



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“PROPUESTA ALTERNATIVA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA  
EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA  
ALVARADO ORTIZ CONSTRUCTORES CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD DE  
AMBATO”**

**MEDINA PELÁEZ HENRY PAOLO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

**Previo la obtención del Título de:**

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2019**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2018-18-04

Yo recomiendo que el trabajo de Titulación preparado por:

**MEDINA PELÁEZ HENRY PAOLO**

---

Titulada:

**“PROPUESTA ALTERNATIVA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA  
EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA  
ALVARADO ORTÍZ CONSTRUCTORES CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD DE  
AMBATO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requisitos para el título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**



Ing. Carlos José Santillán Mariño  
DECANO DE LA FAC DE  
MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra. MsC  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. César Marcelo Gallegos Londoño. MsC  
MIEMBRO DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** MEDINA PELÁEZ HENRY PAOLO

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “PROPUESTA ALTERNATIVA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA ALVARADO ORTÍZ CONSTRUCTORES CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO”

**Fecha de Examinación:** 2019-05-30

### RESULTADOS DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Antonio Haro Medina PRESIDENTE TRIB. DEFENSA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra MsC. DIRECTOR DE TESIS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño MsC. MIEMBRO DE TESIS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Marco Antonio Haro Medina**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El presente Trabajo de Titulación, es original y basado en el proceso de investigación y/o propuesta tecnológica establecida en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Henry Paolo Medina Peláez  
C.I: 140073234-1

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Henry Paolo Medina Peláez, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como Medina Henry, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación



---

Henry Paolo Medina Peláez

C.I: 140073234-1

## **DEDICATORIA**

Mi trabajo de titulación está dedicado en primer lugar a Dios, que me dio la sabiduría y fortaleza para superar todos los obstáculos que tuve durante mis estudios. A mi madre, mi inspiración y un gran ejemplo a seguir; a mi hija Helen, una hermosa bendición que Dios puso en mi vida, porque que sin ellas no hubiese podido cumplir los objetivos que hasta ahora me he propuesto. También está dedicado a mis tíos y primos, en especial a mi tío y hermano Vicente, sin tu ayuda y consejos esto no hubiese sido posible. A mi padre, que aunque no estemos muy unidos, me enseñó que la vida no es fácil y debo luchar por salir adelante.

**Henry Paolo Medina Peláez**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero quiero agradecer a Dios por darme salud e inteligencia para salir adelante en mis estudios y mi vida, sin tu amor no soy nada.

Un agradecimiento especial a toda mi familia, por haberme dado ese voto de confianza para poder terminar con mis estudios, ustedes son un gran ejemplo de unidad y superación. A todos mil gracias, que Dios y la vida les recompense.

A la Familia Paucar Lalama, que me brindaron sus consejos y apoyo incondicional cuando más lo necesite, mil gracias.

También quiero agradecer a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por haberme abierto las puertas y por medio de sus docentes impartirme sus conocimientos teóricos y prácticos y así poder formarme como profesional. Un agradecimiento especial al Director y Miembro de mi trabajo de titulación.

Finalmente quiero agradecer al Hospital Regional Docente de Chimborazo por haberme permitido realizar parte de mis prácticas pre-profesionales y también un especial agradecimiento a la Empresa Alvarado Ortiz Constructores Cía. Ltda. de la ciudad de Ambato, que me abrieron las puertas para culminar con mis prácticas pre-profesionales y posteriormente realizar mi trabajo de titulación.

**Henry Paolo Medina Peláez**

# CONTENIDO

Pg.

## RESUMEN

## ABSTRACT

## INTRODUCCIÓN

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
2.1 Justificación .....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
<b>CAPÍTULO II</b> .....	3
2 MARCO TEÓRICO .....	3
2.1 Auditorias de la gestión del mantenimiento .....	3
2.1.1 <i>Técnicas para auditar la gestión del mantenimiento</i> .....	5
2.1.2 <i>Metodología de la técnica MES</i> .....	5
2.2 Gestión del mantenimiento .....	10
2.2.1 <i>Proceso de la gestión del mantenimiento</i> .....	11
2.2.2 <i>Objetivos de la gestión del mantenimiento</i> .....	12
2.3 Recursos necesarios para la gestión del mantenimiento .....	12
2.3.1 <i>Recursos humanos</i> .....	12
2.3.2 <i>Recursos materiales</i> .....	14
2.3.2.1 <i>Actividad</i> .....	14
2.3.3 <i>Recursos financieros</i> .....	14
2.3.3.1 <i>Elementos de costos</i> .....	14



2.4	Gestión de la información.....	14
2.5	RCM abreviado .....	16
2.5.1	<i>Inventario técnico y codificación</i> .....	17
2.5.4	<i>Estrategias de mantenimiento</i> .....	22
2.5.5	<i>Modelos de mantenimiento</i> .....	23
2.5.6	<i>Fallo funcional y fallo técnico</i> .....	24
2.5.7	<i>Fallos a evitar y fallos a amortiguar</i> .....	25
2.5.8	<i>Modos de fallo</i> .....	25
2.5.9	<i>Tareas de mantenimiento</i> .....	25
2.6	Frecuencias y rutinas de mantenimiento .....	27
2.7.1	<i>Documentos de mantenimiento</i> .....	28
2.7.1.1	<i>Solicitud de trabajo</i> .....	28
2.7.1.2	<i>Órdenes de trabajo (O.T.)</i> .....	28
2.7.2	<i>Plan de mantenimiento</i> .....	31
2.7.3	<i>Cronograma de mantenimiento</i> .....	32
2.8	Capacitación .....	32
2.8.1	<i>Tipos de capacitación</i> .....	32

**CAPITULO III..... 34**

3	EVALUACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO .....	34
3.1	Propósito de la evaluación de la gestión del mantenimiento .....	34
3.2	Evaluación de la gestión de mantenimiento .....	34
3.2.1	<i>Ponderación de criterios y subcriterios</i> .....	34
3.3	Encuestas realizadas .....	36
3.4	Análisis de los resultados de la evaluación .....	39

**CAPÍTULO IV..... 42**

4	PROPUESTA ALTERNATIVA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CAPACITACIÓN.....	42
4.1	Gestión de mantenimiento asistida por computador (GMAO) .....	42

4.2	Desarrollo del RCM abreviado .....	42
4.2.1	<i>Inventario y codificación de activos a mantener</i> .....	43
4.2.2	<i>Fichas técnicas</i> .....	45
4.2.3	<i>Análisis de criticidad</i> .....	47
4.2.3	<i>Modelo de mantenimiento</i> .....	49
4.2.4	<i>Análisis RCM abreviado</i> .....	50
4.3	Plan de mantenimiento .....	52
4.3.1	<i>Tareas de mantenimiento</i> .....	52
4.3.1.1	<i>Frecuencia de mantenimiento</i> .....	53
4.3.2	<i>Logística de mantenimiento</i> .....	54
4.3.3	<i>Gamas de mantenimiento</i> .....	59
4.3.4	<i>Cronograma de mantenimiento</i> .....	60
4.3.5	<i>Solicitud de trabajo</i> .....	63
4.3.6	<i>Orden de trabajo</i> .....	63
4.4	Capacitación .....	65
 <b>CAPÍTULO V</b> .....		 68
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
5.1	Conclusiones .....	68
5.2	Recomendaciones .....	69

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Procedimiento general de implantación de una auditoría.....	3
<b>Figura 2-2:</b> Modelo de proceso de gestión del mantenimiento .....	14
<b>Figura 3-2:</b> Sistema de gestión de la información .....	18
<b>Figura 4-2:</b> Niveles Jerárquicos.....	19
<b>Figura 5-2:</b> Información presente en un código .....	20
<b>Figura 6-2:</b> Código Completo.....	21
<b>Figura 7-2:</b> Información presente en una ficha técnica .....	21
<b>Figura 8-2:</b> Formas de actuación ante un fallo .....	28
<b>Figura 1-4:</b> Código completo.....	48
<b>Figura 2-4:</b> Selección del modo de falla.....	54
<b>Figura 3-4:</b> Capacitación al personal de mantenimiento .....	65
<b>Figura 4-4:</b> Presentación del trabajo de titulación a las autoridades de la empresa .....	65

