al establecimiento de la calidad total. Este mantenimiento parte del concepto de que el operario es el más adecuado para conocer cómo funciona el equipo al que está asignado; según este concepto el personal de mantenimiento puede conocer las especificaciones y el interno eléctrico y mecánico, tomando en cuenta que el operario convive diariamente con los equipos llega a conocer su funcionamiento de una mejor manera que los técnicos.

La implementación del mantenimiento productivo total en un proceso de producción estandarizado, otorga valor adicional si se implementa en conjunto con un sistema de administración enfocado en la calidad total. El colaborador, al formar parte del proceso productivo y de mantenimiento, adopta la filosofía de la calidad total la cual es una estrategia de gestión enfocada en crear conciencia de calidad en cada uno de los procesos de una organización, aportando al mejoramiento de indicadores tales como la disponibilidad, reduciendo las acciones correctivas emergentes y elevando el rendimiento de la línea de producción.

Mejorar la disponibilidad real de los equipos al reducir las pérdidas por fallas en la productividad involucrando a todos los sectores de la organización, es el objetivo primordial del mantenimiento productivo total, para que este pueda ser aplicado se necesita adaptar las labores de mantenimiento para los colaboradores, ya que estos no están capacitados para realizar tareas que abarquen reparaciones electrónicas, uso preciso de instrumentos de calibración

y control. Sin embargo, sí pueden realizar actividades de mantenimiento básico descritas por el proveedor tales como lubricación e inspección; asimismo cambios o reparaciones sencillas debido al conocimiento que tienen con la maquinaria, esta es la filosofía y enfoque del mantenimiento productivo total.

Al aplicar un sistema de mantenimiento productivo total, es necesario tomar en cuenta las fuentes principales de fallas que evitan que se pueda lograr el rendimiento óptimo de los equipos, las cuales se enumeran a continuación:

- Las calibraciones obligatorias antes de arranque inicial o al cambio de materias primas.
- El funcionamiento sin materia prima o funcionamiento improductivo y los pequeños paros sin justificación.
- El uso de los equipos por debajo de su capacidad nominal.
- Menor ritmo de producción de los equipos.
- Defectos internos en el proceso o dentro del método de producción.
- Controles injustificados que detienen el proceso, exceso de verificaciones.

Para mitigar estas causas de fallas recurrentes en los equipos se deben establecer medidas básicas las cuales son:

- Cumplir con las condiciones correctas de puesta en marcha de los equipos.
- Optimizar o corregir las deficiencias de diseño para que se adecuen a las necesidades de la organización.
- Seguir las condiciones de trabajo especificadas por el fabricante en los manuales de operación.
- Corregir las causas de deterioro de los equipos realizando las tareas de mantenimiento a tiempo para evitar los desperfectos.

- Mejorar las tareas operativas y de mantenimiento con capacitaciones, con el fin de prevenir errores humanos.

Las tres etapas que deben cumplirse para aplicar un programa mantenimiento productivo total son:

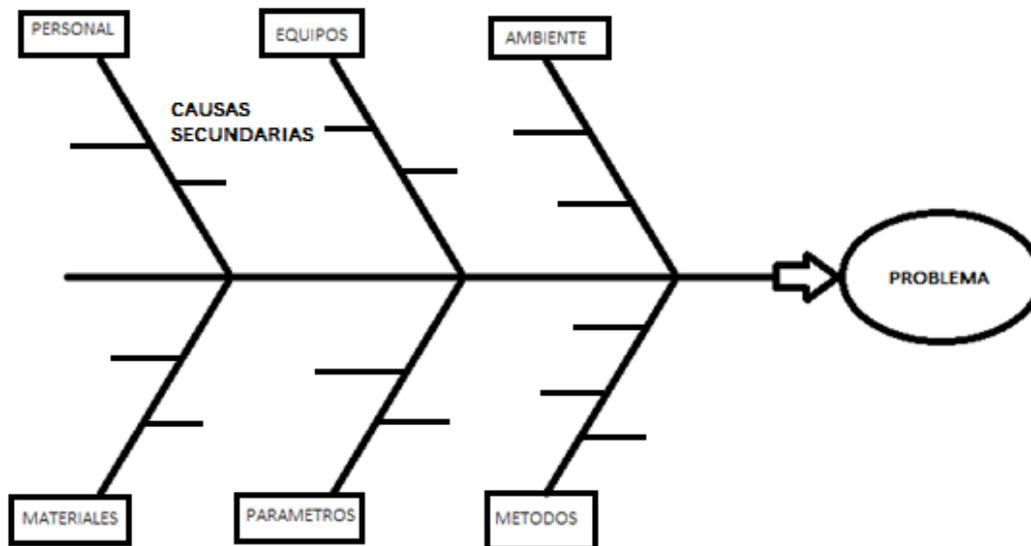
- Fase de preparación
- Fase de realización
- Fase de consolidación

#### **7.3.2.2. Análisis causa raíz**

Díaz, Romero, Cabrera y Viego (2015) El análisis de causa raíz es una técnica para señalar las causas que originan las fallas y los problemas recurrentes en los equipos y, al ser corregidas en las labores de mantenimiento, evitarán que vuelvan a suceder o se reducirá su ocurrencia reduciendo los costos de las reparaciones y aumentando las disponibilidad.

