



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

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA IMPULSADORA DE  
CONCRETO *PUTZMEISTER* BSF36Z.16H EN CAMIÓN VOLVO 400 i-SHIFT**

**Alejandro Enrique Orellana Corado**

Asesorado por el Ing. Julio Cesar Campos Paiz

Guatemala, septiembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA IMPULSADORA DE  
CONCRETO *PUTZMEISTER* BSF36Z.16H EN CAMIÓN VOLVO 400 i-SHIFT**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ALEJANDRO ENRIQUE ORELLANA CORADO**

ASESORADO POR EL ING. JULIO CESAR CAMPOS PAIZ.

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

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**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
EXAMINADOR	Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo
EXAMINADOR	Ing. Mynor Roderico Figueroa Fuentes
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA IMPULSADORA DE CONCRETO *PUTZMEISTER* BSF36Z.16H EN CAMIÓN VOLVO 400 i-SHIFT**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 10 de marzo 2021.

**Alejandro Enrique Orellana Corado**

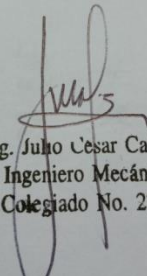
Guatemala, 19 de abril de 2021

Ingeniero  
Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultada de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Morales:

Me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores diarias. Por este medio hago constar que he tenido el agrado de asesorar el trabajo de graduación del estudiante **ALEJANDRO ENRIQUE ORELLANA CORADO**, con registro académico **201212889** y CUI **2076 36125 0101**, titulado: **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA IMPULSADORA DE CONCRETRO PUTZMEISTER BSF36Z.16H EN CAMIÓN VOLVO 400 i-SHIFT”**. Habiendo supervisado su elaboración y realizado las correcciones correspondientes, doy aprobada la presente para que continúe con el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme, atentamente,



MA Ing. Julio Cesar Campos Paiz  
Ingeniero Mecánico  
Colegiado No. 2701

Julio Cesar Campos Paiz  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado 2701



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.068.2021

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA IMPULSADORA DE CONCRETO PUTZMEISTER BSF36Z.16H EN CAMIÓN VOLVO 400 i-SHIFT** desarrollado por el estudiante **Alejandro Enrique Orellana Corado** con Registro Académico **201212889** y CUI **2076361250101** recomienda su aprobación.

***“Id y Enseñad a Todos”***



Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL  
Colegiado 3071



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Coordinador Área Complementaria  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, mayo 2021



**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.116.2021

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 y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA IMPULSADORA DE CONCRETO PUTZMEISTER BSF36Z.16H EN CAMIÓN VOLVO 400 i-SHIFT** del estudiante **Alejandro Enrique Orellana Corado, CUI 2076361250101**, Reg. Académico **201212889** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, septiembre 2021

/aej

DTG. 390.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA IMPULSADORA DE CONCRETO PUTZMEISTER BSF36Z.16H EN CAMIÓN VOLVO 400 i-SHIFT**, presentado por el estudiante universitario: **Alejandro Enrique Orellana Corado**, 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, septiembre de 2021.

AACE/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la vida y sabiduría para poder alcanzar esta meta.
<b>Mi madre</b>	Ana Elisa Corado Guamán de Orellana que en paz descansa por su amor incondicional.
<b>Mi padre</b>	Fidias Hoed Orellana de Leon por sus enseñanzas.
<b>Mi hermana</b>	María Andrea Orellana, quien ha sido mi mayor apoyo.
<b>Mis abuelos</b>	Que esta meta alcanzada sea para ellos una muestra de agradecimiento.
<b>Mis tíos</b>	Emilsa y Oswaldo Corado por ser un apoyo en mi carrera.
<b>Mi novia</b>	Lizbeth Joan Piril Valdez, por ser una importante influencia en mi vida

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	<i>Alma máter</i> , mi segundo hogar y gran fuente de inspiración.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por los conocimientos adquiridos.
<b>Mis amigos</b>	Gustavo Zea, Abel Carrera, Emilio Ramos por su apoyo, así también a Edgar Oliva que en paz descanse.
<b>Ing. Julio Campos</b>	Por ser una influencia importante en mi carrera y por sus enseñanzas.
<b>Ing. Carlos Pérez</b>	Por su asesoría y apoyo en la realización del trabajo presente.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Objetivo general.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.4.1. Razones que motivan la investigación.....	4
1.4.2. Importancia del tema de investigación.....	5
1.5. Limitaciones.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. ¿Qué es el mantenimiento?.....	9
2.2. Mantenimiento preventivo.....	10
2.3. Función del mantenimiento preventivo.....	11
2.4. Organización del mantenimiento.....	13
2.4.1. Responsabilidad del mantenimiento.....	16
2.4.2. Papel del mantenimiento en una empresa.....	17
2.5. Algunas herramientas de mantenimiento.....	18
2.5.1. Análisis del problema.....	19

2.5.2.	Plan contingente.....	22
2.5.3.	Detención analítica de fallas .....	23
3.	LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	25
3.1.	La necesidad de elaborar un plan de mantenimiento .....	25
3.2.	Que es un plan de mantenimiento.....	27
3.3.	Las tareas de mantenimiento .....	29
3.3.1.	Frecuencia.....	32
3.3.2.	Especialidad.....	34
3.3.3.	Permiso de trabajo .....	34
3.4.	Formas de elaborar un plan de mantenimiento .....	36
3.5.	Errores habituales al elaborar planes de mantenimiento .....	36
4.	IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A LA MAQUINARIA.....	39
4.1.	Tiempo requerido para la implementación.....	39
4.2.	Bitácora de actividades en maquinaria.....	41
4.2.1.	Historial de reparaciones .....	44
4.2.1.1.	Ficha histórica .....	44
4.2.1.2.	Ficha de control de paros .....	45
4.2.2.	Frecuencia de mantenimiento.....	46
4.3.	Evaluación de personal técnico encargado de mantenimiento.....	47
4.4.	Costo por realización del programa de mantenimiento .....	48
4.4.1.	Insumos.....	49
4.4.2.	Repuestos .....	49
4.4.3.	Mano de obra .....	49
4.5.	Seguimiento de actividades del plan de mantenimiento .....	50

CONCLUSIONES .....51  
RECOMENDACIONES.....53  
BIBLIOGRAFÍA.....55  
ANEXO.....57



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Diagrama de formulación del problema .....	3
2.	Razones que motivan la investigación .....	5
3.	Limitaciones asociadas .....	7
4.	Actividades básicas que definen la cobertura del mantenimiento preventivo .....	11
5.	Funciones básicas el mantenimiento preventivo .....	12
6.	Organización del mantenimiento .....	14
7.	Responsabilidades del mantenimiento .....	17
8.	Aspectos importantes del mantenimiento en una empresa .....	18
9.	Herramientas fundamentales de mantenimiento .....	19
10.	Diagrama para análisis del problema presente .....	21
11.	Etapas del plan de contingencia.....	22
12.	Necesidades de elaborar un plan de mantenimiento.....	26
13.	Principios básicos que permitirán formar el plan de mantenimiento .....	27
14.	Exclusión de responsabilidades .....	35
15.	Aspectos a considerar para la frecuencia de mantenimiento.....	46
16.	Aristas que deberán considerarse al evaluar al personal técnico .....	47
17.	Diagrama para el seguimiento de las actividades del plan de mantenimiento .....	50

## TABLAS

I.	Ventajas y desventajas según el tipo de mantenimiento .....	14
II.	Informe de averías .....	23
III.	Fases para la elaboración del plan de mantenimiento .....	28
IV.	Tareas de mantenimiento propuestas .....	29
V.	Programa de inspección general sugerido .....	32
VI.	Errores habituales al elaborar planes de mantenimiento .....	37
VII.	Bitácora propuesta para el mantenimiento .....	43
VIII.	Datos históricos sobre las reparaciones a realizar .....	44
IX.	Ficha histórica .....	45
X.	Ficha de control de paros .....	45
XI.	Costo por realización del programa de mantenimiento .....	48



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>GPa</b>	Gigapascales
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>MPa</b>	Megapascales
<b>m/s</b>	Metro sobre segundo
<b>mm</b>	Milímetro
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m<sup>3</sup>/h</b>	Metro cúbico por hora
<b>psi</b>	<i>Pound force per square inch</i>
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kV</b>	Kilovoltio
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>ton</b>	Tonelada
<b>Nm</b>	Newton-metro
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>ft/s</b>	Pies sobre segundo
<b>%</b>	Porcentaje
<b>pulg</b>	Pulgadas
<b>Fe</b>	Símbolo del elemento químico hierro



## GLOSARIO

<b>Agua residual</b>	Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
<b>Biodegradable</b>	Es el producto o sustancia que puede descomponerse en sus elementos químicos que los conforman, debido a la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales.
<b><i>Bunker</i></b>	Combustible que normalmente proviene de la primera etapa del proceso de refinación o destilación atmosférica, viscoso y con alto contenido energético, lo cual lo hace apto para ser usado en calderas, hornos y en las plantas de generación eléctrica.
<b>Calentamiento global</b>	Se refiere al aumento gradual de las temperaturas de la atmósfera y océanos de la Tierra que se ha detectado en la actualidad, además de su continuo aumento que se proyecta a futuro.
<b>Contaminación</b>	Pertenencia de cualquier impureza material o energética, en un medio a niveles superiores a los normales.

<b>Confiabilidad</b>	Probabilidad de que una parte de la maquina o equipo esté funcionando adecuadamente en un momento preciso y bajo circunstancias definidas.
<b>Demanda</b>	Hace referencia a la cantidad de productos o servicios que se solicitan o se desean en un determinado mercado de una economía a un precio específico.
<b>Desgaste</b>	Partículas pequeñas de material producidas por el rozamiento de dos superficies en contacto.
<b>Evaluación</b>	Valoración de conocimientos, actitud y rendimiento de una persona o de un servicio.
<b>Lubricación</b>	Tarea con el fin de controlar el desgaste entre dos superficies.
<b>Merma</b>	Disminución o reducción del volumen o la cantidad de una cosa.
<b>Monitoreo</b>	Proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada
<b>Meta</b>	Objetivo o propósito a alcanzar.

<b>Orden de trabajo</b>	Instructivo en el cual se describe las tareas de mantenimiento a realizar por el departamento de mantenimiento.
<b>Planeación estratégica</b>	Arte y ciencia de formular, implantar y evaluar decisiones interfuncionales que permitan a la organización llevar a cabo sus objetivos.
<b>Sistema CIP</b>	Por sus siglas <i>Cleaning in Place</i> , es aquel que permite llevar a cabo la limpieza de tuberías, equipos y accesorios en línea, bombeando en contracorriente agua mezclada con algún tipo de detergente.
<b>Tiempo muerto</b>	Tiempo en el cual se detiene el proceso productivo.
<b>Tolerancia</b>	Diferencia dimensional entre un agujero y un eje.



## **RESUMEN**

El presente trabajo trata de implementar un plan de mantenimiento preventivo y de seguridad para una impulsadora de concreto, realizando un previo análisis de equipos que conforman la máquina; mediante herramientas estadísticas como el método de análisis de modo de fallo y efectos, árbol de fallos, entre otros. El fin de la creación de este plan de mantenimientos es optimizar las operaciones de la planta, cuyo funcionamiento está orientado a la disminución del tiempo de procesamiento.

En este orden de ideas la modalidad de la investigación se encuentra dentro de un proyecto factible, apoyada en una investigación de campo, con un nivel descriptivo, ya que propone la solución a una problemática mediante técnica de recolección de datos y de análisis.

Con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo en todas sus etapas, se garantiza un mejor funcionamiento del equipo permitiendo la disminución de las fallas recurrentes que puedan presentarse.





# OBJETIVOS

## General

Proponer un plan de mantenimiento para una impulsadora de concreto *Putzmeister* BSF36Z.16H en camión volvo i-shift, con finalidad de optimizar sus operaciones.

## Específicos

1. Describir la situación actual del equipo a fin de conocer su principio de funcionamiento.
2. Caracterizar la gestión actual del mantenimiento para identificar fortalezas y debilidades respecto a lo sugerido por los fabricantes.
3. Elaborar formatos del plan de mantenimiento preventivo que permita controlar las actividades, evitando la pérdida de tiempo, lentitud en el proceso, pérdida de información, agotamiento del personal y procesos.
4. Determinar el costo de implementación del plan de mantenimiento preventivo.