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b> Modelos de mantenimiento .....	23
<b>Gráfico 2-2:</b> Orden de trabajo computarizado .....	31
<b>Gráfico 1-3:</b> Diagrama de radar de la gestión de mantenimiento .....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Técnicas de auditoría para evaluar los procesos de mantenimiento .....	5
<b>Tabla 2-2:</b> Calificación de las áreas evaluadas .....	7
<b>Tabla 3-2:</b> Ubicación de la gestión de mantenimiento .....	7
<b>Tabla 4-2:</b> Recursos Gerenciales .....	8
<b>Tabla 5-2:</b> Gerencia de la información .....	8
<b>Tabla 6-2:</b> Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo .....	9
<b>Tabla 7-2:</b> Planificación.....	9
<b>Tabla 8-2:</b> Soporte, Calida y Moticación.....	10
<b>Tabla 9-2:</b> Tabla de resultados.....	10
<b>Tabla 10-2:</b> Factores de los costos de mantenimiento .....	16
<b>Tabla 11-2:</b> Niveles jerárquicos según Santiago García.....	19
<b>Tabla 12-2:</b> Niveles jerárquicos según Santiago García .....	20
<b>Tabla 13-2:</b> Modelo de Ficha Técnica .....	22
<b>Tabla 14-2:</b> Criterios para definir la criticidad .....	23
<b>Tabla 15-2:</b> Rango de estimación de la criticidad .....	23
<b>Tabla 16-2:</b> Estrategias de mantenimiento .....	24
<b>Tabla 17-2:</b> Tareas de mantenimiento según el modelo .....	28
<b>Tabla 18-2:</b> Tareas de mantenimiento .....	30
<b>Tabla 19-2:</b> Solicitud de mantenimiento.....	31

<b>Tabla 20-2:</b> Orden de trabajo .....	32
<b>Tabla 21-2:</b> Campos relevantes de la orden de trabajo .....	33
<b>Tabla 22-2:</b> Plan de mantenimiento .....	34
<b>Tabla 23-2:</b> Cronograma de mantenimiento .....	35
<b>Tabla 24-2:</b> Tipos de capacitación .....	35
<b>Tabla 1-3:</b> Información general de las personas encuestadas .....	38
<b>Tabla 2-3:</b> Encuesta 1 realizada al Jefe de compras .....	39
<b>Tabla 3-3:</b> Resultados de la evaluación .....	42
<b>Tabla 1-4:</b> Codificado de la ubicación .....	46
<b>Tabla 2-4:</b> Codificado de las áreas .....	46
<b>Tabla 3-4:</b> Codificado de los equipos .....	47
<b>Tabla 4-4:</b> Codificación de componentes de la cargadora 103 .....	47
<b>Tabla 5-4:</b> Codificación de componentes de la retroexcavadora 105 .....	48
<b>Tabla 6-4:</b> Ficha técnica de cargadora 103 .....	49
<b>Tabla 7-4:</b> Ficha técnica de la plataforma 135 .....	49
<b>Tabla 8-4:</b> Ficha técnica de cargadora .....	50
<b>Tabla 9-4:</b> Cálculo de la criticidad de la cargadora 103 .....	51
<b>Tabla 10-4:</b> Cálculo de la criticidad de la volqueta 113 .....	51
<b>Tabla 11-4:</b> Cálculo de la criticidad de la furgoneta 125 .....	51
<b>Tabla 12-4:</b> Aanalysis de criticidad .....	53
<b>Tabla 13-4:</b> Modelos de mantenimiento .....	53

<b>Tabla 14-4:</b> RCM abreviado de la cargadora 103.....	54
<b>Tabla 15-4:</b> Tareas de mantenimiento de la cargadora 103.....	56
<b>Tabla 16-4:</b> Tareas de mantenimiento de la excavadora 103 .....	57
<b>Tabla 17-4:</b> Mano de obra.....	58
<b>Tabla 18-4:</b> Logística de mantenimiento para la cargadora 103.....	59
<b>Tabla 19-4:</b> Logística de mantenimiento para la excavadora 103 .....	62
<b>Tabla 20-4:</b> Gamas de mantenimiento de la cargadora 103 .....	63
<b>Tabla 21-4:</b> Gamas de mantenimiento de la excavadora 103 .....	64
<b>Tabla 22-4:</b> Cálculo de las UOPS .....	65
<b>Tabla 23-4:</b> Cálculo de las de las semanas para el próximo mantenimiento.....	66
<b>Tabla 24-4:</b> Cronograma de mantenimiento para la cargadora 103 .....	67
<b>Tabla 25-4:</b> Cronograma de mantenimiento para la excavadora 103 .....	67
<b>Tabla 26-4:</b> Solicitud de trabajo para la cargadora 103 .....	68
<b>Tabla 27-4:</b> Orden de trabajo para la cargadora 103 .....	69

## LISTA DE ABREVIATURAS

CAO	CONSTRUCTORA Alvarado Ortiz
MC	Mantenimiento Correctivo
MP	Mantenimiento Preventivo
GMAO	Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador
EEM	Encuesta de Efectividad de Mantenimiento
RCM	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
MQ	Maquinaria
VP	Vehículo Pesado
VL	Vehículo Liviano
EC	Equipo Complementario



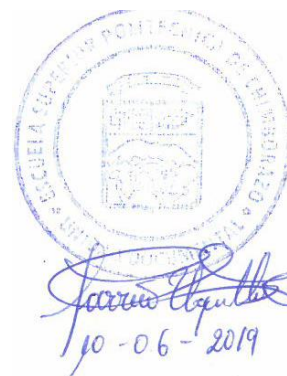
## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Encuesta 2 realizada al jefe de mantenimiento correctivo
- Anexo B:** Encuesta 3 realizada al jefe de mantenimiento preventivo
- Anexo C:** Encuesta 4 realizada al asistente de mantenimiento
- Anexo D:** Encuesta 5 realizada al jefe mecánico
- Anexo E:** Encuesta 6 realizada al jefe electromecánico
- Anexo F:** Encuesta 7 realizada al jefe de lubricación
- Anexo G:** Encuesta 8 realizada al jefe de soldadura
- Anexo H:** Inventario y codificación de los activos de la empresa
- Anexo I:** Ficha técnica de los activos de la empresa
- Anexo J:** Análisis de criticidad de los activos de la empresa
- Anexo K:** Modelos de mantenimiento de los activos de la empresa
- Anexo L:** Análisis RCM de los activos de la empresa
- Anexo M:** Tareas de mantenimiento para los equipos de la empresa
- Anexo N:** Logística para las tareas de mantenimiento de los equipos de la empresa
- Anexo O:** Gamas de mantenimiento
- Anexo P:** Cronograma de mantenimiento

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación se efectuó en la Empresa Alvarado Ortiz Constructores Cía. Ltda., de la ciudad de Ambato, misma que busca determinar la mejor propuesta alternativa de gestión del mantenimiento para el departamento de mantenimiento. Para esto, primero se realizó la evaluación de la gestión del mantenimiento, mediante la metodología de la Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (EEM); el resultado de la evaluación fue que la gestión se encontraba en la categoría “Nivel aceptable en mantenimiento”; así mismo se evidenció que el área con mayores oportunidades de mejora fue la de Planificación. Para mejorar la gestión se propone un Plan de Mantenimiento dirigida al área de Planificación, la que inicia con la realización del inventariado y codificación de los activos, seguido por el levantamiento de datos técnicos para llenar las fichas técnicas. En la siguiente fase, se desarrolló el análisis de la criticidad, esto se utilizó para determinar las estrategias y modelos de mantenimiento más adecuados para los equipos. Para seleccionar las tareas de mantenimiento se utilizó la metodología del RCM abreviado, con ella se analiza las fallas y modos de fallas, que permite determinar las tareas adecuadas y las frecuencias para cada equipo. A cada tarea se le asignó recursos necesarios para la logística de mantenimiento. Luego, las tareas fueron agrupadas en gamas para facilitar su gestión; finalmente, con la información obtenida se generó el cronograma de mantenimiento anual. La planificación realizada ayudó a gestionar eficientemente los recursos que dispone la empresa para reducir significativamente las paradas no programadas de los equipos. A su vez, se recomienda a la empresa utilizar un software de mantenimiento, ya que esta herramienta permite gestionar eficazmente el mantenimiento evitando los errores humanos.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA CIENCIA DE LA INGENIERA>, <GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO>, <EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO>, <EFICIENTE>, <PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO>, <MODOS DE FALLA>