Este método es un análisis deductivo que conduce a la causa inicial de falla de un equipo, maquinaria o sistema. Las causas identificadas por este sistema son obtenidas por la lógica y el uso de técnicas que variarán dependiendo del tipo de problema a encarar, el historial de mantenimiento de los equipos y la factibilidad de implementar dichas técnicas, entre ellas se pueden mencionar: diagrama de espina de pescado o Ishikawa, análisis de causa-efecto, análisis de factores causales, matriz de análisis, árbol de ideas y análisis de barrera y eventos.

Figura 3. Diagrama causa efecto



Fuente: elaboración propia.

Una falla esta genera manifestaciones o fenómenos que pueden ser percibidos en forma de ruido, anomalías de funcionamiento o vibraciones, pero a la vez, no se puede percibir lo que ocasiona la falla. Cuanto más complejo sea el equipo, la localización de las causas que originan la falla será más complicada. Se debe programar la reparación y el control de las consecuencias de la falla, sino se controla su origen se presentarán nuevamente.

En la industria los técnicos responsables del mantenimiento son los encargados de que los equipos se encuentren en funcionamiento, pero no identifican o verifican la causa de las fallas o de los problemas que se dan, usando solamente técnicas paliativas para corregir y no prevenir. También cuando se trata de un problema menor estos son desestimados y se dejan de lado, solamente cuando se presenta un problema mayor se realiza una

corrección emergente que pondrá al equipo en funcionamiento pero no generara resultados eficaces.

Al analizar la causa raíz se evidencian problemas centrales que deben corregirse. Si las acciones correctivas no se programan porque su reparación requiere un alto nivel técnico o su costo es elevado, suelen aplazarse. Por eso, es imposible eliminar el problema o la causa principal de la falla y solo se atienden sus síntomas para que el equipo siga funcionando. Estas acciones son comunes en la mayoría de industrias porque es muy difícil detener un proceso productivo en un equipo crítico sin afectar la capacidad de producción o entregas programadas que requieren que el equipo se encuentre en funcionamiento cierta cantidad de horas.

Otro problema común que evita que se tomen las acciones correctivas pertinentes es que las fallas suelen ser tolerables o aceptables. Esto es un error porque el concepto de fallas aceptables no concuerda con una gestión de mantenimiento enfocada en la confiabilidad. De ser así, las fallas no deberían presentarse o ser de poca recurrencia.

Es necesaria la creación de programas de gestión de mantenimiento usando como herramienta el análisis mencionado, estableciendo el concepto de que el cumplimiento del programa preventivo de mantenimiento es inversamente proporcional al número de fallas que se presentan en los diferentes equipos. Cuando se presentan fallas y no se cumple el programa de mantenimiento no es posible detectar los orígenes de las fallas aumentando costos y con la probabilidad de no reparar la causa raíz de la falla.

### **7.3.2.3. Optimización coste - riesgo**

Amendola (2003) explica que la aplicación de la metodología de optimización coste- riesgo en las que se analizan y modelan diferentes programaciones de los equipos basándose en su operación, con la finalidad de definir el momento adecuado para realizar una actividad de mantenimiento, la factibilidad económica de un proyecto de mantenimiento y determinar la cantidad optima de repuestos con las que se debe contar en *stock*.

Los resultados obtenidos de este método de análisis permiten organizar y optimizar la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento de una empresa ya que esto eleva la productividad al pronosticar las fallas y organizar planes de mantenimiento para que estas no ocurran o sean mitigadas al momento de presentarse.

### **7.3.3. Análisis de criticidad**

Es una herramienta de ingeniería de mantenimiento para definir la jerarquía de equipos, procesos, maquinaria, personal y actividades con la finalidad de tomar las decisiones efectivas y eficaces, coordinando la inversión de activos en el área que genera más beneficios o que es de mayor impacto para la organización.

La criticidad se sinergiza con la confiabilidad, al establecer una ruta crítica de elementos en un proceso productivo. El mantenimiento se centra en las tareas primordiales por lo que la aparición de fallas que causen paros o atrasos considerables se reduce drásticamente, mejorando indicadores como la disponibilidad total.

Para realizar un análisis de criticidad es necesario definir el propósito y el alcance que tendrá el estudio. Se recomienda realizar una evaluación para observar la jerarquía de operaciones al utilizar modelos matemáticos, así como un diagrama de proceso productivo en el que se observen todas las tareas y se identifiquen las áreas o zonas que deben ser objeto principal de las actividades de mantenimiento. El objetivo del análisis de criticidad es mantener el proceso de producción estable.