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es común escuchar que todas las empresas están en una constante búsqueda por hacer sus procesos más eficientes y sobrevivir en un mercado altamente competitivo como el actual, se requiere de mucho esfuerzo por parte de todo el recurso humano de una organización; desde la alta dirección, hasta los operadores: también se requiere del ingenio de estrategias contundentes para adquirir ventajas competitivas, que pongan a la empresa en mejores condiciones que la competencia.

La importancia hoy en día el mantenimiento de los equipos ha tomado un rol extremadamente alto en las empresas ya que de ellos depende el avance de los trabajos en proyectos, la programación de mantenimientos debe ser anticipada para no afectar la producción y por ende la disponibilidad de los equipos. Si una empresa carece de una buena gestión de mantenimiento, va ocasionar muchas pérdidas por motivos de inoperatividad.

La gestión del mantenimiento incluye una serie de estrategias alineadas con la misión del negocio, cuyo objetivo es lograr la competitividad organizacional. Para alcanzarla existen los factores claves siguientes: seguridad, productividad, respeto por el medio ambiente y confiabilidad.

Por medio del plan de mantenimiento preventivo, se logra la reducción de fallas, que podrían ocasionar retrasos en las actividades de la empresa, además se maximiza el aprovechamiento de la maquinaria, su disponibilidad y mantenibilidad.

En el programa de mantenimiento preventivo, se deberán tener en cuenta no solo los aspectos técnicos, sino también los relacionados a la gestión y organizaciones, considerando factores económicos, de seguridad y medio ambiente. La necesidad del mantenimiento preventivo se base en que cualquier maquina o equipo sufren una serie de degradaciones a lo largo de su vida útil, que, si no se evitan o eliminan, el objetivo para el que se crearon no se alcanza plenamente, el rendimiento disminuye y su vida útil se reduce, lo que a su vez conlleva a que se vea afectado el logro de los objetivos de una organización.

# **1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

## **1.1. Planteamiento del problema**

El área del mantenimiento industrial es fundamental en la ingeniería mecánica, en razón a que después de construido y puesto a punto un equipo o máquina, explotado de tal manera que se asegure la vida útil necesaria, que permita recuperar la inversión y los intereses esperados.

El objetivo de mantenimiento es asegurar la competitividad de una empresa, en esa medida es necesario aumentar la confiabilidad de los equipos; es decir disminuir la cantidad de fallas que generan interrupciones no programadas, de manera de poder entregar la disponibilidad requerida por operaciones, asegurando los niveles de calidad, seguridad y medioambiente. Para tener una alta probabilidad de tener la disponibilidad requerida, con los costos mínimos, la experiencia ha demostrado, que debe asegurarse un plan de mantenimiento preventivo.

En ciertos sectores dentro de la industria guatemalteca se aplican mantenimientos emergentes o correctivos, esto debido a la falta de programas de prevención y protección a sus equipos, maquinaria o herramientas. Por eso la vida útil de los equipos en general se ve deteriorada, afectando directamente aspectos relevantes para la empresa, el primer factor determinante son los costos asociados a las operaciones, se deprecian los equipos, la continua acción irresponsable en el descuido permite que se arruinen hasta llegar a un punto sin retorno donde deberán ser sustituidas piezas o accesorios, impactando nuevamente en los costos de operación de la empresa.

Existe la falta de cultura organizacional o cultura de crear archivos por reparaciones y fallas que presentan los equipos, por lo cual se emplean diferentes tipos de mantenimiento sin presentar un registro adecuado en el periodo de vida útil. Parte de esta filosofía en Guatemala es operar en condiciones exigentes llevando al límite los equipos hasta que presentan fallas y se detienen las operaciones o los proyectos programados.

Los efectos directos con esta mala práctica es acortar el tiempo de vida estimado según el fabricante, desgastar piezas móviles internas o externas del equipo o maquinaria, elevar los costos de ejecución de mantenimientos, disponer de horas hombre no contempladas para ejecutar las nuevas acciones, justificar compras de repuestos sin previa cotización por ser de emergencia, detener el equipo o maquinaria si el o los repuestos se encuentran en el país o se deberá esperar a que el fabricante lo despecha desde largas distancias o directamente de la casa matriz.

Con todas estas acciones hacen un sub problema dentro del problema principal, siendo este el adecuado programa de mantenimiento, visualizando a futuro donde podría presentarse la falla y programar la lubricación, limpieza de piezas y sustitución con tiempo programado, de esa forma se esperaría que el personal asignado complete su rutina en la jornada laboral asignada para no cubrir gastos de tiempos extras de trabajo, además de incorporar el debido inventario según los tiempos de vida establecidos por el manual del fabricante de dicha maquinaria o equipo.

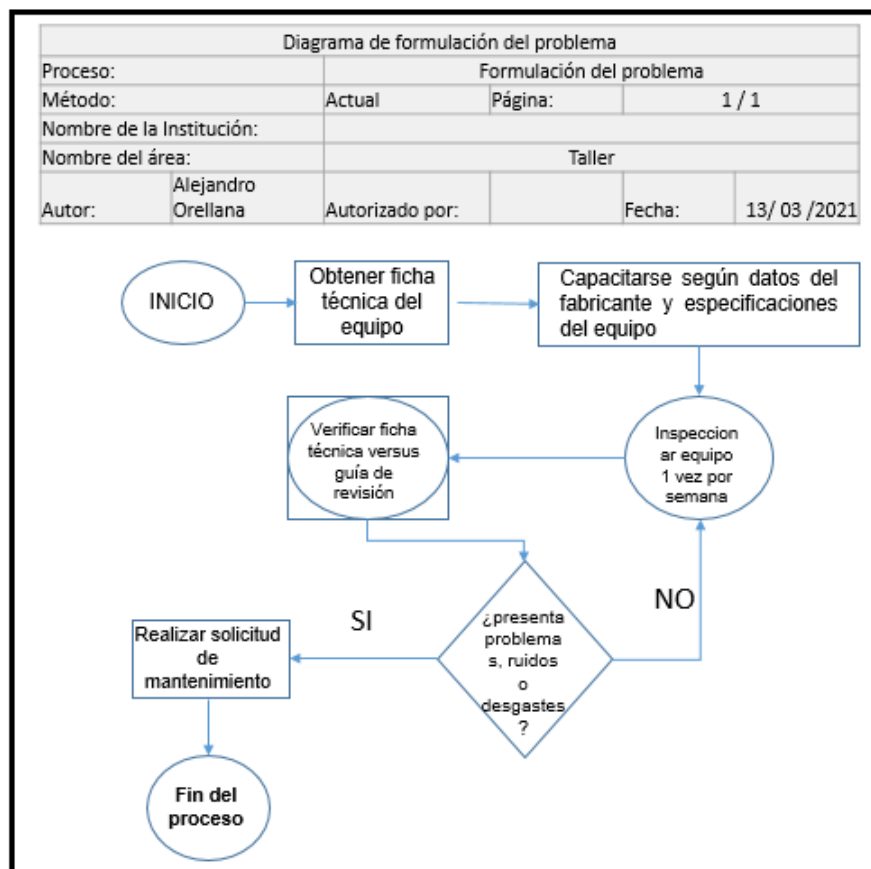
## **1.2. Formulación del problema**

Es muy normal prestar mucha importancia al mantenimiento de los equipos principales y no preocuparse en la misma medida de todos los equipos

adicionales o auxiliares. Desde luego es un grave error, pues un simple dispositivo como un transmisor de presión, pueda parar una máquina y ocasionar un problema tan grave como un fallo en el equipo. Conviene, pues, prestar la atención debida no sólo a los equipos más costoso económicamente, sino a todos aquellos capaces de provocar fallos críticos.

Una mala inspección puede generarnos interrogantes el cual lo mencionamos a continuación: ¿Cómo aplicar un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad del equipo?

Figura 1. **Diagrama de formulación del problema**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

### **1.3. Objetivo general**

Proponer un plan de mantenimiento para una impulsadora de concreto *Putzmeister* BSF36Z.16H en camión volvo 400 i-shift, con finalidad de optimizar sus operaciones.

### **1.4. Justificación**

Hoy en día la competitividad pasa por varios factores claves los cuales son: tiempo, seguridad y productividad, pensar en el mantenimiento cuando el equipo ya está en estado de falla es llegar tarde, por tal razón surge el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para una impulsadora de concreto *PUTZMEISTER* BSF36Z.16H debido a la necesidad de aumentarle la vida útil, ya que es un proceso en el cual nos garantizara una efectividad alta y un buen rendimiento en su operación.

Además, se cumplirá con las expectativas de calidad, detectar fallas antes de su ocurrencia y aumentar la confiabilidad de los equipos, mediante el monitoreo de condición. Los beneficios que se esperan obtener mediante el uso del plan son: ahorros por extender la vida útil de los componentes, ahorros por mano de obra, ahorros por realizar los mantenimientos de manera oportuna y quizá el mayor de los beneficios sea el ahorro por disponibilidad productiva del equipo que analizados en un lapso de tiempo se refleja en ganancias económicas.

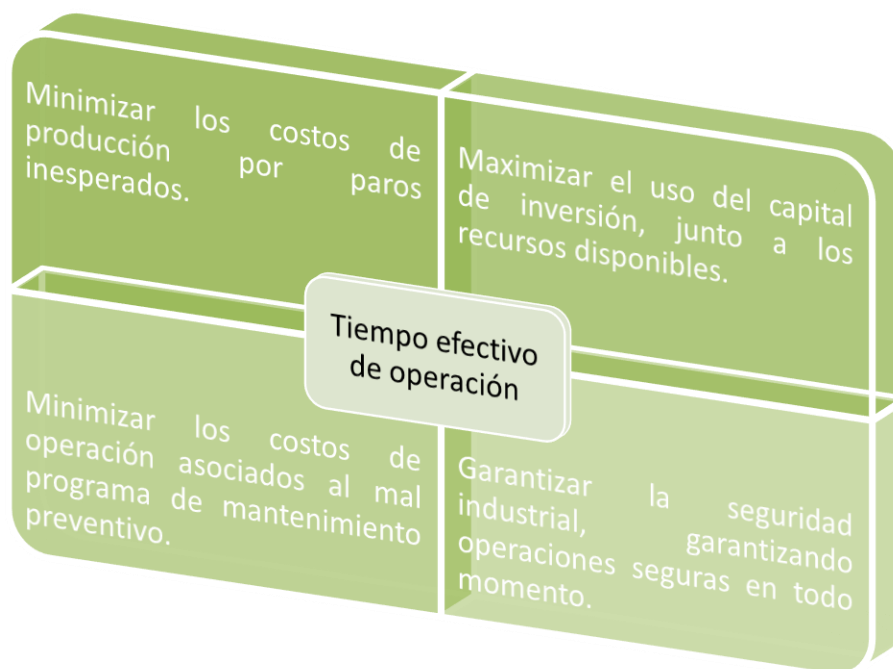
#### **1.4.1. Razones que motivan la investigación**

Además de la complejidad dentro de la empresa que espera mejorar sus costos de operación al mitigar los paros innecesarios en los equipos por fallas



inesperadas, es tratar de priorizar al conjunto de acciones de mantenimiento para evitar posibles problemas, falta de suministro o problemas en los equipos en un futuro. Es fundamental por la que las empresas deberían apostar, pero al utilizarla no permite una fácil localización.

Figura 2. **Razones que motivan la investigación**



Fuente: elaboración propia.

#### 1.4.2. **Importancia del tema de investigación**

Evitar la existencia de fallas en la producción de diversos bienes y servicios. En efecto, esta investigación se relaciona especialmente con bienes de capital, si bien al hacer un mantenimiento preventivo también implica una erogación de dinero, lo cierto es que esta es mucho menor y es controlada, haciendo que exista cierta previsibilidad.

Proponer pautas para la conservación más adecuada del o de los equipos, basándose en la rutina de inspección, así como la listar las partes más críticas del equipo. Esta información es necesaria para aplicar un buen mantenimiento.

De acuerdo a la investigación es importante que toda empresa establezca mecanismos para conservar y mantener los equipos dentro de las condiciones necesarias para evitar paradas o fallas incipientes en equipos y todo esto representa un elemento clave para maximizar la calidad y minimizar los costos.