## ABSTRACT

The present of the titling work was carried out at the Alvarado Ortiz Constructors Cía. Ltda., From Ambato city, which seeks to determine the best alternative maintenance management proposal for the maintenance department. For this, the evaluation of maintenance management was first carried out, using the methodology of Maintenance Effectiveness Survey (EEM); The result of the evaluation was that the management was in the category “Acceptable level in maintenance”; likewise, it was evident that the area with the greatest opportunities for improvement was Planning. In order to improve management, a Maintenance Plan is proposed to the planning area, which begins with the realization of the inventory and codification of the assets, followed by the collection of technical data to fill out the technical data sheets. In the next phase, the criticality analysis was developed, this was used to determine the most appropriate maintenance strategies and models for the equipment. To select the maintenance tasks, the abbreviated RCM methodology was used, with which failure modes are analyzed, which allows to determine the appropriate tasks and frequencies for each equipment. Each task was assigned necessary resources for maintenance logistics. Then, the tasks were grouped into ranges to facilitate their management; finally, with the information obtained, the annual maintenance schedule was generated. The Planning carried out helped to efficiently manage the resources available to the company to significantly reduce the unscheduled stops of the equipment. In turn, it is recommended that the company use maintenance software, as this tool allows efficient management avoiding human failure.

KEY WORDS: <SCIENCE TECHNOLOGY OF THE ENGINEERING>, <MAINTENANCE MANAGEMENT>, <MAINTENANCE EVALUATION>, <EFFICIENT>, <PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN>, <FAILURE MODES>



## INTRODUCCIÓN

Con la globalización de los mercados, las empresas en el mundo se han visto obligadas a cumplir con estándares de calidad internacionales que les permita ser competitivas a nivel regional, nacional e internacional. En Colombia, todas las organizaciones que deseen demostrar la calidad de sus productos o servicios, deben certificarse cumpliendo con los requisitos de la Norma ISO 9001. Para satisfacer los requerimientos que esta norma exige, es indispensable que las empresas cuenten con un apropiado plan de mantenimiento que les permita conservar sus equipos, herramientas e instalaciones en las mejores condiciones de funcionamiento. (Universidad Tecnológica de Pereira, 2010). El mantenimiento es de suma importancia ya que de él depende que los activos estén en óptimas condiciones para que la empresa pueda brindar los servicios que ofrece en los tiempos indicados. Por lo tanto, surge la necesidad de mantener la disponibilidad de los activos al máximo de sus capacidades. Para cubrir este aspecto se eligen estrategias de mantenimiento de acuerdo a la criticidad del equipo. Uno de los objetivos de elaborar un plan de mantenimiento preventivo es de reducir los trabajos de mantenimiento correctivo mediante la ejecución de tareas preventivas a periodos de tiempos predeterminados; esto nos asegura que la vida útil de los activos sea el adecuado. Las órdenes de trabajo y solicitudes de trabajo nos dan información para realizar el cálculo de los indicadores de mantenimiento. En la publicación de (Ventura, 2015), la gestión de maquinaria y equipos de construcción es una tarea difícil. Los responsables del equipo mecánico deben tomar decisiones técnicas y económicas complejas sobre el destino de las máquinas a su cargo. Estas decisiones incluyen temas relativos a adquisiciones, mantenimiento, reparaciones, reconstrucciones, eficiencias, costos, pronosticar las tasas de arrendamiento interno, disponibilidad, confiabilidad, reemplazos y bajas de activos. Las empresas constructoras de nivel internacional están inmersas en lo que se denomina El Mantenimiento de Clase Mundial, que significa tener políticas para realizar las labores cotidianas de trabajo con buenas prácticas tanto en el campo administrativo como en el campo técnico. En el mantenimiento de los equipos, existen dos indicadores muy evaluados, que son la Disponibilidad Mecánica (DM) y la Confiabilidad (R). Este trabajo trata temas relativos a las buenas prácticas del mantenimiento de equipos, así como el significado y forma de evaluar los indicadores mencionados.

# CAPÍTULO I

## 1.1 Antecedentes

La Constructora Alvarado Ortiz (CAO), dedicada a la construcción de proyectos viales, de infraestructura y obras civiles, fundada el 24 de abril de 1997 que con el arduo trabajo goza de amplia trayectoria, siendo una de las empresas constructoras más grandes del centro de país ha participado de diferentes proyectos públicos y privados, cumpliendo con su filosofía corporativa “construir con calidad, cumpliendo con las normas técnicas y dentro de los pasos contractuales”. (CAO, 2018)

El Departamento de Mantenimiento fue creado el mismo año de la fundación de la empresa en vista a las necesidades de tener la maquinaria en óptimas condiciones para poder ejecutar los contratos conseguidos en los plazos establecidos, por lo cual contrató un Ingeniero Mecánico para dirigir este departamento, años más tarde la empresa incremento su flota de maquinaria con lo cual se vio en la exigencia de crear dos áreas específicas para mantenimiento preventivo y correctivo, por lo cual contrató dos Ingenieros Automotrices para cubrir esas áreas y colaboren al gerente de mantenimiento.

## 1.2 Justificación

La Constructora Alvarado Ortiz (CAO) tiene 450 equipos entre maquinaria pesada y equipo liviano; para el mantenimiento de estos activos la empresa dispone del Departamento de Mantenimiento, el que se subdivide en cinco áreas específicas, las cuales son: electromecánica, mecánica hidráulica, suspensión, reparación de motores, lubricación y lavadora, herrería y soldadura, y área eléctrica, las mismas que tienen el objetivo de mantener en óptimas condiciones el funcionamiento de toda la maquinaria existente en la empresa.

En las prácticas pre profesionales realizadas en los meses de agosto a octubre, se pudo evidenciar que la forma de administración del departamento de mantenimiento, específicamente en lo referente a la planificación y programación del mantenimiento preventivo, la administración del mantenimiento y lo referente a los indicadores se los han estado llevando en parte una forma manual, y otra en herramienta informáticas como son Excel y Word, esto genera que no exista integridad en los datos, lo cual dificulta la

planificación, programación y obtención de los reportes gerenciales de mantenimiento. Ante la realidad y solicitud de la Empresa “CAO”, el presente trabajo de titulación pretende realizar la evaluación de la gestión del mantenimiento y con los resultados obtenidos plantear una propuesta alternativa para la correcta gestión del mantenimiento.

### **1.3 Objetivos**

1.3.1 *Objetivo general.* Desarrollar una propuesta alternativa de gestión del mantenimiento para el departamento de mantenimiento en la Empresa Constructora Alvarado Ortiz.

#### 1.3.2 *Objetivos específicos*

Evaluar la gestión del mantenimiento del departamento de mantenimiento

Plantear una propuesta alternativa de gestión del mantenimiento.

Capacitar al personal de mantenimiento sobre la alternativa de gestión del mantenimiento.