#### **7.4. Mantenimiento centrado en confiabilidad**

Montilla, Arroyave y Silva (2007) definen al mantenimiento como el aseguramiento de que todos los elementos de trabajo e instalaciones que formen parte de algún proceso de transformación o agreguen valor al producto final, se desempeñen de forma planificada y continua.

Montilla afirma que la función primordial del mantenimiento es preservar el estado original de operación de los equipos a lo largo del tiempo, para que esto se cumpla, los equipos deben cumplir con las funciones para los que fueron diseñados y que su programación de operación sea adecuada a su capacidad para la que fueron diseñados.

El mantenimiento centrado en confiabilidad se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Considerar la confiabilidad inseparable del equipo o de la instalación.
- Garantizar la continuidad del funcionamiento.
- Mantener la capacidad productiva y la calidad.
- Tener en cuenta donde y como se está usando, las condiciones de operación.

Si se desea mejorar el rendimiento y la calidad del proceso productivo, aumentar la capacidad o simplemente aumentar la capacidad del equipo, este debe someterse a un rediseño para cumplir con las especificaciones deseadas.

Moubray (1997) “El mantenimiento centrado en la confiabilidad inicia determinando los equipos críticos basado en los resultados de los análisis de causas de fallo” (p. 129). Estos resultados son conseguidos por medio de la consulta de los registros de los departamentos de producción y mantenimiento junto con la implementación de nuevas políticas de mantenimiento que tengan como objetivo principal la confiabilidad, dirigida a corregir las causas de los paros de producción y las fallas en los equipos críticos.

Hung (2010) para determinar que equipos se deben optimizar enfocando su esfuerzo en ellos, se aplica un modelo de Pareto con diversos niveles de análisis que van desde la seguridad de las instalaciones de los equipos y la disponibilidad de cada uno de ellos durante el tiempo de operación. Los mantenimientos correctivos emergentes no se descartan y quedan como opción para los equipos críticos si estos fallan y como una política implementada a los componentes secundarios o equipo, con bajo efecto sobre la disponibilidad de la línea de producción y su seguridad de instalación.

La aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad consta de las etapas que se mencionan a continuación:

- Selección de sistemas críticos.
- Análisis de criticidad y determinación previa de acciones de mantenimiento recomendadas.
- Revisión de la historia operacional.
- Diseño de la política adecuada de mantenimiento a aplicar.

Figura 4. **Metodología mantenimiento centrado en confiabilidad**



Fuente: elaboración propia.

Un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad determina el nivel de criticidad con el que cuenta los equipos que conforman el proceso de producción. A partir de los resultados se toman decisiones, como rediseñar un componente o proceso por la implementación de actividades de mantenimiento predictivo o preventivo dependiendo su criticidad o en caso contrario aceptar el riesgo que el equipo fallara.

## 7.5. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento asociados al área de productividad permiten a evaluar a toda la empresa, las instalaciones, los componentes, dispositivos y diferentes sistemas que se tengan implementados. De esta forma se puede ejecutar un plan de mantenimiento con vistas a perfeccionar todas las labores de mantenimiento (Manual de Indicadores de Mantenimiento, 1998)

### 7.5.1. Indicadores de clase mundial

Los índices o indicadores de clase mundial se aplican con mayor frecuencia en todo el mundo. Se nombrarán los seis más importantes para el diseño de un sistema de gestión, de los cuales cuatro indicadores se refieren a análisis de equipos y los dos restantes son enfocados a la gestión de costos.

- Tiempo Medio para la Falla - Mean Time To Fail (MTTF)
- Tiempo Medio para Reparar - Mean Time To Repair (MTTR)
- Disponibilidad
- Confiabilidad
- Utilización
- Tiempo Medio entre Fallas - Mean Time between Failures (MTBF)

### 7.5.2. Mean time to fail (MTTF)

También conocido como tiempo medio para la falla, representa el tiempo que en que un equipo o maquinaria puede trabajar bajo condiciones de uso normales sin interrupciones durante un periodo determinado hasta presentarse la falla, de forma que se representa como un indicador indirecto de la disponibilidad.

$$MTTF = \frac{\sum \text{tiempo de operacion} - \sum \text{tiempo de fallas}}{\text{Fallas}}$$

### 7.5.3. Mean time to repair (MTTR)

Conocido como tiempo medio para reparar, es el la media del tiempo que se utiliza para reparar un equipo o sistema por lo que se define como el tiempo

efectivo en que un equipo regresa a sus condiciones normales de trabajo, es el reflejo de la mantenibilidad que es la disponibilidad de los equipos a consecuencia la correcta realización de los mantenimientos. Este indicador muestra la probabilidad de devolver el equipo a las condiciones óptimas de operación en un tiempo determinado utilizando procedimientos anteriormente establecidos en función de las necesidades. El mantenimiento debe ser ejecutado por personal calificado, con el procedimiento y las herramientas adecuadas. El tiempo de la reparación varía por el tipo de falla y del diseño de los mantenimientos. (Smith, 2017)

$$MTTR = \frac{\sum \text{tiempo de reparacion}}{\text{Fallas}}$$

#### **7.5.4. Disponibilidad**

Representa el porcentaje de tiempo total efectivo en que un equipo puede estar disponible la función a la que está asignado sin ningún tipo de pausas o inconvenientes. Los factores MTTF y MTTR influyen directamente sobre la disponibilidad, por medio del estudio de estos es posible evaluar diferentes alternativas para maximizar la disponibilidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales de Operacion} - \text{Horas de reparacion}}{\text{Horas totales}}$$