### **1.5. Limitaciones**

Es necesario una cuadrilla de mecánicos altamente capacitados para la realización de las tareas de mantenimiento en equipos y sistemas muy puntuales, en muchas ocasiones encontrar al personal antes mencionado se hace difícil y es necesaria la capacitación constante.

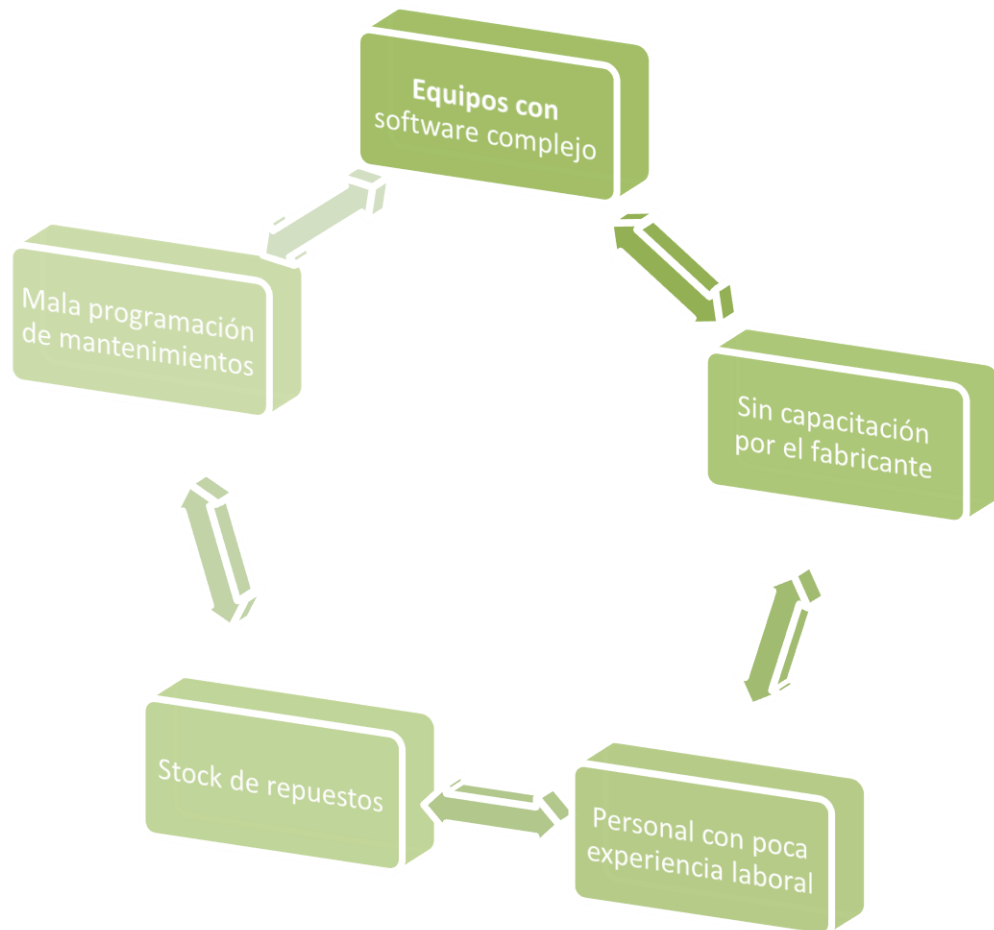
El equipo cuenta con tecnología moderna, razón por la cual se complica la formación de personal, muchas veces debe ser por parte del fabricante que envíe a personal técnico al país o enviar al personal al extranjero, para poder recibir la instrucción necesaria.

Debido a lo compacto del equipo, se hace muy difícil medir el grado de desgaste, dentro de las piezas móviles, razón por la cual se debe mantener una lubricación adecuada, con aceites y grasas que se desempeñen eficientemente en jornadas de trabajo pesado, durante lapsos de tiempo muy largos y evitar que se dañen los componentes a mediano o largo plazo.

Se deben emplear y colocar repuestos originales de la más alta calidad, esto con el objetivo que sean duraderos y de buen desempeño en el desarrollo

de las actividades cotidianas. Planificar la producción y excluir a la maquina cuando esta se encuentre en mantenimiento, esto se verá reflejado en que la maquina trabajara de una forma eficiente, durante la operación cotidiana.

Figura 3. **Limitaciones asociadas**



Fuente: elaboración propia.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ¿Qué es el mantenimiento?

Según el alcance en la industria, el mantenimiento es conocido como el efecto de sostener o mantener algo en óptimas condiciones para que no presente falla, preservar su adecuado funcionamiento al igual que su estructura.

La finalidad del mantenimiento o su objetivo principal es lograr reparar los desperfectos presentes junto a los que podrían ocurrir en forma rápida y rentablemente económico para su empresa, alcanzado así la eficiencia sobre la inversión que se realiza a las acciones necesarias para que sean reflejadas en la producción.

De tal forma que, diseñando la correcta planificación y llevándola a la ejecución programada, podrá beneficiar directamente a la empresa donde se desarrolla la incorporación del programa de mantenimiento, reforzando las variables de calidad, seguridad, capacidad y rentabilidad.

Siendo así como el departamento de mantenimiento fundamentará su labor primordial en la prevención de fallas en sus equipos, prevención de accidentes y posibles lesiones por desperfectos mecánicos que puedan mitigarse, ya que su responsabilidad será garantizar que estos equipos se preserven en óptimas condiciones en cualquier tiempo  $t$  de operaciones. Por medio de las acciones preventivas del mantenimiento se establecen estrategias que optimizaran los efectos en conjunto de los componentes de costos y paros inesperados obtenidos por desperfectos mecánicos inesperados.

## **2.2. Mantenimiento preventivo**

Reconocer al mantenimiento preventivo dentro de los costos de operación en cualquier empresa es tarea arriesgada y difícil, simplemente porque al presentar programas de prevención, stock de inventarios, tareas de observación y supervisión demuestran que sin ejecutar una debida laboral de corrección es invertir recurso económico sin un fin tangible inmediato.

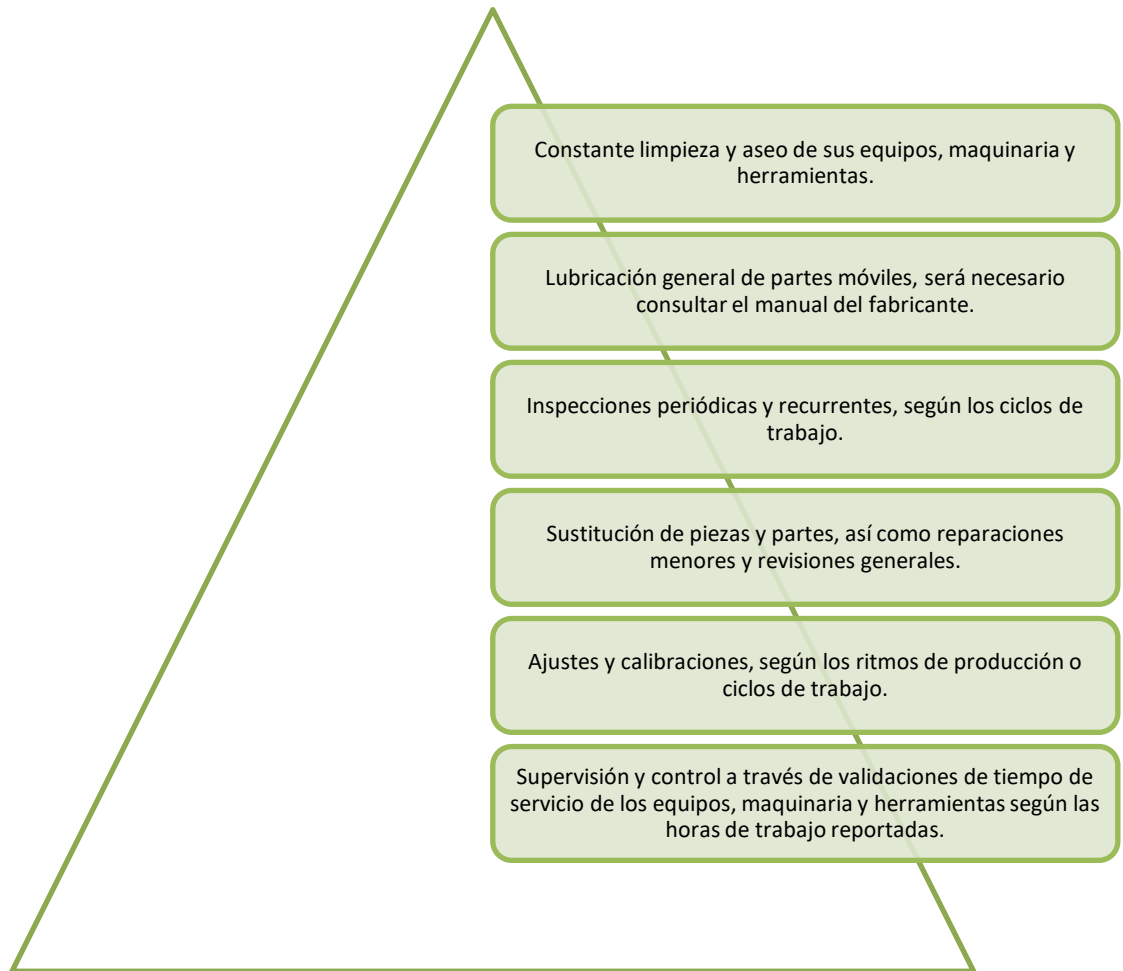
Por eso, se conoce al mantenimiento preventivo como el conjunto de tareas ordenadas y sistematizadas bajo una programación prediseñada de forma necesarias para evitar que ocurran fallas en equipos, maquinarias o instalaciones.

Es por eso que su ideología de participación en la industria es asegurar la disponibilidad permanente en cualquier tiempo  $t$  de los equipos, maquinarias o instalaciones, evitando al máximo los paros forzados e interferencias en los procesos productivos, así como las actividades inherentes a la empresa y su personal que labora en ella.

El Mantenimiento Preventivo es además un proceso planificado, estructurado y controlado de tareas de mantenimiento a realizar dentro de las recurrencias establecidas, las mismas que generalmente son definidas por los fabricantes y a falta de etas se puede recurrir a las mejores prácticas del mercado de este tipo de servicios, también llamados de Manutención.

Las actividades básicas y más generales definen la cobertura del mantenimiento preventivo, entre las cuales se pueden mencionar:

Figura 4. **Actividades básicas que definen la cobertura del mantenimiento preventivo**



Fuente: elaboración propia.

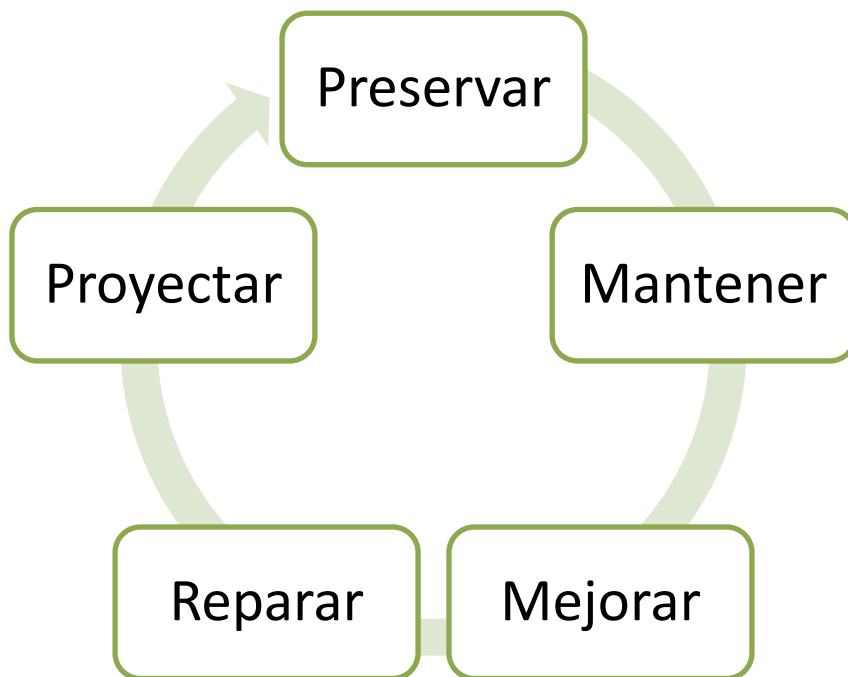
### 2.3. **Función del mantenimiento preventivo**

Determinadas funciones podrán ser esperadas de determinadas acciones, para este tipo de mantenimiento se centrará en optimizar y prolongar los recursos disponibles, no solamente los costos de mantenimiento, sino que los costos operativos al programar eficientemente los periodos o ciclos de reparaciones a la maquinaria y los equipos disponibles en la empresa, se

considera que el mantenimiento preventivo es parte viva dentro del órgano funcional y técnico de cada empresa, cuyos beneficios y alcances dependerán del mayor o mayor porcentaje de participación en las acciones cotidianas preventivas en la empresa.