## CAPÍTULO II

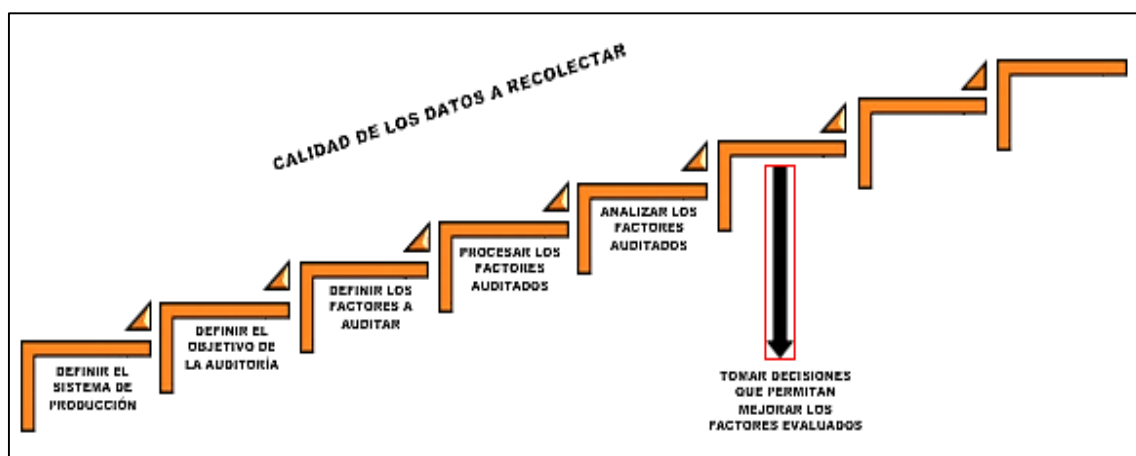
### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Auditorías de la gestión del mantenimiento.

La norma (ISO-19011, 2011), define a la auditoría como “un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría”.

(CRESPO, 2012) explica que, el proceso de implantación de una auditoría debe pasar por un conjunto de etapas siguiendo un orden lógico específico, en la figura 1-2, se presenta un procedimiento básico de implantación de una auditoría.

**Figura 1-2.** Procedimiento general de implantación de una auditoría.



Fuente: Crespo, 2018

Realizado por: Henry Medina

Las auditorías de mantenimiento, deben tener como objetivo principal el evaluar los procesos más importantes de la gestión del mantenimiento, de tal forma que uno de los aspectos de mayor relevancia en el desarrollo de una auditoría de mantenimiento, está relacionada con la definición de los objetivos claves a ser auditados. A continuación, se observa algunos de los objetivos claves más comunes del área de mantenimiento (CRESPO, 2012; pp. 40).

- Garantizar valores aceptables de riesgo operacional de los activos de producción, reduciendo la probabilidad de presencia de fallos (mejorando la fiabilidad), y/o

minimizando las consecuencias de los fallos sobre las operaciones, la seguridad y el ambiente.

- Recuperar de forma rápida y eficiente la tolerancia de los sistemas, una vez que se ha producido la interrupción de la función (mejorando la mantenibilidad).
- Optimizar la continuidad operacional (mejorando la disponibilidad), con el objetivo de maximizar el desempeño económico de los activos a lo largo de su ciclo de vida útil (mejorando el nivel de costes).

Identificados los objetivos claves de proceso de gestión del mantenimiento, se ubican las áreas de mayor oportunidad a ser evaluadas dentro de la auditoría, de una manera general, se detallan algunos actores que se deben considerar en la evaluación de la gestión de mantenimiento. (CRESPO, 2012; pp. 40).

- Recursos Gerenciales
- Sistemas de manejo de la información
- Tecnologías aplicadas al mantenimiento preventivo y predictivo
- Procesos de planificación y estimación
- Control de calidad en mantenimiento
- Procesos de soporte (logística, inventarios)
- Planificación de paradas de plantas
- Integración entre Mantenimiento y Producción
- Metodologías de Ingeniería de Fiabilidad

Aspectos de motivación y comunicación, etc. En resumen, según (CRESPO, y otros, 2012), las características más importantes que se deben considerar en una auditoría orientada a evaluar los diferentes procesos de gestión son:

- Deben ser capaces de permitir que se tomen decisiones con datos cualitativos y/o cuantitativos
- Deben ser capaces de evaluar los factores que agreguen el mayor valor agregado al negocio.
- Deben combinar el lenguaje de económico (finanzas) con el lenguaje técnico (ingeniería)
- Su aplicación ha de ser rápida y de fácil implantación
- Las complicaciones matemáticas han de manejarlas los ordenadores.



- Los resultados del análisis de los factores auditados, deben generar acciones que permitan conseguir los objetivos estratégicos del negocio y maximizar la rentabilidad de los activos de producción.

2.1.1 *Técnicas para auditar la gestión del mantenimiento.* Para realizar una auditoría de la gestión del mantenimiento (CRESPO, y otros, 2012) nos dicen que existen varias técnicas que se puede utilizar, a continuación, en la tabla 1-2, se detalla varios de los modelos.

**Tabla 1-2.** Técnicas de auditoría para evaluar los procesos de gestión de mantenimiento.

Técnica	Criterios y/o áreas	Aplicación	Complejidad	Técnica de evaluación
Matriz Cualitativa de Excelencia de Mantenimiento (MCEM)	Aptitud gerencial, status de la organización de mantenimiento, costos totales de mantenimiento/costos totales de producción, formas de resolver los problemas, calificaciones y adiestramiento del personal de mantenimiento.	Para organizaciones medianas y grandes.	Estructurado por 105 ítems, de ejecución ágil y corta	Modelo de lista de control por puntuación
Maintenance Effectiveness Survey (MES), (Propuesto por Marshall Institute)	Recursos gerenciales, gerencia de la información, equipo y técnicas del mantenimiento preventivo, planificación, ejecución, soporte, calidad y motivación	Para grandes industrias con aplicaciones informáticas GMAO	Estructurada por 60 preguntas, de extenso análisis	Modelo de lista de control por puntuación
Maintenance World Class Survey (MWCS)	Organización, clima laboral, medios de soporte técnico para el mantenimiento, planes de mantenimiento, relación entre el mantenimiento programado y correctivo, procedimiento para la ejecución del mantenimiento, órdenes de trabajo – herramientas informáticas, manejo de repuestos para mantenimiento, manejo de indicadores técnicos de mantenimiento.	Se recomienda aplicar con una población grande de auditados	Muy fácil y corta ya que consiste en una matriz de 5x7 de elección	Método de escala por factor o lineales
RENOVETEC (Propuesto por Santiago Garrido García)	Organigrama de mantenimiento, cualificación y rendimiento del personal de mantenimiento, el plan de mantenimiento, el mantenimiento correctivo y su gestión, herramientas y medios técnicos, gestión del repuesto, procedimientos, la gestión de la información y resultados.	Departamentos con Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), contratación de seguros de maquinarias y definición de contratistas.	Cuenta con 122 puntos de preguntas, se necesita disponer de información técnica disponible para analizar	Método de escala de grados por factor.

Fuente: CRESPO, y otros, 2012

Realizado por: Medina Henry, 2018

2.1.2 *Metodología de la técnica MES.* Esta “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (EEM)”, por sus términos en inglés “Maintenance Effectiveness Survey (MES)”, está

enfocada para empresas grandes; consiste en la realización de 60 preguntas, dirigidas a 5 áreas del Departamento, como nos indican (CRESPO, y otros, 2012) en su libro:

- Recursos Gerenciales
- Gerencia de la información
- Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo
- Planificación y ejecución
- Soporte, Calidad y Motivación

Al evaluar estas áreas de la empresa, la organización puede evidenciar las áreas que permitirán realizar mejoras, con el enfoque de mejora continua, reduciendo costos e incrementando la disponibilidad de los equipos. El cuestionario está destinado para la Gerencia, Operaciones, Supervisión y Mantenimiento, siendo recomendable que el cuestionario se lo realice a un mínimo de ocho personas para que los resultados sean confiables.

2.1.2.1 *Método de valoración*: La manera de calificar las áreas evaluadas de la empresa, consiste en que las personas designadas contesten 12 preguntas que han sido destinadas para cada área, dando puntajes con una escala del 1 al 5 para cada pregunta, como se indica en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Calificación de las áreas evaluadas.