#### **7.5.5. Mean time between failures (MTBF)**

Se conoce como tiempo promedio entre fallos. Muestra la ventana de tiempo en la que aparecerá una falla desde el arranque del equipo, mientras

mayor es el tiempo de operación mayor es la probabilidad de ocurrencia o aparición de una falla y a la vez aumenta el valor de la confiabilidad. El estudio del tiempo medio entre fallas es de suma importancia por la razón de que este indicador es el más representativo de los equipos, al dar datos confiables de su operación. Para calcular este indicador se deben usar los historiales de operación y mantenimiento por lo que representa el estado total del equipo al obtener los datos de fuentes primarias de información que ayudarán a la exactitud de los análisis.

$$MTBF = \frac{\sum \text{tiempo total de operacion}}{\text{Fallas}}$$

El análisis de las fallas es la etapa más importante de un programa óptimo de mantenimiento, con los resultados de estos análisis se pueden obtener un estimado de la presencia de fallas en cualquier momento de la curva de vida de un equipo.

Para llevar a cabo el análisis de los datos históricos de mantenimiento y operaciones se utiliza un estudio de confiabilidad, se debe conocer el funcionamiento de todos los equipos que se encuentren dentro del proceso de producción con el objetivo de:

- Optimizar los materiales y el recurso humano usado en el mantenimiento.
- Diseñar o modificar políticas de mantenimiento nuevas o existentes.
- Calcular el periodo de la sustitución de los equipos.
- Establecer la frecuencia con la que se realizarán los mantenimientos preventivos.

### **7.5.6. Utilización**

Es el indicador consecuente de la disponibilidad y mide el tiempo efectivo en que un equipo se encuentra operativo durante un periodo de tiempo determinado, usualmente se conoce como factor de servicio.

$$Utilizacion = \frac{Tiempo\ de\ Operacion}{Tiempo\ disponible}$$

### **7.5.7. Confiabilidad**

Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, y Crespo (2013) expresan que la confiabilidad es la probabilidad de que un equipo determinado desempeñe el trabajo para el que fue diseñado en condiciones de operación estándar, durante un periodo de tiempo determinado. Un equipo es totalmente confiable cuando no ha presentado fallas por lo que la confiabilidad de los equipos tiende a reducirse conforme aumenta la edad de los equipos. La confiabilidad estudia los fallos en los equipos y como estos se presentan, al realizar este análisis se obtiene información de las condiciones en las que se encuentra el equipo, la probabilidad que se presente una falla y su gravedad, el tiempo promedio en que se debe reparar y un dato importante la etapa de vida en la que se encuentra para definir si es necesario reacondicionarlo o reemplazarlo a razón de los costes de mantenimiento.

## **7.6. Confiabilidad en sistemas y equipos**

La confiabilidad de los equipos y sistemas es de vital importancia si se quiere conocer la situación actual de una empresa. Los datos obtenidos al implementar los indicadores de mantenimiento antes mencionados deben

mostrar la probabilidad de ocurrencia de fallos, como se distribuirán y como se afrontarán al aplicar un sistema de gestión de mantenimiento.

Los factores que se analizan para calcular la confiabilidad de los equipos son: el número de horas de operación, la frecuencia de aparición de fallas, la capacidad a la que operan los equipos, tipo y ubicación de las fallas y el régimen o periodos de funcionamiento. Otros datos que se toman en cuenta al momento de hacer el análisis y al momento de planificar los mantenimientos son: frecuencia de realización de los mantenimientos, tipo de gestión de mantenimiento y criticidad de la falla.

Existen varios procedimientos, como modelos matemáticos, simulaciones y determinación de valores con los que se puede predecir cómo se comportará un sistema compuesto de varios equipos. El monitoreo por condiciones se enfoca en analizar de forma lógica las fallas de que se dan en los equipos y relacionarlas con las fallas que afectan a todo el sistema, para realizar esto se utilizan modelos de bloques en los que cada bloque representa uno o varios equipos que tienen una tarea específica por lo que cada bloque trabaja independiente de otros.

Cada bloque es parte importante del sistema y sus actividades son necesarias para el funcionamiento del mismo, sin embargo la falla de un bloque no representa la falla del sistema y como repararla, o si otro bloque es capaz de realizar la misma función, lo que da una ventana de tiempo mayor en la que se pueden efectuar las reparaciones correspondientes.