Por eso y otros aspectos su función será técnica proactiva con servicio en la prevención, prestando servicio directamente proporcional a la producción, independientemente de lo que sea producido, considerándose productos o servicios. Así mismo, el mantenimiento deberá sostener una visión a corto, mediano y largo plazo.

Figura 5. **Funciones básicas el mantenimiento preventivo**



Fuente: elaboración propia.



## **2.4. Organización del mantenimiento**

Para la organización dentro de un sistema de mantenimiento deberá incluir del diseño del trabajo, los ritmos de tiempo activos ocupados y la administración de los proyectos que se ejecutan, así mismo deberán incorporarse las actividades programadas por la organización propia del mantenimiento.

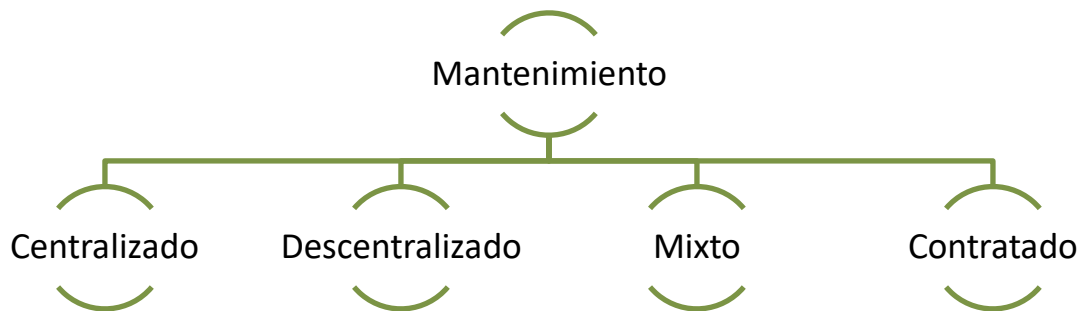
El diseño de trabajo deberá contemplar o abarcar el contenido de cada tarea esperada, determinar el método que se deberá emplear, el conjunto de herramientas especiales que podrán ser incorporadas, no dejando por un lado la cuadrilla de trabajadores calificados requeridos para el cumplimiento de las funciones desarrolladas.

Con el avance tecnológico, el incremento de las demandas para satisfacer la continuidad de las operaciones o servicios dotados dentro de fábricas o en proyectos ejecutados en campo abierto, se compromete el ritmo intermitente de producción, con menores tiempos de entrega y menores fallas esperadas, por lo tanto la organización del mantenimiento se ha logrado fraccionar en cuatro ejes importantes, diseñados para que uno no dependa del otro y en su libertad de opción cada empresa pueda elegir el modelo eficiente a emplear en sus actividades.

Estos ejes que conforman la organización del mantenimiento son nombrados o conocidos en la industria como mantenimiento centralizado, mantenimiento descentralizado, mantenimiento mixto, mantenimiento contratado. Cada uno de ellos muestra ventajas y desventajas, diferentes alcances, así como costos de operación al incorporarlos a la empresa, por eso, se deberá diseñar la estrategia económica que permita adoptar el que presente

mayores beneficios a los mejores costos con los recursos de personal y equipos disponibles.

Figura 6. **Organización del mantenimiento**



Fuente: MAES, Geraldo. *El Mantenimiento Preventivo Óptimo*. p. 16.

Tabla I. **Ventajas y desventajas según el tipo de mantenimiento**

Mantenimiento según su organización	Ventajas	Desventajas
Centralizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita la especialización.</li> <li>• Mejora la normalización de tareas.</li> <li>• Promueve el intercambio de hombres entre las distintas tareas.</li> <li>• Incorpora la reducción de inventarios.</li> <li>• Facilita la programación de tareas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No presenta agilidad del servicio.</li> <li>• Diluye la responsabilidad entre mantenimiento y operación.</li> <li>• No presenta compenetración de los problemas en cada área productiva.</li> <li>• Promueve pérdida de tiempo por traslado de personal cuando la empresa está dispersa geográficamente.</li> </ul>

Continuación de la tabla I.

<p>Descentralizado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se obtiene especialización del personal en cada equipo presente en la empresa.</li> <li>• Se agilizan las acciones entre el requerimiento y el cumplimiento del mismo.</li> <li>• Incurrir en menor porcentaje burocrático.</li> <li>• Mejora el índice de responsabilidad de mantenimiento respecto a su producción.</li> <li>• Presenta menor tiempo muerto por traslados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementa dificultad de transferencias del personal entre las áreas de interés.</li> <li>• Incrementa el número de supervisores y dificultad de intercambio de tareas.</li> <li>• Presenta mayor número de operarios necesarios.</li> <li>• Dificulta los planes de capacitación al personal.</li> </ul>
<p>Mixto</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sus porcentajes de eficiencia son aceptables, ya que centraliza lo que requiere agilidad de respuesta a la producción por parte del mantenimiento.</li> <li>• Se puede rotar el personal de mantenimiento en áreas y servicios centralizados, agilizando el sistema productivo.</li> <li>• Incorpora menor pérdida de tiempo por traslado de personal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementa el número de operarios para distribuir el conjunto de tareas necesarias.</li> <li>• Mayor número de supervisores.</li> <li>• Mayor cantidad de suministros y herramientas.</li> </ul>

Continuación de la tabla I.

Contratado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantiza que todo trabajo realizado tiene respaldo en mano de obra con el pago inicial realizado.</li> <li>• Posiblemente presenta personal técnico con mejores habilidades de capacitación.</li> <li>• Se puede contratar personal certificados para ejecutar tareas específicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este tipo de mantenimiento que representa contratar a especialistas es considerado la alternativa más cara.</li> <li>• No se obtienen precios homogéneos en el mercado competitivo, cada proveedor de servicios coloca sus costos según las certificaciones adquiridas.</li> <li>• No autorizan incorporar acciones o tareas a su diseño original de mantenimiento.</li> </ul>
------------	---	---

Fuente: MAES, Geraldo. *El Mantenimiento Preventivo Óptimo*. p. 15-17.

Cada empresa deberá adoptar la organización de mantenimiento que se pueda ajustar a sus oportunidades económicas, tiempos de respuesta y alcances de ejecución según los fines deseados.

#### **2.4.1. Responsabilidad del mantenimiento**

El plan de mantenimiento deberá ser progresivo, autónomo y actualizado, sin estos tres aspectos quedará relegado en el tiempo desde que sea diseñado, se podrá hacer uso de la base del conocimiento en programación efectiva que permita preservar la continuidad de los equipos, pero sin actualizaciones anuales no se podrán reducir las brechas presentes en ese periodo transcurrido, luego de obtener un archivo histórico de eventos y sucesos que fueron necesarios corregir o reparar, se podrá acceder al plan original e incluir estos aspectos que no fueron considerados a futuro, para que en el próximo

periodo de incorporación y ejecución permita mejorar las acciones ya descritas pero con aspectos nuevos que hagan eficiente el mantenimiento preventivo en un nuevo periodo de tiempo.

Figura 7. **Responsabilidades del mantenimiento**



Fuente:

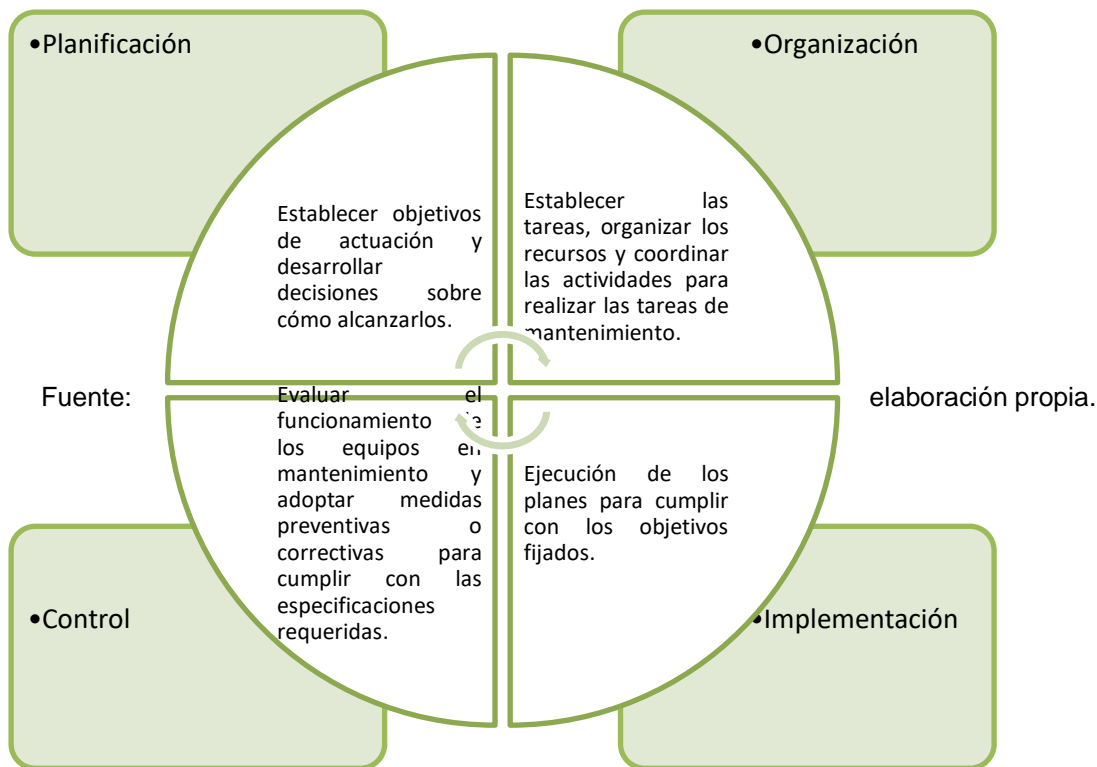
elaboración propia.

### 2.4.2. **Papel del mantenimiento en una empresa**

La industria guatemalteca es altamente demandante, por lo cual exige que su plan o programa de mantenimiento sea eficiente, sin opción a errores o retrasos, por la ineficiencia del rol del mantenimiento en las empresas podrían

incurrir demandas legales por incumplimiento de metas, despidos de personal, accidentes laborales o peligro inminente de muerte de personal. Su papel estará determinado en cuatro aspectos importantes, siendo el primero la planificación, luego la organización que deberá aprovecharse con la implementación y culminando con el control.