Escala	Interpretación de escala
1	No cumple
2	Deficiente
3	Regular
4	Buena
5	Excelente

Fuente: CRESPO, y otros, 2012

Realizado por: Medina Henry, 2018

Las puntuaciones máximas y mínimas que se pueden obtener son:

- Puntuación máxima: cada área podrá alcanzar como máximo 60 unidades; cómo se evalúan 5 áreas, el total de puntos que puede alzar la gestión de mantenimiento de la empresa será de 300 unidades.
- Puntuación mínima: cada área podrá alcanzar como mínimo 12 unidades; cómo se evalúan 5 áreas, el total de puntos que puede alzar la gestión de mantenimiento de la empresa será de 60 unidades.

La suma total de las puntuaciones de cada una de las áreas evaluadas se promedia para el número de encuestados, con este resultado se estima la categoría en la que se halla la gestión del mantenimiento, en función de los siguientes rangos, como se muestra en la tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Categoría de la gestión del mantenimiento.

Rango según la puntuación total	Categoría
261-300	Nivel de excelencia en mantenimiento
201-260	Nivel de buenas prácticas de mantenimiento
141-200	Nivel aceptable en mantenimiento
81-140	Nivel no muy bueno de mantenimiento
Menos de 80	Nivel muy malo en mantenimiento

Fuente: CRESPO, y otros, 2012

Realizado por: Medina Henry, 2018

2.1.2.2 *Banco de preguntas según las áreas a evaluar:* El siguiente banco de 60 preguntas, que vemos en las tablas, están distribuidos en cada una de las áreas de la empresa, basadas en la técnica de evaluación que se mencionó anteriormente, esto quiere decir que se realizó algunos ajustes en las preguntas acorde a los requerimientos de las áreas a evaluar, mas no el número de preguntas, para de esta manera no alterar el modelo de evaluación elegido. Ver tablas 4-2 a 8-2

**Tabla 4-2:** Recursos gerenciales.

Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
1	¿Usted siente que mantenimiento está dotado de infraestructura y equipos para realizar su trabajo?					
2	¿La estructura organizativa del mantenimiento es favorable al cumplimiento de las tareas de mantenimiento?					
3	¿La gerencia establece que mantenimiento colabore con producción para alcanzar las metas?					
4	¿La gerencia establece a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de las actividades?					
5	¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver problemas que afecten a ambos departamentos?					
6	¿La gerencia promueve a que personal de mantenimiento (mecánico, electricista, operadores, etc.), trabajen en conjunto para resolver problemas?					
7	¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?					
8	¿El personal en general recibió adiestramiento adecuado en sus áreas de trabajo (inducción).					
9	¿El personal de mantenimiento recibe capacitaciones para actualizar sus conocimientos técnicos de mantenimiento?					
10	¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?					
11	¿La gerencia revisa y da seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?					

**Tabla 4-2(Continuación): Recursos gerenciales.**

12	¿Los objetivos de mantenimiento están alineados con los objetivos de la empresa?					
<b>Puntuación total por criterio</b>						

Fuente: CRESPO, y otros, 2012

Realizado por: Medina Henry, 2018

**Tabla 5-2: Gerencia de la información.**

<b>Preguntas a evaluar</b>		1	2	3	4	5
13	¿El departamento de mantenimiento tiene manuales de todos los equipos existentes?					
14	¿Están los catálogos de cada equipo de la empresa identificado y codificado, acorde a la codificación del equipo?					
15	¿Está cada equipo de la empresa identificado y codificado?					
16	¿El departamento de mantenimiento genera órdenes y solicitudes de trabajo?					
17	¿Tienen todos los equipos planes de mantenimiento?					
18	¿Se realizan planificaciones para ejecutar el Mantenimiento Preventivo?					
19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?					
20	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?					
21	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?					
22	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?					
23	¿Tienen el inventario de repuestos de los equipos críticos?					
24	¿El departamento de mantenimiento se compara con otros departamentos de mantenimiento para medir su desempeño ("Benchmarking")?					
<b>Puntuación total por criterio</b>						

Fuente: CRESPO, y otros, 2012

Realizado por: Medina Henry, 2018

**Tabla 6-2: Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo.**

<b>Preguntas a evaluar</b>		1	2	3	4	5
25	¿El departamento de mantenimiento utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?					
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, aumento/descenso, necesidades de capacitación, etc.?					
27	¿El departamento de mantenimiento tiene personal exclusivo para las tareas de MP?					
28	¿Los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?					
29	¿El departamento de mantenimiento utiliza técnicas de mantenimiento predictivo?					
30	¿La gerencia de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?					
31	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas?					
32	¿El departamento de mantenimiento tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?					
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de nuevos equipos?					
34	¿Se capacita al personal para el uso correcto de nuevos equipos?					

**Tabla 6-2(Contiguación): Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo.**

35	¿Se capacita al personal que va a mantener los nuevos equipos?					
36	¿El departamento de mantenimiento da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y operación, a lo largo del ciclo de vida de los activos?					
<b>Puntuación total por criterio</b>						

Fuente: CRESPO, y otros, 2012

Realizado por: Medina Henry, 2018

**Tabla 7-2: 4- Planificación.**

Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
37	¿Son prioridades las tareas de mantenimiento correctivo/preventivo?					
38	¿El departamento utiliza las OT para las actividades correctivas?					
39	¿Se da seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?					
40	¿El departamento asigna y controla las horas asignadas para las actividades de mantenimiento?					
41	¿El departamento desarrolla los procedimientos a seguir para la ejecución de las actividades de mantenimiento?					
42	¿Es el personal de mantenimiento asignado a las actividades de mantenimiento según sus conocimientos y habilidades?					
43	¿Existe un cronograma de actividades de mantenimiento planificadas?					
44	¿El departamento utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores ("shutdowns, overhauls")?					
45	¿La empresa utiliza contratistas calificados para realizar labores de mantenimiento ("outsourcing")?					
46	¿La empresa participa en la designación de actividades y la estimación de los tiempos de ejecución de los contratistas?					
47	¿Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y producción) que tiene el sistema sobre el cual se va a ejecutar el mantenimiento?					
48	¿Se define el cambio crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?					
<b>Puntuación total por criterio</b>						

Fuente: CRESPO, y otros, 2012

Realizado por: Medina Henry, 2018

**Tabla 8-2: Soporte, Calida y Moticación.**

Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
49	¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar las actividades de mantenimiento?					
50	¿Da bodega una respuesta eficiente a las solicitudes de repuestos?					
51	¿Se lleva un registro de salida y retorno de los elementos de los equipos llevados a los contratistas para mantenimiento correctivo?					
52	¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en el almacén?					
53	¿Se tiene identificación de los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?					
54	¿El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento está por encima de criterio de rapidez?					
55	¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas?					
56	¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?					

**Tabla 8-2(Continuación): Soporte, Calida y Moticación.**

57	¿Tiene la empresa un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?							
58	¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la empresa (económico-motivacional)?							
59	¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?							
60	¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?							
<b>Puntuación total por criterio</b>								

Fuente: CRESPO, y otros, 2012

Realizado por: Medina Henry, 2018

### 2.1.2.3 Modelo de análisis de resultados.

**Tabla 9-2:** Tabla de resultados.

TABLA DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN		PUNTAJE TOTAL POR ÁREAS DE CADA ENCUESTA								TOTAL DE LAS PUNTUACIONES POR ÁREA	LÍMITE DE REFERENCIA	PUNTAJE MÁXIMO
		1	2	3	4	5	6	7	8			
ÁREAS EVALUADAS	RECURSOS GERENCIALES											
	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN											
	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO											
	PLANIFICACIÓN											
	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN											
SUMA TOTAL =												
RESULTADO												
CATEGORÍA ACTUAL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO SEGÚN EL RANGO DE ESTIMACIÓN												

Fuente: CRESPO, y otros, 2012

Realizado por: Medina Henry, 2018

## 2.2 Gestión del mantenimiento.

Gestión del mantenimiento son todas las actividades que determinan los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del mantenimiento y la implantación de dichas actividades por medios tales como la planificación del mantenimiento, el control del mismo y la mejora de las actividades de mantenimiento y las económicas (UNE EN 13306, 2011).