### **7.6.1. Beneficios de analizar la confiabilidad**

Al implementar un sistema de gestión de mantenimiento basado en indicadores como la confiabilidad en una línea de producción se establecen las bases para un proceso de mejora continua, esto se logra al analizar dotar de valor a cada uno de los componentes que conforman el mantenimiento y por medio de un análisis cuantitativo definir a cuales darles seguimiento detectando oportunidades de mejora y agregando nuevas tareas a la planificación de los mantenimientos.



## **8. PROPUESTA DE INDICE DE CONTENIDOS**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SIMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS  
ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### **1 MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 Planta productora de empaques**

1.1.1 Plantas productoras de empaques en Guatemala

1.1.2 Planta estudiada

#### **1.2 Mantenimiento**

1.2.1 Mantenimiento correctivo

1.2.2 Mantenimiento preventivo

#### **1.3 Gestión de mantenimiento**

1.3.1 Funciones y niveles de desempeño

1.3.2 Modelos de gestión de mantenimiento

1.3.2.1 Mantenimiento productivo total

1.3.2.2 Análisis causa raíz

1.3.2.3 Optimización coste riesgo

1.3.3 Análisis de criticidad

- 1.4 Mantenimiento centrado en la confiabilidad
- 1.5 Indicadores de mantenimiento
  - 1.5.1 Indicadores de clase mundial
  - 1.5.2 Mean time to fail (MTTF)
  - 1.5.3 Mean time to repair (MTTR)
  - 1.5.4 Disponibilidad
  - 1.5.5 Mean time between failures (MTBF)
  - 1.5.6 Utilización
  - 1.5.7 Confiabilidad
- 1.6 Confiabilidad en sistemas y equipos
  - 1.6.1 Beneficios de analizar la confiabilidad

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. MARCO METODOLÓGICO**

### **9.1. Enfoque**

Este trabajo de investigación contará con un enfoque mixto al en el cual se realizarán métodos cualitativos porque se harán observaciones directas, entrevistas al personal de las diferentes áreas (Ver Apendice II), revisión de los manuales de los equipos críticos y cuantitativo debido a que se implementarán mediciones e indicadores de ingeniería para la evaluación de la situación.

### **9.2. Diseño**

Este trabajo de investigación se definirá como un diseño no experimental numérico porque basará en la obtención de datos de forma presencial y el uso de datos históricos proporcionados por la empresa, así como la creación de diferentes parámetros de medición para efectuar el análisis de las fallas presentadas en los equipos críticos, los datos brindados de los fabricantes de los equipos y la experiencia del personal plasmada en los informes de mantenimiento.

### **9.3. Tipo de estudio**

Será un estudio mixto utilizando en mayor medida el estudio exploratorio, se buscarán y recabarán los datos de forma directa, asimismo será un tipo de estudio descriptivo, porque se aplicarán los temas investigados y se enfocarán en cumplir los objetivos propuestos.

#### **9.4. Alcance**

El alcance tiene como objetivo establecer una propuesta factible de gestión dentro del departamento de mantenimiento, apoyándose en el uso de indicadores como: tiempo medio entre fallas, confiabilidad, tiempo medio de falla y disponibilidad. La meta es mejorar la disponibilidad de los equipos críticos aumentando la fiabilidad del departamento de mantenimiento y justificando frente a gerencia general la importancia de aplicar un sistema de gestión de mantenimiento eficiente.

#### **9.5. Variables e indicadores**

Entre las variables que se utilizarán en el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento dirigido a equipos críticos basado en indicadores están:

Historial de fallas: se cuenta con un historial de los mantenimientos realizados a los equipos en que se han presentado las fallas dentro de la empresa, estos historiales no han sido analizados anteriormente por lo que es importante su uso para iniciar el análisis.

Manuales de mantenimiento: brindados por los proveedores de los equipos, en estos se indican los procedimientos de mantenimiento, insumos y se detallan los repuestos de cada equipo.

Se utilizarán los indicadores de gestión de mantenimiento mencionados en el documento. Además se utilizará como criterio el visto bueno de los jefes y técnicos de mantenimiento porque trabajan diariamente con los equipos y

formarán parte de los parámetros cualitativos que se analizarán al momento de establecer la propuesta.

**Tabla I. Operativización de variables**

OBJETIVO	VARIABLES	TIPO	INDICADORES	PLAN DE TABULACION
Analizar el estado de mantenimiento de los equipos críticos de una planta	Estado de los mantenimientos en equipos criticos	Cualitativa	Verificar el estado actual de los mantenimientos	Datos obtenidos por entrevista y observaciones directas
Definir qué factores de la planificación y programación de los mantenimientos son necesarios mejorar en los equipos críticos	Factores Criticos del mantenimiento	Cualitativa	Evaluacion de los factores que ocasionan fallas y factores que afecten a la realizacion de los mantenimiento	Datos obtenidas por los historiales de mantenimientos
Determinar los indicadores de mantenimiento ideales que se aplicaran al sistema de gestión de mantenimiento para realizar el análisis del estado de los equipos críticos	Indicadores de mantenimiento	Cuantitativa	Evaluacion de la disponibilidad y confiabilidad	Analisis, calculo de indicadores e intepretacion de resultados

Fuente: elaboración propia.