Figura 8. **Aspectos importantes del mantenimiento en una empresa**

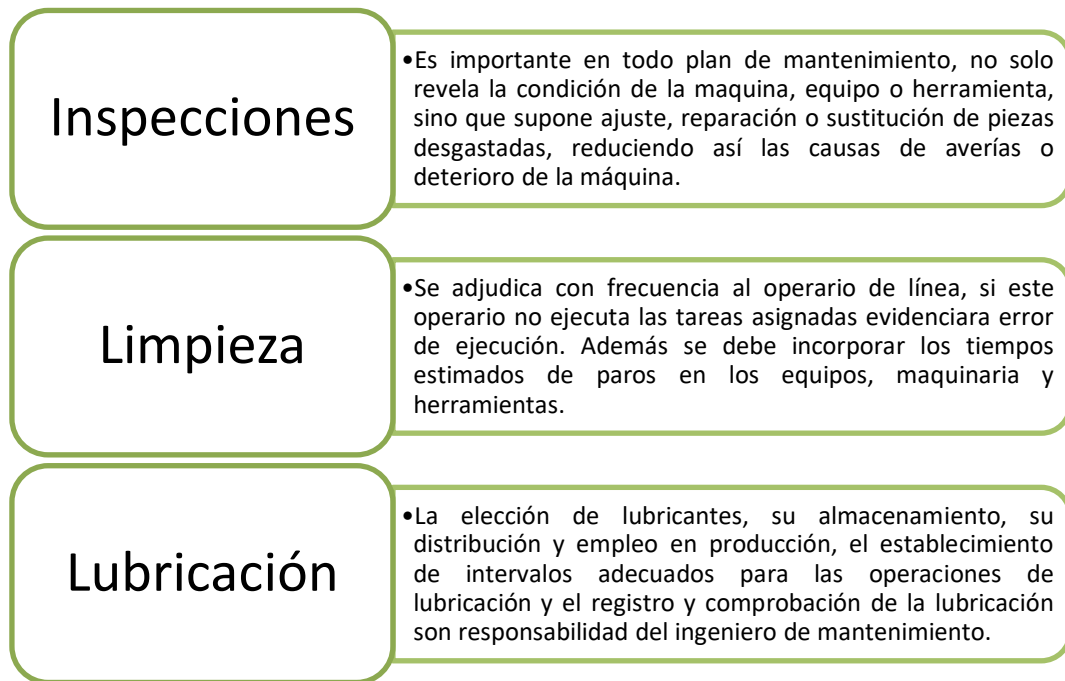


## 2.5. Algunas herramientas de mantenimiento

Todo tipo de herramienta que permita ejecutar el adecuado mantenimiento en la industria podrá ser incorporada según los índices de necesidad, estas herramientas auxiliares o complementarias permitirán reforzar el plan diseñado para mitigar las necesidades de la empresa hacia sus equipos, máquinas y herramientas que necesiten sostener la continuidad en sus operaciones. Por ser

accesorio de tipo complementario al plan ya diseñado es considerada un apoyo externo pero inmediato en cualquier tiempo  $t$  determinado.

Figura 9. **Herramientas fundamentales de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

### 2.5.1. Análisis del problema

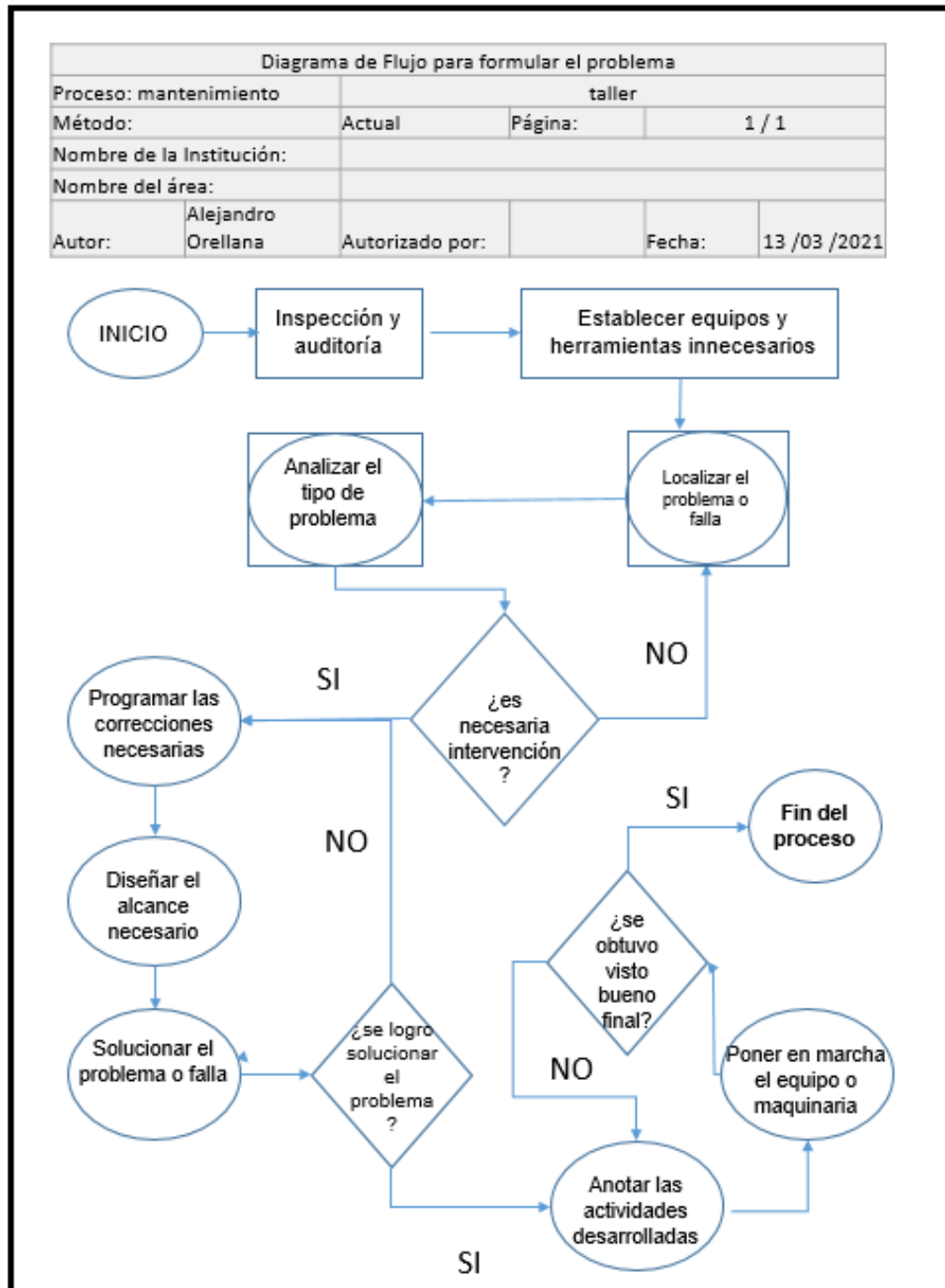
Se deberán adoptar un conjunto de actividades para evaluar si un determinado problema necesita determinada reacción a tiempo futuro o de manera inmediata, no se puede obtener un nivel de criticidad sobre el infinito posible evento que suceda y presente efectos diferentes dentro de la empresa a que se trate de incorporar estas herramientas.

Si fuese el ejemplo en un equipo o herramienta que se encuentra prestando servicios, sus efectos serán totalmente diferentes a los que presente

el paro por falla inesperada en una línea de producción, por lo cual se plantea el siguiente diagrama homogéneo que permita analizar el problema y la acción a tomar.



Figura 10. Diagrama para análisis del problema presente

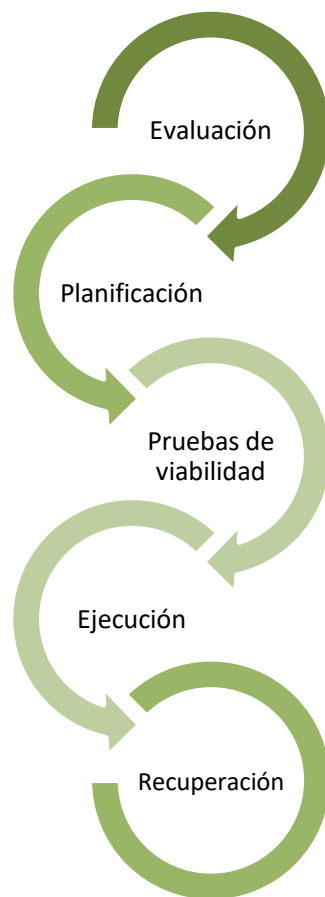


Fuente. elaboración propia.

### 2.5.2. Plan contingente

El departamento de mantenimiento o taller, deberá crear la herramienta eficaz que permita incorporarse en cualquier momento inesperado, donde no se ha previsto una falla, o cuando un equipo o herramienta presenta el paro total, por lo cual el plan de contingencia preverá las diferentes acciones a tomar que permitan agilizar el proceso de recuperación de estos equipos y volverlos a poner en marcha.

Figura 11. **Etapas del plan de contingencia**



Fuente: ORTIZ, Cesar. *Un plan de contingencia correctivo*. p. 26.

### 2.5.3. Detención analítica de fallas

Cuando se presenta una avería, que interrumpa la operación se hace necesario de dos acciones necesarias.

- Entender la causa de la avería.
- Reestablecer la operación.

Esta metodología permite maximizar los resultados mediante la obtención y organización de información pertinente, de tal modo que se reduce el tiempo de análisis y se incrementa la probabilidad de éxito, en problemas tanto a nivel correctivo por soluciones rápidas y eficaces, como preventivo para minimizar la probabilidad de ocurrencia de fallas.

Tabla II. Informe de averías

INFORME DE AVERIAS		
Fecha y hora del informe:		
Jefe de mantenimiento:		
Jefe de área:		
¿Cuándo ocurrió?		
Fecha:	Hora:	Duración:
¿Dónde ocurrió?		
Área:	Lugar:	Equipo:
¿Qué paso?		
Detalle de lo ocurrido:		
Posibles causas conocidas:		
¿Medidas correctivas?		
Análisis del evento:		
¿Medidas preventivas?		
Acciones adoptadas:		
Firma de los presentes		

Fuente: elaboración propia.



### **3. LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

#### **3.1. La necesidad de elaborar un plan de mantenimiento**

Los ritmos intermitentes sobre la demanda en proyectos de infraestructura en Guatemala crecen exponencialmente, van de la mano con la explosión demográfica y los ritmos de crecimiento poblacional. Así es como se hace directamente proporcional el proveer a la industria guatemalteca las máquinas, equipos y herramientas necesarios para continuar con la acelerada producción de edificios multifamiliares, centros comerciales, carreteras, pasos a desnivel, entre otros.

No es garantía para el contratista y el contratante detener un proyecto por fallas de operación en sus equipos, tampoco al ingeniero a cargo del mantenimiento de la empresa será justificable permitir estos eventos repetitivos por mala programación o por falta del plan de mantenimiento que garantice la continuidad de sus operaciones.

La continuidad de los proyectos que se ejecutan cotidianamente, dependen de la sincronización entre las tareas asignadas, el perfecto funcionamiento de los equipos y la programación de su debido mantenimiento, tal cual es reconocido en la ingeniería, que garantizar el buen estado de los equipos y la continuidad operativa sin presentar fallas que detengan sus labores es todo lo que busca el mantenimiento, además de emplear costos operativos dignos de su operación sin superar el valor total del equipo o herramienta.

Podrían elaborarse planes de mantenimiento a medida, pero ninguno será efectivo sin el debido respeto a los lineamientos y cronograma de actividades propuestos, los cuales se deberán ejecutar cronológicamente luego de diferentes análisis y mediciones, estos programas dependerán de su ejecución de mano de obra preparada con capacitación especializada para eliminar el error humano, a nivel jerárquico se deberá colocar personal no solamente capacitado, deberá poseer conocimientos tecnológicos y científicos que permitan evaluar los acontecimientos en el trabajo, el desgaste de los equipos y planear teóricamente el momento oportuno de interrumpir las acciones desempeñadas por estos equipos para ser trasladados a taller o trabajados en el lugar del proyecto.

Las necesidades no deberán ser alarmas o comúnmente las llamadas acciones apaga fuegos, se presentan cuando ocurre la falla, cuando el equipo ya no puede operar, cuando los operarios no pueden continuar haciendo correcciones para solamente continuar con las tareas del proyecto, es acá donde se eliminará este conjunto de acciones, que no presentan beneficios a la empresa, solamente representan gastos involuntarios en sus costos de operación.

Figura 12. **Necesidades de elaborar un plan de mantenimiento**



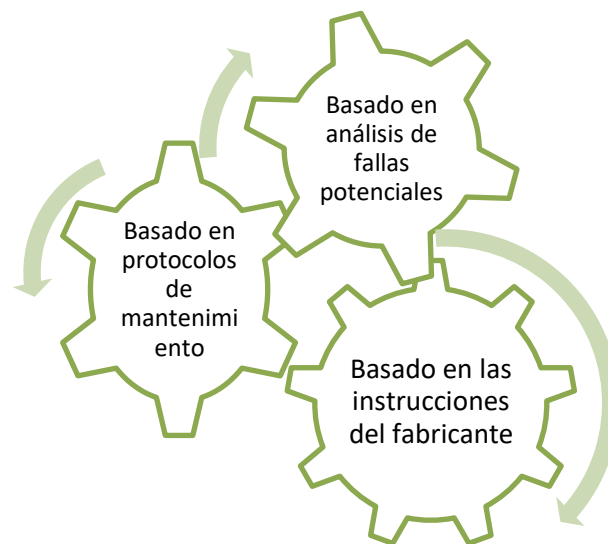
Fuente: elaboración propia.