El Mantenimiento es de vital importancia y debe ser gestionado adecuadamente para que una empresa sea competitiva tanto nacional como internacionalmente, muchos factores

promueven a realizar la mejora de la gestión del mantenimiento como: La reducción de costos en la producción de un bien o la realización de un servicio, proteger el medio ambiente y evitar sanciones legales, precautelar la seguridad del personal de trabajo y de los clientes.

2.2.1 *Proceso de la gestión del mantenimiento.* El proceso de gestión del mantenimiento se divide en dos partes (PARRA, y otros, 2015):

- a) La definición de la estrategia de mantenimiento.
- b) La implementación de la estrategia de mantenimiento.

La primera requiere la definición de los objetivos de mantenimiento como entrada del mismo. Obviamente, estos provienen directamente del plan de negocio de la organización en cuestión. Diseñar estrategias de mantenimiento que estén alineadas con los planes de negocio es un aspecto clave y condiciona la consecución de los objetivos del mantenimiento y en última instancia los referidos en el plan de negocio de la organización.

La segunda parte del proceso, la implementación de la estrategia tiene un distinto nivel de importancia y va de acuerdo con nuestra habilidad para asegurar niveles adecuados de formación del personal, de preparación de los trabajos, con la selección de las herramientas adecuadas para realizar las diferentes tareas según (PARRA, y otros, 2015).

En la figura 2-2, se sintetiza el modelo de procesos de la gestión de mantenimiento en las fases que una organización debe adoptar.

2.2.1.1 *Eficacia y eficiencia de la gestión del mantenimiento:* En su libro (PARRA, y otros, 2015), nos dice que, la primera y segunda parte en la que dividimos el proceso de gestión de mantenimiento tiene que ver con la eficacia y eficiencia de la gestión respectivamente.

La primera parte del proceso de gestión de mantenimiento, nos dice que, la eficacia muestra la bondad con que un departamento o función consigue los objetivos impuestos en base a las necesidades de la empresa.

La eficacia de la gestión se concentra entonces en lo correcto de los procesos que se emprenden y en que los procesos produzcan el resultado esperado de los mismos. Por esta

razón la eficacia de la gestión de mantenimiento nos permitirá minimizar los costos indirectos de mantenimiento, los que están relacionados con las pérdidas de producción y en última instancia con la insatisfacción del cliente.

La segunda parte en que hemos dividido el proceso de gestión de mantenimiento tiene que ver con la eficiencia de nuestra gestión, que no debería ser menos importante que la primera (garantizar la eficacia de la misma) para la organización.

Eficiencia es actuar o producir con el mínimo esfuerzo, minimizando derroche o desperdicio de recursos, y los gastos asociados a los mismos. Si logramos mejoras en esta segunda parte del proceso de gestión, nos permitirán minimizar los costes directos de mantenimiento, es decir realizar un servicio de mantenimiento de igual o mejor calidad a costes más competitivos.

En resumen; la eficacia es conseguir los objetivos que una empresa se plantea alcanzar en un plazo determinado, realizando los procesos adecuados para obtener los resultados esperados, y de este modo reducir los costos indirectos de mantenimiento; por otro lado; eficiencia es producir con un menor esfuerzo, minimizando los recursos y gastos de producción, para así reducir los costos directos de mantenimiento; es decir la eficiencia garantiza la eficacia de la gestión de mantenimiento, ver la figura 2-2.

*2.2.2 Objetivos de la gestión del mantenimiento:* El cambio de estrategias para realizar la gestión del mantenimiento y la importancia que esta tiene al querer que se cumpla con los objetivos, misión y visión de la empresa, y que sea cada día más competitiva y eficiente. En los departamentos de mantenimiento según (GARCÍA, 2003), explica que “es necesario definir políticas, formas de actuación, es necesario definir objetivos y valorar su cumplimiento, e identificar oportunidades de mejora”.

La norma (UNE EN 13306, 2011), define a los objetivos de mantenimiento son “metas asignadas y aceptadas para las actividades de mantenimiento”, y como nota añade que estas metas son mejorar la disponibilidad, reducir los costes, mejorar la calidad del producto, proteger el medio ambiente y mejorar la seguridad. Ver la figura 2-2.

### **2.3 Recursos necesarios para la gestión del mantenimiento.**

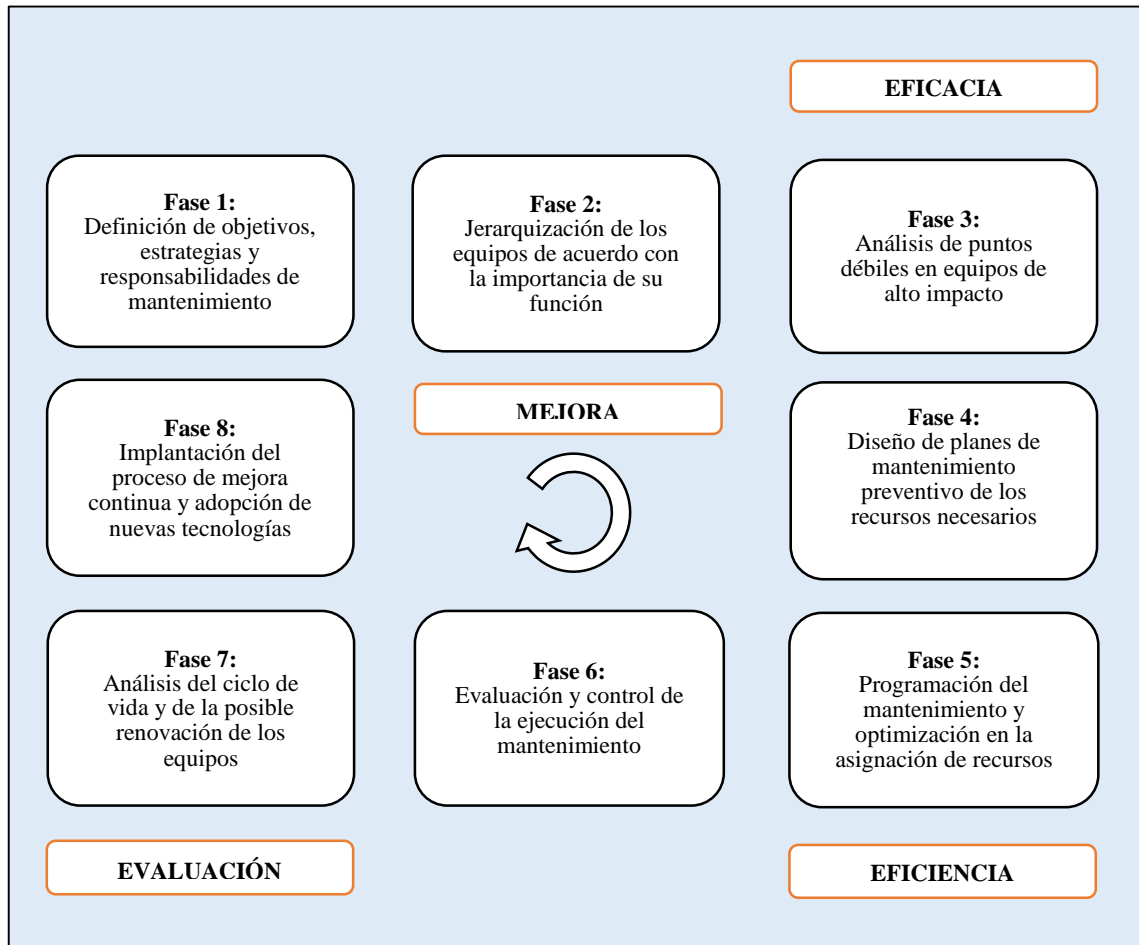
*2.3.1 Recursos humanos.* El desarrollo de la técnica ha permitido sustituir tareas de producción que habitualmente realizaban las personas por procesos automáticos. En



mantenimiento, sin embargo, la técnica no ha podido eliminar al mismo nivel el componente humano en las reparaciones.