## 9.6. Fases de la investigación

La presente propuesta se dividirá en las siguientes fases:

### 9.6.1. Fase 1

Se investigará información acerca de los diferentes modelos de gestión de mantenimiento, se analizará que información será útil y como obtenerla, se planeará la formación de la propuesta.

### **9.6.2. Fase 2**

Se reunirá la información de los equipos críticos, se visitará la planta donde se identificarán los equipos, basados en su criticidad dentro del proceso de producción, también se reunirá la información proveniente de reportes e historiales, junto a la colaboración para proporcionar información de los técnicos de mantenimiento.

### **9.6.3. Fase 3**

Se realizará el análisis de toda la información reunida, se determinarán los indicadores que se utilizarán y se empezará a armar un historial actualizado para su análisis en una escala de tiempo para ver la evolución de los equipos críticos.

### **9.6.4. Fase 4**

Se presentará la propuesta de gestión de mantenimiento apoyada en los análisis realizados en el estudio, junto con un análisis económico y la forma como deberá ejecutarse para cumplir con un plan eficiente de mantenimiento, con beneficios como aumento de la productividad, reducción de costos, mayor disponibilidad y confiabilidad y un sistema más ordenado y eficiente.

## **9.7. Población y muestra**

En este estudio, la muestra son los datos de los equipos de la planta de fabricación de empaques, las fuentes de investigación se basan en la recopilación de historiales de mantenimiento, observación, manuales del fabricante y entrevistas al personal involucrado en los mantenimientos.

## **9.8. Herramientas metodológicas**

Para realizar el análisis de la situación de los mantenimientos en los equipos críticos de la planta de fabricación de empaques, se utilizarán las entrevistas al personal de mantenimiento mostradas en el apéndice 2, así como las observaciones directas.

## **9.9. Resultados esperados**

Con este trabajo de investigación se espera obtener el diseño de una propuesta de gestión de mantenimiento basada en indicadores de mantenimiento para una empresa fabricante de empaques, con la finalidad de que pueda implementarse en un futuro próximo con el seguimiento correspondiente para garantizar la calidad de funcionamiento de los equipos.

Se espera que el departamento de mantenimiento adopte la filosofía de gestión de mantenimiento a través de la mejora continua, así poder encontrar las causas que ocasionan las fallas en los equipos para proponer soluciones adecuadas que contribuyan al mejoramiento de la planta.



## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Las que se utilizarán en el trabajo de investigación se basarán en registros, manuales, documentos referentes al mantenimiento preventivo en los equipos críticos de la planta fabricadora de empaques.

Se realizarán entrevistas a los técnicos de mantenimiento (Ver Apéndice II) para conocer los procedimientos actuales en los mantenimientos preventivos y correctivos además de la formación con la que cuentan los técnicos. Se obtendrán datos cualitativos con los que se elaborará una ponderación para generar reportes que indiquen el estado general.

Después se revisarán los datos recolectados y se seleccionará la información que será relevante para la investigación.

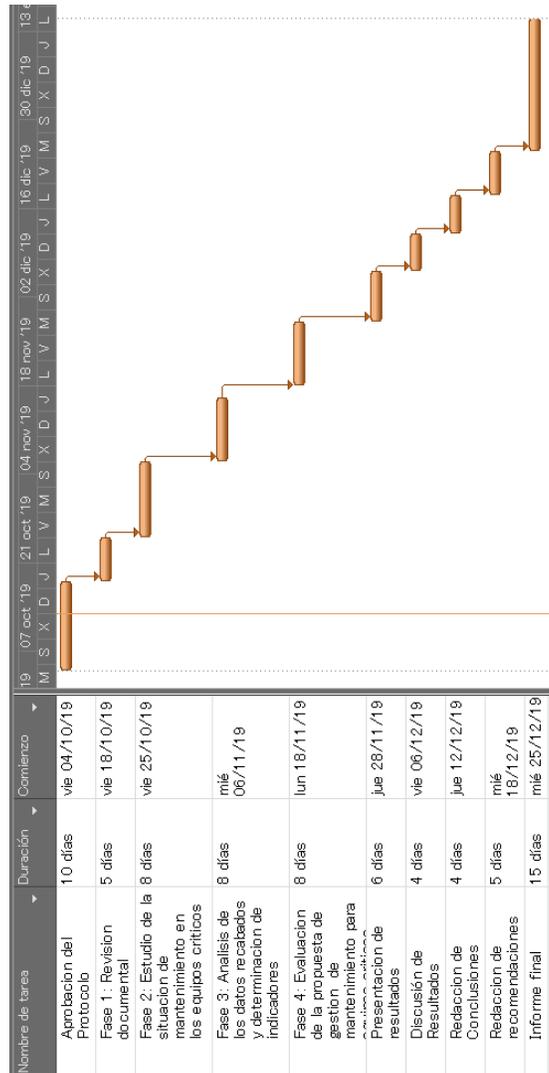
Se tabularán los datos de los historiales de fallas de los equipos. Para ello, se utilizarán los datos de mantenimientos periodos anteriores a la fecha del inicio del estudio (3 meses) para utilizar herramientas descritas en el presente documento, Diagrama causa efecto, Diagramas de Pareto y FODA.