### 3.2. ¿Qué es un plan de mantenimiento?

Existen diferentes definiciones en el medio de la ingeniería mecánica, según sus autores o marcas internacionales reconocidas, para este análisis se reconoce al plan de mantenimiento como un conjunto de tareas preventivas programadas a ser realizadas en algún equipo, maquinaria o instalación con el fin de sostener los objetivos de disponibilidad, fiabilidad, costos operativos y de incrementar a su punto máximo posible el aprovechamiento de la vida útil de los activos ya mencionados.

Para el entorno industrial se podrán incluir algunas formas básicas que permitan preparar un plan de mantenimiento, para así, lograr determinar la secuencia lógica de las tareas preventivas que deberán ser realizadas de forma periódica o cronológica según el activo de interés.

Figura 13. **Principios básicos que permitirán formar el plan de mantenimiento**



Fuente: GARCÍA, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. p. 39.

Así como se indicó anteriormente, podrán existir infinidad de fuentes bibliográficas acerca de la definición, como y de qué forma elaborar un plan de mantenimiento, eso quedará sujeto al interés del lector. Se deberán considerar siempre los principios o pilares para todo mantenimiento, las instrucciones del fabricante, diseño de protocolos homogéneos de mantenimiento, sin olvidar incorporar las acciones de archivos históricos anotados por cada falla que se presentó y cuál fue el método o técnica que se empleó para solucionarlo, así como los repuestos o lubricantes que fueron sustituidos, considerando la cronología desde que ese activo inicio sus operaciones en determinada empresa.

Tabla III. **Fases para la elaboración del plan de mantenimiento**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
1	Elaborar un listado de los sistemas que componen el activo.
2	Determinar el formato homogéneo a emplear.
3	Identificar los equipos que forman parte de la empresa.
4	Recopilar los manuales de operación y mantenimiento de los equipos.
5	Analizar los manuales para extraer detalles sensibles que permitan mejorar las tareas a diseñar.
6	Incorporar las aportaciones de los técnicos en el área de taller.
7	Diseñar cada tarea especialidad dentro del plan de mantenimiento.
8	Recopilar los planes existentes en la empresa.
9	Capacitar al personal constantemente.

Fuente: elaboración propia.

Estas actividades deberán ser desarrolladas con trabajo en equipo, donde se involucra el personal de alto rango, jefes, técnicos e ingenieros, para ser trasladados hacia los supervisores, mecánicos y operarios de orden más bajo.



### 3.3. Las tareas de mantenimiento

Deberán mejorarse o estandarizar el conjunto de herramientas que se emplean en el trabajo, realizar énfasis en los tiempos de trabajo, las necesidades presentes por los mecánicos y la secuencia que se están realizando las tareas de mantenimiento ya establecidas, con el objeto de mejorar la eficiencia hacia el mantenimiento preventivo.

Se deberán incorporar a las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo algunos aspectos relevantes que deberán ser supervisados, revisados o sustituidos por el mecánico asignado a esta acción. Esperando cumplir con todos los puntos móviles del equipo que conforma el camión de bombeo y especialmente la bomba *Putzmeister*.

Tabla IV. Tareas de mantenimiento propuestas

Zona de incidencia	Acción destinada a realizar
CHASIS	Nivel de aceite del motor.
	Nivel del tanque de combustible.
	Condición y presión de los neumáticos.
	Fugas de combustible, aceite y otras fugas.
	Iluminación del chasis, frenos y otras señales.
Sub-chasis y cubierta	Revisar el sub-chasis para detectar grietas en los puntos de soldadura, pernos faltantes, deformaciones.
	Revisar la integridad estructural de la cubierta, gradas y pasarelas.
	Revisar las cajas de herramientas y productos diversos, deberán permanecer asegurados.

Continuación de la tabla IV.

Componentes de accionamiento	Revisar el montaje de los dispositivos de toma de fuerza, deberán estar asegurados.
	Revisión de nivel de aceite.
	Revisar que no presenta interferencia en el sistema de transmisión.
	Revisar que las bombas hidráulicas auxiliares del vehículo se encuentran en óptimas condiciones.
	Revisar que los cables, mangueras y tubos se encuentren asegurados.
	Revisar perdidas de fluidos o fugas hidráulicas.
	Revisar los puntos de lubricación.
Soporte de la pluma y ensamblaje de rotación	Revisar el soporte y ensamblaje de rotación para detectar daños estructurales o soldaduras agrietadas.
	Revisar que los pernos de montaje de los engranajes de rotación estén asegurados.
	Revisar que el piñón de mando y los dientes de los engranajes estén en buenas condiciones.
	Revisar que la unidad reductora esté montada en forma segura.
	Revisar que los topes en el límite de rotación estén en buenas condiciones.
	Revisar que los tubos de descarga y las abrazaderas estén asegurados.
	Revisar que las mangueras y tubos hidráulicos estén asegurados y adecuadamente sujetos con abrazaderas y que no existan fugas.
	Revisar que los niveles de aceite estén llenos.
Válvula de control de la pluma	Revisar que el banco de válvulas hidráulicas de control esté montado en forma segura.
	Revisar que cada palanca de control se mueva libremente, y regrese a su posición cuando se suelte.
	Revisar que las cubiertas de caucho de protección estén en buenas condiciones.
	Revisar que la etiqueta de identificación de control esté en buenas condiciones.
	Revisar que los tubos y mangueras hidráulicas, así como los cables eléctricos estén asegurados y sujetos con abrazaderas.
	Revisar que no se presentan fugas hidráulicas.

Continuación de la tabla IV.

Bomba para concreto	Revisar que no existen daños estructurales, ni soldaduras agrietadas, y que los accesorios estén colocados en el sub-chasis.
	Revisar que los cilindros hidráulicos de mando estén en buenas condiciones, asegurados y sin fugas.
	Revisar que los cilindros para material estén asegurados.
	Revisar que la caja de agua sea estructuralmente rígida, esté limpia, con la cubierta en su lugar y que el drenaje sea funcional.
	Revisar los interruptores de proximidad.
	Revisar que el mecanismo de cambio del tubo en "S" sea estructuralmente rígido y que todos los pasadores y retenes estén en su lugar.
	Revisar que los cilindros hidráulicos de cambio estén en buenas condiciones.
	Revisar que la caja de los cojinetes, sellos, etc. estén en buenas condiciones.
	Revisar que las mangueras hidráulicas estén aseguradas y que no existan fugas.
	Revisar si las abrazaderas de los tubos de descarga están flojas o dañadas.
	Revisar los puntos de lubricación.
Sistema de agua	Revisar que los tapones de llenado se encuentren en su lugar.
	Revisar los indicadores visibles de nivel.
	Revisar que el nivel de agua se encuentre lleno.
	Revisar que las mangueras y tubos tengan desgaste mínimo.

Fuente: PUTZMEISTER. *Manual de operación de la bomba para concreto tipo pluma, montada en un camión.* p. 33-37.

Las tareas que se presentan en la tabla IV deberán de realizarse diariamente, antes de arrancar el equipo, si el equipo por cualquier motivo deberá ser trasladado del predio de la empresa hacia algún proyecto

constantemente se deberán realizar antes de arrancar el equipo en el proyecto y al concluir la jornada de trabajo diario.

De esta forma se espera garantizar que con tareas menores se eviten errores mayores, las fugas de fluidos o lubricantes son causas de accidentes labores, perdidas de presión en los sistemas hidráulicos y sobre esfuerzo exigente en los equipos para ejecutar sus acciones o maniobras de trabajo.

### 3.3.1. Frecuencia

Para la frecuencia se demandará por los ritmos de trabajo o proyectos ejecutados, si el equipo se encuentra sin uso los tiempos entre inspecciones serán más largo, se considera emplear partes básicas de un programa de inspección general que propone la marca del equipo de estudio.

Tabla V. Programa de inspección general sugerido

Inspección		Intervalo de inspección diario/por hora					Otros puntos de inspección
		Diario	250	500	1 000	1 500	
General	Puntos de lubricación	*					
	Inspección visual y funcional de todo el equipo de seguridad	*					
	Ajuste de los pernos y las tuercas						Según se requiera
	Inspección certificada de la pluma			*			
	Condiciones de los cables, mangueras y tubos	*					

Continuación de la tabla V.

Sistema hidráulico	Nivel de aceite	*						
	Descargar el agua condensada	*						
	Mangueras y tubos	*						
	Reemplazar todo el aceite hidráulico y analizar				*			
	Limpiar los cilindros hidráulicos				*			
Filtro de aceite hidráulico	Reemplazar el elemento filtro							Según se requiera
Tanque de agua	Nivel de agua	*						
Caja de engranajes	Reemplazar todo el aceite en la caja de engranajes			*				
	Reductor de la velocidad de giro			*				
Sistema de lubricación	Nivel de aceite	*						
Pistón para concreto	Desgaste del cilindro para concreto y del pistón para concreto	*						

Fuente: PUTZMEISTER. *Manual de operación de la bomba para concreto tipo pluma, montada en un camión.* p. 37-38.

Las tareas asignadas deberán ser incluidas en la programación general del mantenimiento, se incorpora a discreción del jefe de taller o supervisor de mecánicos evaluar aspectos relativos que no se definen exactamente la periodicidad de falla. Eventualmente los pernos se aflojarán según el lugar

donde están colocados, el filtro de aceite según el fabricante y características de diseño especiales.

### **3.3.2. Especialidad**

El mantenimiento deberá ser realizado por personal capacitado y entrenado en estos equipos, de preferencia podría contar con certificaciones extranjeras y con la debida experiencia en los campos demandados. El personal a cargo de realizar los mantenimientos deberá portar en todo momento su equipo de protección personal. La regla principal antes de ejecutar cualquier tarea en el vehículo o en los equipos, es corroborar o confirmar que la unidad se encuentra apagada y de preferencia validar los aspectos que marque el manual del fabricante que garanticen que las operaciones a realizar sean bajo condiciones ideales de trabajo.

### **3.3.3. Permiso de trabajo**

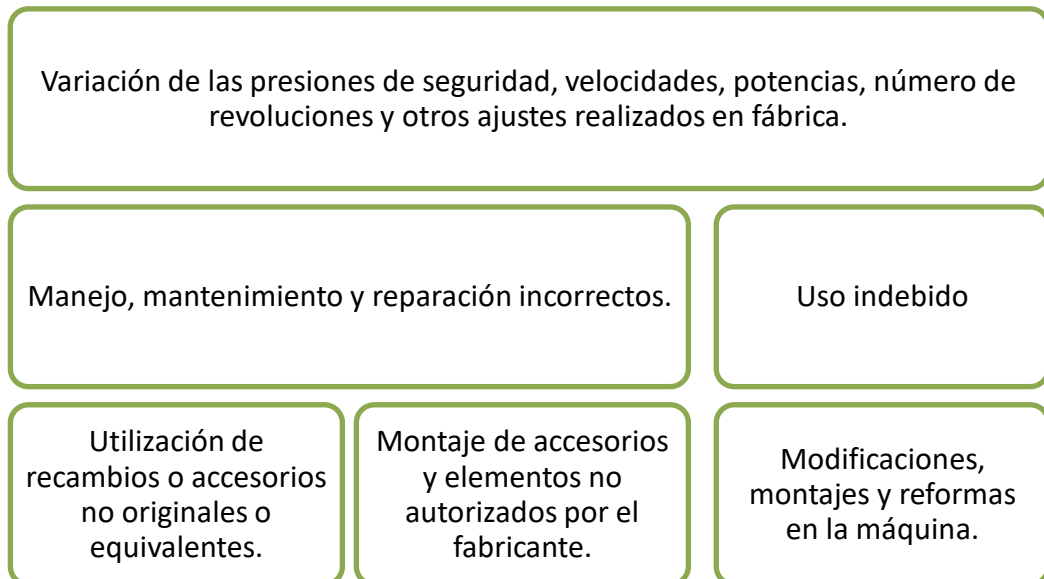
Los fabricantes de cada equipo, herramienta o maquinaria emplean un código único de garantía sobre sus activos, asegurando la calidad de trabajo para el cual fue diseñado, además propone cierto tiempo de trabajo efectivo antes de ser diagnosticada una primera falla. Esto respalda a todo comprador que la adquisición de sus activos será respaldada en el tiempo convenido por el fabricante y la carga de trabajo esperada que deberá realizar.