La técnica permitirá mejorar las herramientas y útiles de trabajo, así como la información para la detección de averías, pero en cualquier caso, deberá ser una persona la que realice la reparación (NAVARRO, 1997; pp. 67).

**Figura 2-2:** Modelo de proceso de gestión del mantenimiento.



Fuente: Parra, 2015  
 Realizado por: Medina Henry, 2018

En los años 60-70, por cada dólar que se gastaba en mano de obra, se gastaba dos dólares en materiales y repuestos, lo cual hacía que la optimización se centre en los materiales, ya que en el intento de reducir los repuestos hacía que disminuya el intento de reducción de personal. Hoy en día es lo opuesto, ya que por cada dólar gastado en repuestos los departamentos de mantenimiento gastan dos dólares en mano de obra. Por lo expuesto se considera hoy en día que el recurso humano es la pieza más importante, y en la que debemos centrarnos más para encontrar el ahorro y que las empresas sean más competitivas (GARCÍA, 2003; pp. 131).

2.3.2 *Recursos materiales.* En el Manual de Ingeniería de Calidad de (MÁRQUES, 2010), se consideran dos puntos importantes para gestionar los recursos materiales que son:

2.3.2.1 *Actividad:* De acuerdo a los planes y programas establecidos, se procede a coordinar con el proceso de compras la adquisición de materiales, equipos o servicios necesarios, realizando actividades como las siguientes:

- a) Definición de requerimientos.
- b) Especificaciones para la compra.
- c) Planificación de compras.
- d) Solicitud y seguimiento de las compras.

2.3.3 *Recursos financieros.* En los recursos financieros se consideran varios factores los cuales forman parte de los gastos y costos que se realizar para la gestión del mantenimiento.

2.3.3.1 *Elementos de costos:* La gestión de recursos financieros se centra en los presupuestos y los costos asociados al mantenimiento, y estos están asociados a los recursos humanos, materiales para actividades, equipos. (MÁRQUES, 2010)

Un presupuesto de mantenimiento bien elaborado sirve de instrumento de control, pero no corregirá las deficiencias del mantenimiento. Estas solo son mejoradas con una buena planificación y programación. Considerando que es importante que los equipos tengan una alta disponibilidad a un bajo costo como sea posible, debemos tomar en cuenta otros factores que se indican en la tabla 10-2, los cuales son:

La importancia de analizar los costos de mantenimiento tiene como fin encontrar estrategias que ayuden a reducirlos al mínimo, e incrementar las ganancias de la empresa.

## **2.4 Gestión de la información.**

En su artículo publicado (AJA, 2002), dice que: “La información es un elemento fundamental para el desarrollo, con el transcurso de los años, la gestión de la información ocupa, cada vez más, un espacio mayor en la economía de los países a escala mundial.”

Para gestionar la información que se genera en el departamento de mantenimiento, hay

que diferenciar el tipo de documentación que existe, para seleccionar el método más apropiado de recopilación de los datos. La información debe estar correctamente ordenada, porque, es necesaria para la toma de decisiones (GARCIA, 2003), como se indica en la figura 3-2.

**Tabla 10-2:** Factores de los costos de mantenimiento.

<b>Personal</b>	Directos	Salarios y comisiones
	Indirectos	Recargos sociales y beneficios (transporte, alimentación, seguro médico, seguro odontológico, habitación, recreación, deportes, auxilio de capacitación, etc.).
	Administrativos	Rateo de los gastos de las áreas de recursos humanos y capacitación, en función de la cantidad de empleados del órgano de mantenimiento.
<b>Material</b>	Directos	Costo de reposición del material.
	Indirectos	Capital inmovilizado, costo de energía eléctrica, almacenaje (instalaciones), agua y personal del depósito.
	Administrativos	Rateo de los gastos de las áreas de compra y administración de material, en función del tiempo de ocupación del personal para la atención al área de mantenimiento.
<b>Contratación</b>	Directos	Costos de los contratos (permanentes y eventuales).
	Indirectos	Servicios y recursos utilizados por terceros costeados por la empresa (transporte, alimentación, instalaciones, etc.).
	Administrativos	Rateo de los gastos de las áreas de administración de contratos, financiera contable, en función de la implicación con los contratos del área de mantenimiento
<b>Depreciación</b>	Directos	Costos de reposición
	Indirectos	Capital inmovilizado
	Administrativos	Rateo de los gastos de las áreas de contabilidad, control de patrimonio y compra en el levantamiento, acompañamiento y adquisición de máquinas y herramientas para el área de mantenimiento.
<b>Perdida por facturación.</b>	Directos	Pérdida de producción.
	Indirectos	Pérdida de materia prima, pérdida de calidad, devolución, re-proceso.
	Administrativos	Rateo de los gastos de las áreas de control de calidad, ventas, marketing y jurídica en función de la implicación debida a mantenimiento.

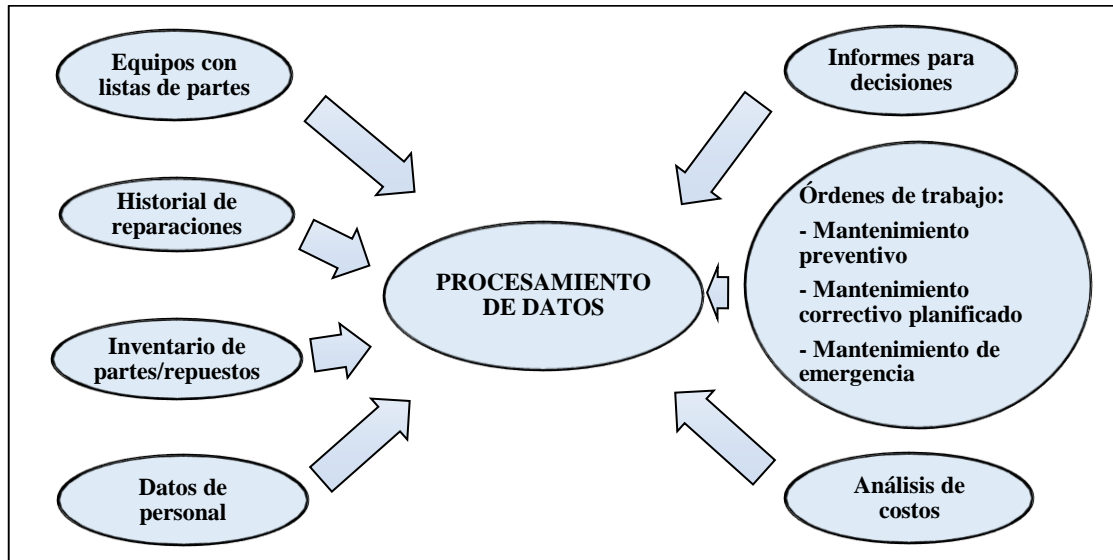
Fuente: Tavares, 2014

Realizado por: Medina Henry, 2018

La información se genera a partir de la organización de los datos que se recolectan de las paradas de todos los equipos de las plantas, es decir, los datos no son información, son una serie de apuntes registrados por el personal operativo, o técnico de mantenimiento encargados de las distintas áreas de producción, como se mencionó, los datos se convierten en información después de que se han ordenado correctamente. Para gestionar esta información, se pueden utilizar programas computarizados, para ayudar a realizar

cálculos y facilitar la organización y gestión, se convierte en un problema más para el departamento de mantenimiento (GARCIA, 2003).

**Figura 3-2:** Sistema de gestión de la información.



Fuente: Márquez, 2010

Realizado por: Medina Henry, 2018

## 2.5 RCM abreviado

El proceso del RCM abreviado cuenta con pasos similares que el proceso completo, difiriendo en varios pasos para realizar un análisis rápido para desarrollar una estrategia de gestión de mantenimiento alternativa.