Se analizarán los datos relevantes para designar los indicadores de gestión de mantenimiento. Se obtendrá la disponibilidad, confiabilidad, tiempo medio entre fallas por medio de un análisis cuantitativo de los datos históricos y serán los indicadores más importantes para el análisis de las fallas recurrentes realizando gráficas y comparativos en función del tiempo para obtener un panorama de cómo ha sido la operación y conservación de los equipos.

Cada indicador mostrará la oportunidad de mejora dentro del departamento de mantenimiento con lo que se podrá diseñar un plan de gestión de mantenimiento que mejore la condición de los equipos críticos en la producción de sacos, considerando la participación activa del personal de mantenimiento para proponer mejoras y tener comunicación efectiva.

# 11. CRONOGRAMA

Figura 5. Cronograma



Fuente: elaboración propia.



## **12. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO**

Para la realización de la investigación deben considerarse ciertos factores además del costo económico que la investigación pueda generar, como lo es el tiempo, los insumos y el recurso humano que colaborará. La empresa brindará el espacio y el acceso a toda la planta para realizar los análisis pertinentes.

A continuación, se presenta el detalle de los recursos que se necesitarán para la puesta en marcha de la investigación

Recurso material: se utilizará equipo de cómputo gestionado por la empresa para el análisis, la elaboración de gráficas y consulta de datos históricos de fallas, se utilizará equipo de cómputo personal para la redacción del trabajo. Se tomará en cuenta materiales de oficina que se utilizarán a lo largo de la investigación. También se tomará en cuenta el consumo de combustible para el traslado hacia la planta.

El acceso a la información lo autorizará la gerencia de mantenimiento para uso exclusivo del análisis. Se restringirá el acceso a todo tipo de modificación lo que avala la fiabilidad de los datos obtenidos durante la toma de datos digitales.

Recurso humano: se requerirá el apoyo de los técnicos de mantenimiento para la entrevista y la obtención de datos para su análisis, se requerirá un asesor externo para consultas y guía en la redacción del trabajo.

- Recursos necesarios

Tabla II. **Recursos necesarios**

<b>Recurso Material, físico y tecnológico</b>			
<b>No</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>
1	Papelería y útiles	Global	Q2.000,00
2	Equipo de Computo	Global	Q5.000,00
3	Combustible	Global	Q1.500,00
<b>Recurso Humano</b>			
<b>No</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>
1	Asesoría	Global	Q2.500,00
<b>Resumen</b>			
<b>No</b>	<b>Descripción</b>		<b>Costo</b>
	Recurso Material, físico y tecnológico		Q8.500,00
	Recurso Humano		Q2.500,00
<b>Total</b>			<b>Q11.000,00</b>

Fuente: elaboración propia.

El total de gastos correrán por cuenta del investigador.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amendola, L. (2002). Modelos mixtos en la gestión del mantenimiento. *Mantenimiento ingeniería industrial y de edificios*, 160(1), 26-31.
2. Capó-Vicedo, J., Tomás-Miquel, J. y Expósito-Langa, M. (2007). La Gestión del Conocimiento en la Cadena de Suministro. Análisis de la Influencia del Contexto Organizativo. *Información Tecnológica*, 18(1), 127-135.
3. Chocoy, J. (2019) *Gestión de mantenimiento preventivo empleando ultrasonido para cañón y husillo de empuje de máquina extrusora de polímeros, según ISO 17359*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
4. Díaz, A., Pérez, F., Castillo, A., & Brito, M. (2012). Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos, *Ingeniería Mecánica*, 15(1), 2.
5. Díaz, A., Romero, J., Cabrera, J., & Viego, N. (2015). Estudio de confiabilidad operacional como soporte al mantenimiento aeronáutico en Cuba. *Ingenierías*, 18(1), 6-12.
6. Díaz-Batista, J., & Pérez-Armayor, D. (2012). Optimización de los niveles de inventario en una cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 33(1), 126-132.

7. Fuentes-Chávez, E. (2018). *Sistematización del modelo de mantenimiento de una planta de corte y doble, con enfoque a indicadores de disponibilidad con base a la herramienta mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
8. Herrera-Galán, M., Duany, A. & Abreu-Duque A. (2013). Sistema Automatizado para la Gestión del Mantenimiento. *Revista Facultades de Ingeniería*, 1(1), 48-50.
9. Herrera-Galán, M., & Duany, A. (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. *Ingeniería Industrial*, 37(1), 2-13.
10. Hung, A. (2010). Mantenimiento centrado confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC. *Energética*, 30(1), 12-18.
11. Moubray, J. (1997) *Reliability-Centred Maintenance*. 2da ed. Nueva York, USA: Industrial Press Inc.
12. Mesa, D., Ortiz, Y., y Pinzón, M. (2006). La Confiabilidad, La Disponibilidad Y La Mantenibilidad, Disciplinas Modernas Aplicadas Al Mantenimiento. *Scientia et Technica*, 30(1), 155-160.
13. Montilla, C., Arroyave, J., & Silva, C. (2007). Caso De Aplicación De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Rcm, Previa

Existencia De Mantenimiento Preventivo, *Scientia et Technica*, 37(1), 273-278.