Comúnmente no se tramitan permisos especiales de trabajo en mantenimientos físicos, sustituciones de piezas o ajustes mecánicos mínimos en estos activos en mención. La mayoría de veces se presentan estos tipos de acuerdos puntuales y drásticos en los sistemas operativos o llamados softwares digitales de computación, es donde el fabricante siempre hace relevancia ante

cualquier tipo de sustitución, manipulación o violación de los derechos de autor donde se podría perder todo tipo de garantía.

Dicho esto, los permisos de trabajo se emplearían en muy pocas ocasiones, es relevante mencionar que para sostener la garantía en los activos se deberán comprar o adquirir los suministros en la casa matriz del fabricante, repuestos específicos que garantizan que el activo no podrá presentar fallas por fatigas, roturas y quebraduras en puntos críticos donde se concentran altas cargas de presión o de esfuerzos mecánicos. Según el manual del fabricante de Putzmeister establece, que, si se han acordado las condiciones de suministro del fabricante, la responsabilidad se regirá por las cláusulas reguladas en documento. Haciendo hincapié en que el fabricante no se responsabiliza de los daños en los casos descritos de la mismas.

Figura 14. **Exclusión de responsabilidades**



Fuente: PUTZMAISTER. *Transportes y distribuidoras de hormigón*. p. 21.

### **3.4. Formas de elaborar un plan de mantenimiento**

Detectar los requerimientos de mantenimiento de los equipos, de acuerdo al programa de producción, recomendaciones del fabricante y procedimientos establecidos. Estimar los recursos necesarios para el mantenimiento de los sistemas de acuerdo al programa de producción.

Elaborar el presupuesto de mantenimiento de un departamento y debe constar de mano de obra, materiales, medios y herramientas.

### **3.5. Errores habituales al elaborar planes de mantenimiento**

La práctica, la experiencia y el conocimiento permite fortalecer un solo sentido común para diseñar el plan de mantenimiento específico para cada activo, las condiciones de operación no serán las mismas, el entorno circundante donde se instale un mismo equipo producido en masa serán diferentes, por lo cual no existe un modelo único del mejor plan de mantenimiento, durante el desarrollo se suelen cometer ciertos errores, los cuales se podrán reducir con la experticia y el avance de los proyectos.



Tabla VI. **Errores habituales al elaborar planes de mantenimiento**

<b>Participación</b>	<b>Descripción</b>
Frecuentemente	Basarse únicamente en lo que propone el manual de mantenimiento del fabricante. Las condiciones del diseño son bajo límites de estrés permisibles. Su prioridad es concentrar en que las fallas no se presenten durante el periodo de garantía.
Casi siempre	Elaboración de planes de mantenimiento para equipos y no sistemas. El mantenimiento se deberá enfocar en los sistemas de trabajo.
Casi siempre	Carecer de personal técnico capacitado para realizar el mantenimiento, los procesos de mantenimiento de corta frecuencia deberán contar con cuadrilla de personas dedicadas únicamente a estas tareas.
Frecuentemente	Idealizar los programas de computación o software esperando que genere el mejor plan de mantenimiento, sin considerar aspectos humanos limitantes y económicos o logísticos.

Fuente: elaboración propia.



## **4. IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A LA MAQUINARIA**

### **4.1. Tiempo requerido para la implementación**

Se deberá someter a una serie de análisis administrativos, técnicos y funcionales para poder ser adoptado o ejecutado, se considera que parte de la propuesta de investigación permitirá a la empresa o futuros lectores que las actividades propuestas podrán ser incorporadas según las necesidades que presenten sus equipos o la empresa donde desean mejorar sus procesos.

Para esto se podría emplear la teoría de la fiabilidad del equipo, donde se tratará de demostrar la probabilidad de que alguna parte del equipo o maquinaria funcione adecuadamente en todo momento determinado considerando algunas condiciones aritméticas. Estos sistemas se componen de diversos elementos individuales interrelacionados entre sí, cada uno desempeña algún tipo de función determinada.

Si llega a ocurrir el evento de falla por cualquier motivo, podría causar la falla total de todo el equipo o maquinaria, entonces, se presumirá que cuando incremente el número de componentes en un equipo o maquinaria descenderá rápidamente la fiabilidad de todo el sistema en general. Para obtener este nivel de incertidumbre se podrá emplear el producto de las fiabilidades cada componente.

Para este análisis se determinará que la fiabilidad de un solo componente o componente individual no dependerá de la fiabilidad de los otros componentes, considerando así que cada componente será atendido de forma independiente. La fórmula o ecuación general establece que su resultado será representado en términos de fiabilidad y será expresada en términos de probabilidad. Dicho esto, la fiabilidad del 0,90 significará que la unidad realizará el trabajo esperado con el 90 % de su funcionamiento en el tiempo  $t$  esperado. También demostrará que fallará  $1-0,90= 0,10$  del tiempo.

La unidad básica de medida de fiabilidad es el índice de fallos del producto o FR por sus siglas en inglés. El índice de fallos mide el porcentaje de fallos en relación con el número total de los productos examinados, FR %, o el número de fallos durante un determinado período de tiempo.

Fórmula 1 fiabilidad del componente  $n$

$$F_s = F_1 * F_2 * F_3 * \dots * F_n$$

Donde:

$F_1$  = fiabilidad del componente 1

$F_2$  = fiabilidad del componente 2

Fórmula 2

$$FR (\%) = \frac{\text{número de fallos}}{\text{número de unidades probadas}} * 100$$

### Fórmula 3

$$FR (N) = \frac{\text{número de fallos}}{\text{número de unidades por hora del tiempo de operación}}$$

Obteniendo estos datos en la empresa de interés, se tomarán las acciones correspondientes sobre el tiempo estimado en la próxima falla o el nivel de incertidumbre de que ocurra la probabilidad de un evento que detenga las operaciones.

#### **4.2. Bitácora de actividades en maquinaria**

Su implementación es de vital importancia y cuya finalidad es reducir los costos, ya que se anota hora de entrada, un detalle de las observaciones, reparaciones, modificaciones que se trabajaron en la máquina, personas que realizaron los trabajos, trabajos pendientes y hora de salida.

Regularmente es un libro de actas, el que se utiliza de una forma tosca, sin embargo, es el planificador el que transcribe lo anotado por el personal operativo, hacia un programa de computación de mantenimiento o simplemente un documento de un programa que posea un procesador de palabras tal como lo es Microsoft Word, este documento se tiene que mantener actualizado.

Diferentes factores otorgan beneficios a la bitácora de actividades, estableciendo un conjunto ordenado de series de pasos que otorgaran al departamento de mantenimiento un modelo homogéneo de trabajo y de ejecución de órdenes plasmadas textualmente sin la necesidad de estar repitiendo verbalmente.

Además, con la pronta ejecución del modelo óptimo y necesario a implementarse en conjunto con la bitácora de actividades hacia el equipo, se podrá garantizar permanentemente que el trabajo no se detendrá, reduciendo a su mínima expresión los paros inesperados y así eliminar los costos adicionales de trabajo, ya que al sufrir alguna falla mecánica estas bombas automáticamente detienen el empuje o bombeo del material requerido en la obra.

Con estas fallas mecánicas claramente se ve afectada la empresa en costos indirectos de producción y mantenimiento, por el mal acontecimiento de detener las labores los operarios tendrían que ser pagados con horas extras de trabajo hasta cumplir los contratos establecidos por los solicitantes de sus productos y servicios.

Todos estos conjuntos de situaciones fortalecen la necesidad de incluir, incorporar y diseñar la bitácora efectiva para incrementar el ritmo de trabajo en la empresa, reducir las fallas mecánicas inesperadas y asegurar la continuidad de trabajo dentro los horarios y fechas establecidas.

Tabla VII. Bitácora propuesta para el mantenimiento

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO																																																					
<b>EQUIPO:</b>			<b>PROP.</b>		<b>MOTIVO DE REVISION O REPARACION:</b>																																																
<b>SERIE:</b>					<b>RESPONSABLE:</b>																																																
<b>MODELO</b>					<b>AUTORIZO:</b>																																																
<b>NO. PLACA</b>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">UBICACIÓN</th> <th colspan="2">INICIO</th> <th colspan="2">FIN</th> <th colspan="2">DIESEL</th> <th colspan="2">ODOMETRO</th> <th colspan="2">HOROMETRO</th> </tr> <tr> <th>FECHA</th> <th>HORA</th> <th>FECHA</th> <th>HORA</th> <th>INICIO</th> <th>FIN</th> <th>INICIO</th> <th>FIN</th> <th>INICIO</th> <th>FIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>PREDIO</b></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td><b>PROYECTO</b></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>											UBICACIÓN	INICIO		FIN		DIESEL		ODOMETRO		HOROMETRO		FECHA	HORA	FECHA	HORA	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	<b>PREDIO</b>											<b>PROYECTO</b>										
UBICACIÓN	INICIO		FIN		DIESEL		ODOMETRO		HOROMETRO																																												
	FECHA	HORA	FECHA	HORA	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN																																											
<b>PREDIO</b>																																																					
<b>PROYECTO</b>																																																					
<b>ORDEN DE TRABAJO:</b>																																																					
<b>INSPECCIONAR O REVISAR:</b>																																																					
<b>DIAGNOSTICO:</b>																																																					
<b>TAREAS A EJECUTAR:</b>																																																					
<b>MATERIAL A UTILIZAR:</b>																																																					
<b>TRABAJOS MECANICOS EXTERNOS A REALIZAR:</b>																																																					
<b>NOTA: ME COMPROMETO A REALIZAR EL TRABAJO MECANICO, DE LA FORMA MAS RESPONSABLE Y PROFESIONAL POSIBLE, TA QUE EL RESULTADO DE UN MAL TRABAJO PODRIA INCURRIR EN ALGUN ACCIDENTE INDUSTRIAL. LAS OBSERVACIONES SERAN ANOTADAS EN LA PARTE POSTERIOR DE LA PRESENTE PAGINA.</b>																																																					
<b>NOMBRE, DPI, PERSONA RESPONSABLE QUE SUPERVISO LA ORDEN DE TRABAJO REALIZADA.</b>																																																					
<b>FIRMA:</b>																																																					

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1. Historial de reparaciones

Esta información se consulta en la bitácora de mantenimiento. Cada vez que el equipo ingrese a taller, tendrá que ser anotado en la bitácora, esto con el fin de llevar un historial de reparaciones, lo cual nos permitirá concluir cuales son las reparaciones más concurrentes, para poner más atención y poder evaluar la implementación de un mantenimiento predictivo.

Tabla VIII. **Datos históricos sobre las reparaciones a realizar**

Equipo	Fecha	Tipo de reparación	Descripción breve	Costo de reparación

Fuente: elaboración propia.

La tabla VIII propuesta, podrá ser adoptada en la empresa en formato digital para crear el archivo histórico de las reparaciones realizadas al equipo, incluyendo la descripción breve de lo que se realizó en determinada fecha, empleando un costo X en repuestos y lubricantes.

##### 4.2.1.1. Ficha histórica

Se diseña la ficha que permita obtener la mayor cantidad de datos relevantes que le sirvan a la empresa y al personal responsable de garantizar la continuidad de las operaciones con el perfecto funcionamiento de las máquinas o equipos a su cargo, así mismo la ficha histórica permitirá recrear el panorama pasado que podría a ver ocasionada alguna falla repetitiva, también servirá para



medir los tiempos de trabajo efectivo y los costos necesarios para solucionar el problema, se podrá utilizar en formato digital.

Tabla IX. **Ficha histórica**

Maquinaria:					Número de inventario:			
Adjudicada a:					Responsable:			
Fecha	Falla o avería reparada	COSTOS				Realizado por	Duración	Aprobado por
		M.O.	Material	Otros	Total			

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.2. **Ficha de control de paros**

En este documento se debe de anotar cual es el motivo del ingreso al taller de la máquina, ya que este puede ser correctivo, preventivo, predictivo o simplemente una inspección.