14. Olarte, W., Botero, M., y Cañon, B. (2010). Importancia Del Mantenimiento Industrial Dentro De Los Procesos De Producción. *Scientia et Technica*, 44(1), 354-356.
15. Petróleos de Venezuela, Sociedad Anónima. (1998). *Manual de Indicadores de Mantenimiento*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/RichardGutierrezDeza/manual-de-indicadores-de-mantenimiento>
16. Sánchez-Rodríguez, Á. (2010). La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento. *Ingeniería Mecánica*, 13 (2), 72-78.
17. Smith, D. (2017). *Reliability Maintainability and Risk, Practical Methods for Engineers*, 9na ed. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann.
18. Tavares, L. (1999). *Administración moderna de mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicaciones.
19. Torres, A., y Rivero, J. (2004). Gestión de Mantenimiento Orientado a la Seguridad. *Revista Ingeniería Mecánica*, 2(1), 7-15.
20. Torres. V., Perdomo O., Fornero, D., y Corcuera, R. (2010). *Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la Central Nuclear de Embalse*. Recuperado de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-084X2010000100004&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-084X2010000100004&lng=es&tlng=pt).

21. Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Proposal of a maintenance management model and its main support tools. *Ingeniare Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138.

## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1.

### Matriz de coherencia

<b>Problema</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Metodología</b>	<b>Conclusión</b>
<p>Problema general: La eficiencia y disponibilidad de equipos críticos es baja y no está cuantificada</p>	<p>Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento enfocado a equipos críticos</p>	<p>Implementar una serie de controles para determinar los indicadores de mantenimiento</p>	<p>Analizar las labores de mantenimiento, historiales de fallas y generando reportes de utilización y mejorando los procesos de mantenimiento.</p>	<p>Con la ejecución adecuada se puede diseñar un sistema que aumente la productividad al mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos más críticos.</p>
<p>Problema Específico: No se cuentan con indicadores de gestión adecuados  El sistema de gestión de mantenimiento no es adecuado para la cantidad de equipos</p>	<p>Establecer cuáles serán los indicadores de mantenimiento a utilizar para determinar el estado de los equipos críticos  Seleccionar el sistema de gestión de mantenimiento más eficiente y de fácil</p>	<p>Mediante análisis determinar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos  Generar acciones de mantenimiento que contribuyan a la reducción de tareas correctivas</p>	<p>Evaluación de los equipos, criticidad y tiempos de reparación, obtener datos de disponibilidad de repuestos y valoración.  Planificar las tareas de mantenimiento en base a la utilización de los</p>	<p>Con la evaluación de los equipos se determinarán que acciones tienen prioridad en base a los indicadores.  Las tareas de mantenimiento se reducirán así como los costos de mantenimientos correctivos.  El análisis</p>

Continuación apéndice 1.

<p>No se cuentan con técnicas de análisis adecuadas para determinar el estado de los equipos</p>	<p>implementación dentro de la planta.  Definir las técnicas de análisis que se usarán con los indicadores de gestión de mantenimiento.</p>	<p>Desarrollar historial de tareas de mantenimiento</p>	<p>equipos antes que estos presenten fallas  Generar indicadores en base a los historiales y facilitar reportes</p>	<p>permitira controlar de forma más específica las tareas de mantenimiento.</p>
--	---	---	---	---

Fuente: elaboración propia.

PLANTA PRODUCTORA DE EMPAQUES

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

FECHA

PUESTO

**Entrevista personal de mantenimiento**

INSTRUCCIONES: CONTESTE A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS DE FORMA CLARA.

1. ¿Con qué frecuencia observa que se realizan mantenimientos preventivos?
2. ¿Qué aspectos considera al efectuar una labor de mantenimiento?
3. ¿A cuáles equipos se les da prioridad en caso de presentarse una falla?
4. ¿Qué técnicas para análisis de fallas conoce?
5. ¿Considera que la cantidad de técnicos en el área de mantenimiento es suficiente para atender todos los mantenimientos?
6. ¿Cree que el *stock* de repuestos en bodega de suministros es el adecuado para cubrir todos los mantenimientos?
7. ¿Considera que hay personal desaprovechado o personal inexperto en el área de mantenimiento?
8. ¿Existe comunicación efectiva entre los técnicos y sus supervisores/jefes?

Continuación apéndice 2.

9. ¿Qué área considera más importante en el proceso de producción?

10. Si usted fuera gerente de mantenimiento ¿qué cambios o propuestas realizaría?

Fuente: elaboración propia.