Tabla X. **Ficha de control de paros**

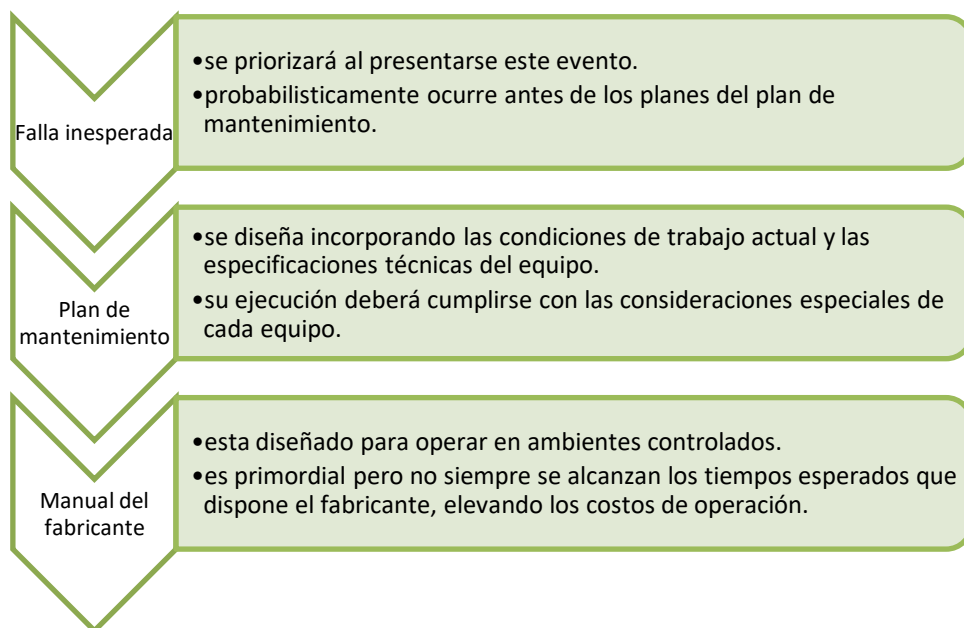
Maquinaria:					Número de inventario:			
Motivo de ingreso:					Responsable:			
Fecha	Falla o avería reportada	COSTOS				Realizado por	Duración	Aprobado por
		M.O.	Material	Otros	Total			

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.2. Frecuencia de mantenimiento

Esto será producto de los intervalos establecidos por los fabricantes, así mismo, será la conclusión de las revisiones e inspecciones por parte de los operadores y mecánicos que atiendan los mantenimientos preventivos.

Figura 15. Aspectos a considerar para la frecuencia de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

La frecuencia estará determinada por diferentes aspectos o factores, para eso se propone emplear las fórmulas 1,2 y 3 que permitan presentar tiempos estimados entre cada mantenimiento, siempre se deberá considerar los aspectos técnicos del manual del fabricante, en diferentes panoramas de trabajo y con experiencia técnica se sabe que la maquinaria y equipos se desgastan más rápido que lo que se propone por los vendedores.

### 4.3. Evaluación de personal técnico encargado de mantenimiento

La evaluación para el personal involucrado en el taller de mantenimiento debe ser constante, al igual que la capacitación, habiendo personal de las diversas disciplinas y con amplia experiencia en su área.

Figura 16. **Aristas que deberán considerarse al evaluar al personal técnico**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. Costo por realización del programa de mantenimiento

Para realizar e incorporar el plan de mantenimiento se consideran aspectos tangibles, otros costos que deberán acompañar la propuesta son los costos asociados a la propuesta.

Tabla XI. Costo por realización del programa de mantenimiento

Responsable	ITEM	Valor estimado en Quetzales Q
Investigador	Combustible	2 000,00
	Computadora	2 500,00
	Impresora	400,00
	Seguro de vida	1 500,00
	Internet	150,0
	Uso de celular	300,00
	Equipo de protección personal	850,00
Empresa	Asignar una persona en la empresa para supervisiones	3 000,00
	Investigador	6 500,00
	Capacitación	3 000,00
	Evaluación del personal	3 000,00
	Evaluación del estado general del equipo	2 500,00
<b>TOTAL ESTIMADO</b>		<b>25 700,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Los costos estimados para la realización del programa de mantenimiento se obtienen luego de considerar el salario mínimo en Guatemala, estableciendo un estimado para el investigador de 2 salarios mínimos, con este gasto se espera cubrir el combustible entre otros, para visitar la empresa y evaluar las condiciones actuales en las que se presenta la maquinaria o equipo y así diseñar el programa único según sus necesidades.

#### **4.4.1. Insumos**

Los insumos empleados en cada mantenimiento varían según las condiciones ambientales, el lugar donde se realiza la reparación y si la bodega de taller presenta stock disponible, de no ser así la empresa incurre en pagar costos elevados por la falta de inventarios.

#### **4.4.2. Repuestos**

Los repuestos para cada empresa varían en costos, dependerá del fabricante y la ubicación de la casa matriz desde donde sea enviado el pedido solicitado, comúnmente se cargan gastos extras por paquetería y envíos que cada empresa deberá cubrir al realizar estos pedidos especiales.

Si los repuestos se encuentran en el país será un poco rentable, pero difícilmente se encuentren repuestos nuevos, al sustituir piezas en mal estado por piezas usadas se crearía un círculo vicioso que a corto plazo presentará de nuevo la misma falla.

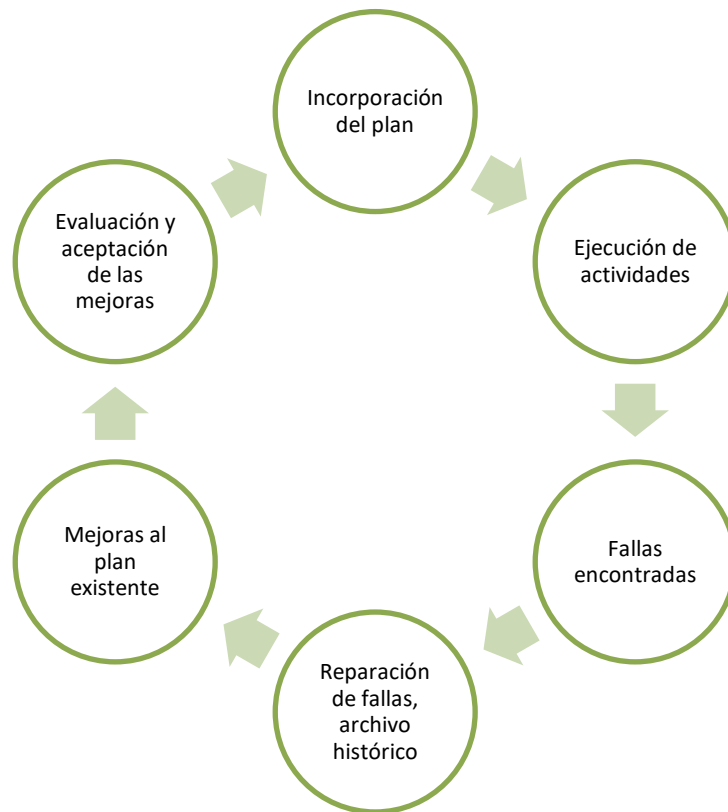
#### **4.4.3. Mano de obra**

Si los trabajadores se encuentran en planilla se ajustan los costos de mano de obra por cada hora trabajada, debería de diseñarse el programa eficiente en la jornada útil de trabajo para no incurrir en pagos de horas extras. Por lo tanto, se deberá presionar a que los mecánicos o técnicos trabajen con ritmos efectivos, dicho de otra manera, que estos trabajadores no propicien periodos de ocio o reprocesos en los equipos asignados.

#### 4.5. Seguimiento de actividades del plan de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento preventivo deben de ser constante de parte de los departamentos involucrados, el operador o piloto, debe informar al departamento de mantenimiento de cualquier desperfecto que el encuentre en la máquina, así mismo se debe involucrar con el departamento de mantenimiento, para las reparaciones mayores, esto con el fin de ir conociendo al equipo.

Figura 17. Diagrama para el seguimiento de las actividades del plan de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. El equipo en la empresa presenta fallas mecánicas repetitivas, no dispone del plan de mantenimiento, las reparaciones son emergentes, provocando retrasos en la ejecución de los proyectos para los que fueron contratados.
2. El manual de cada fabricante limita ciertas acciones en el plan de mantenimiento, se consideró que es esencial considerarlo como la base fundamental y crítica del plan de mantenimiento, pero no someterse exclusivamente a él, deberá recordarse que el manual del fabricante visualiza las operaciones del equipo o maquinaria en ambientes controlados.
3. Las propuestas de los formatos de bitácora de mantenimiento, ficha de control de paros, ficha de control histórico, entre otros, proporcionaran herramientas prácticas a la empresa para limitar la fuga o pérdida de información al ejecutar sus mantenimientos correctivos, se podrá optimizar el tiempo requerido para la mano de obra y reducir los pagos en horas extras de trabajo.
4. En la tabla XI se incorporan los rubros estimados que conforman el lograr implementar el plan de mantenimiento preventivo, mostrando un costo total de Q 25 700,00.





## RECOMENDACIONES

1. Proveer de acceso en fases periódicas a recursos que permitirán sustentar la falta del plan de mantenimiento, por medio de las actividades desarrolladas y propuestas en las tablas IV y V.
2. Adoptar las acciones fundamentales del manual del fabricante para cada equipo dentro de la empresa, pero deberá ser fortalecido y expandido con las actividades propuestas en la tabla V.
3. Emplear los formatos propuestos de bitácoras y fichas luego de ser sometidos a revisiones, ajustes o correcciones por la empresa, donde los responsables del área de mantenimiento darán su visto bueno.
4. Monitorear los costos de operación, ellos podrán mejorar de forma proporcional, en relación al tiempo transcurrido luego de incorporar el nuevo plan de mantenimiento, los costos de ejecución son elevados, pero no se comparan con el valor de adquisición de un equipo o el valor de ejecución de un proyecto industrial.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE, Eugene. *Manual del Ingeniero Mecánico*. 9ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana. Tomo II, 1995. 250 p.
2. BARRIENTOS, David. *Propuesta para minimizar los costos de mantenimiento para equipo de bombeo BSF 28Z.09 marca Putzmeister*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, de Guatemala. 2016. 102 p.
3. GARCÍA, Santiago. *Organización y gestión integral de Mantenimiento*. México: McGraw-Hill. 2005. 275 p.
4. GONZALEZ, Francisco. *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial*. 2a ed. España: s.e. 2017. 325 p.
5. MAES, Geraldo. *El Mantenimiento Preventivo Óptimo*. 2a ed. México: s.e. 2018. 190 p.
6. NEWBROUGH, Enio. *Administración del Mantenimiento Industrial*. 6a ed. México: Diana. 2004. 230 p.
7. Norma Internacional ISO 9001:2000. *Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos*. Estados Unidos: s.e. 2020 450 p.

8. ORTIZ, Cesar. *Un Plan de Contingencia Correctivo*. 6a ed. México: s.e. 230 p.
9. PUTZMEISTER. *Guía de mantenimiento de bomba manlift*. en URL: 11. [en línea]. <[http://: www.putzmeister.com](http://www.putzmeister.com)>. [Consulta: 20 de abril de 2021].
10. ROMERO, Fajardo. *Programa de mantenimiento*. México: s.e. 2019. 195 p.
11. SALAMEDO, José. *Ingeniería del mantenimiento con su plan de mejora continua*. México: s.e. 2016. 196 p.
12. SOLARES, Byron. *Mejora del programa de mantenimiento preventivo en las bombas impulsadoras de concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, de Guatemala. 2006. 141 p.

## ANEXOS

Anexo 1. **Impulsador de concreto *PUTZMEISTER* BSF36Z.16H  
montada en camión Volvo 400 i-SHIFT**



Fuente: PUTZMEISTER. *Impulsador de concreto*. [www.putzmeister.com](http://www.putzmeister.com). Consulta: marzo 2021.

**Anexo 2. Impulsadora de concreto PUTZMEISTER BSF36Z.16H Volvo  
400 i-SHIFT bomba con brazo hidráulico**



Fuente: PUTZMEISTER. *Impulsadora de concreto*. [www.putzmeister.com](http://www.putzmeister.com). Consulta: marzo 2021.