En su libro (GARCIA, 2003), nos dice que las fases del modelo RCM son:

- Determinación de los fallos funcionales y técnicos de los sistemas de cada equipo.
- Determinar los modos de fallos funcionales y técnicos.
- Estudios de las consecuencias de los fallos, clasificación de fallos a evitar y fallos a amortiguar.
- Determinación de medidas preventivas que eviten o amortigüen los efectos de los fallos.
- Selección de las tareas de mantenimiento.
- Determinación de las frecuencias óptimas para cada tarea.
- Agrupación de las tareas en rutas y gamas de mantenimiento, y elaboración del plan inicial del mantenimiento.
- Puesta en marcha de las rutas y gamas, y correcciones al plan inicial.

- Redacción de procedimientos de realización de rutas y gamas.

2.5.1 *Inventario técnico y codificación.* Para un adecuado manejo de la información de una empresa es necesario contar con un listado de los activos con su respectiva codificación que brinden su rápida identificación y ubicación.

2.5.1.1 *Inventario técnico:* Poseer un listado de las máquinas de una empresa con varios datos técnicos sobre ellas, no es de gran ayuda para mantenimiento, por lo que, es necesario que existan niveles jerárquicos que muestren el “nivel de subdivisión de un ítem desde el punto de vista de una acción de mantenimiento” (ISO 14224, 2016). Teniendo 9 divisiones que se presentan en la figura 4-2.

La norma (ISO 14224, 2016) indica que del nivel 6 al 9 se hallan relacionados con el equipo y sus posibles subdivisiones inferiores, la información manejada sirve para realizar el inventario y codificación.

Los 9 niveles presentados son aplicables a cualquier industria, de los cuales 6 son tomados en el libro de (GARCIA, 2003), y se indican en la tabla 11-2:

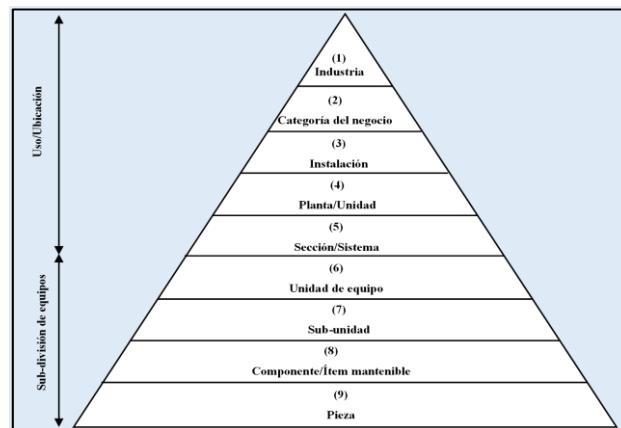
**Tabla 11-2:** Niveles jerárquicos según Santiago García.

Nivel	Nombre	Descripción
1	Planta	Espacio físico donde se realizar el trabajo
2	Área	Espacio físico de la planta con características definidas
3	Equipo	Componentes de un área
4	Sistema	Agrupación de elementos que poseen una función común dentro de un equipo
5	Elemento	Cada parte que conforman el sistema
6	Componente	Partes en las cuales se subdivide un elemento

Fuente: García Garrido, 2010

Realizado por: Henry Medina, 2018

**Figura 4-2:** Niveles Jerárquicos.



Fuente: ISO 14224, 2016

Realizado por: Henry Medina, 2018

Para la recolección de datos, García plantea un modelo de formato que se visualiza en la tabla 12-2.

2.5.1.2 *Codificación*: Explica (GARCIA, 2003) que: “todos los equipos deben estar dotados de un código que los identifique. Esto permite relacionarlos en un plano, crear órdenes de trabajo sobre ellos, asignarles documentación técnica, etc.” Como se muestra en la figura 5-2. A su vez, se usan sistemas de codificación alfabéticos, numéricos y alfanuméricos, ver la figura 6.2. El uso de codificaciones muy extensas solo hará más lenta la gestión de mantenimiento.

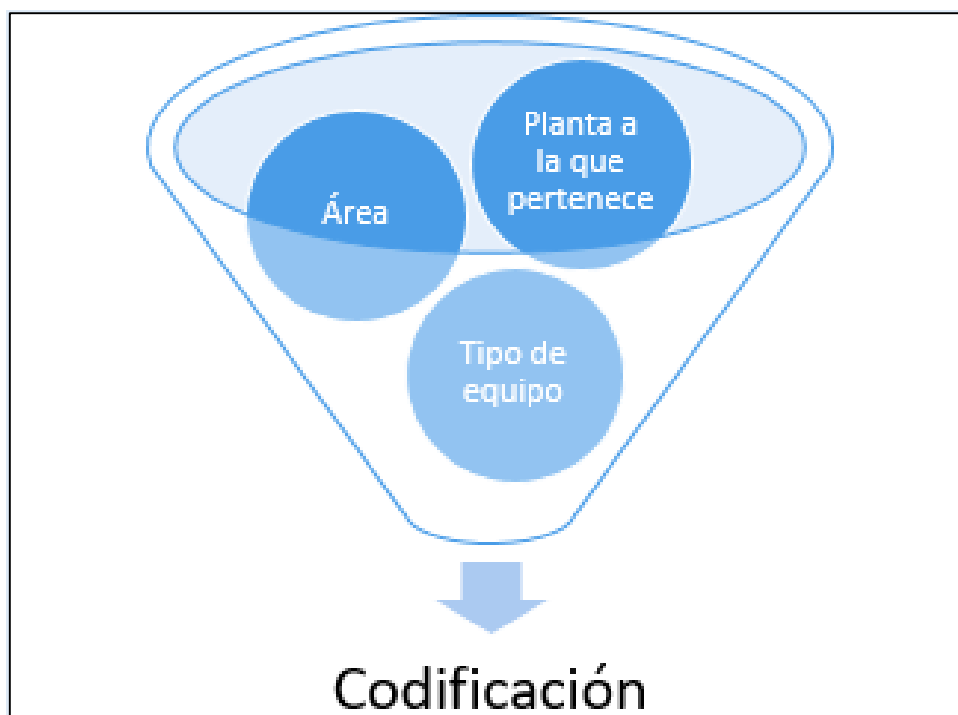
**Tabla 12-2:** Niveles jerárquicos según Santiago García.

INVENTARIO			
EMPRESA:		PLANTA:	
Nivel 1 (Ubicación)	Nivel 2: (Área)	Nivel 3: (Equipos)	Nivel 4: (Componentes)

Fuente: García Garrido, 2010

Realizado por: Henry Medina, 2018

**Figura 5-2:** Información presente en un código.

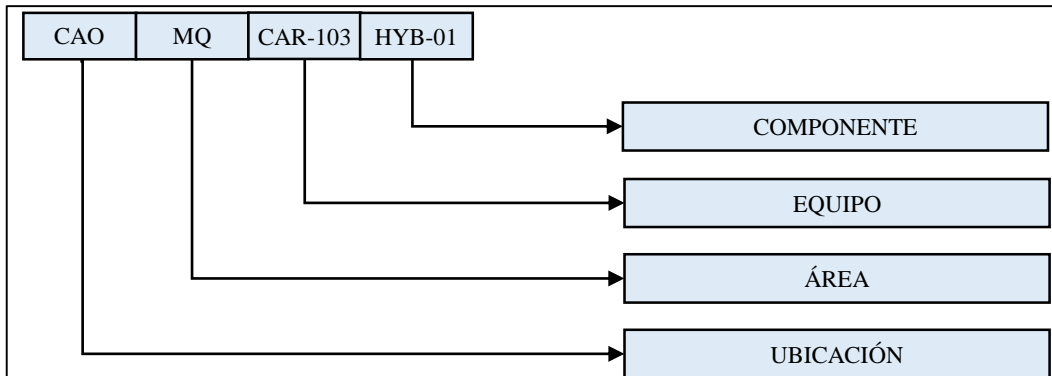


Fuente: García Garrido, 2010

Realizado por: Henry Medina, 2018

2.5.2 *Ficha técnica.* Expone (GARCIA, 2003) acerca de la ficha de equipos como un documento donde se registran datos como: código de equipo, fotografía, peso, dimensiones, modelo, número de serie, etc. La información recopilada cambia dependiendo del tipo de industria.

**Figura 6-2:** Código completo.

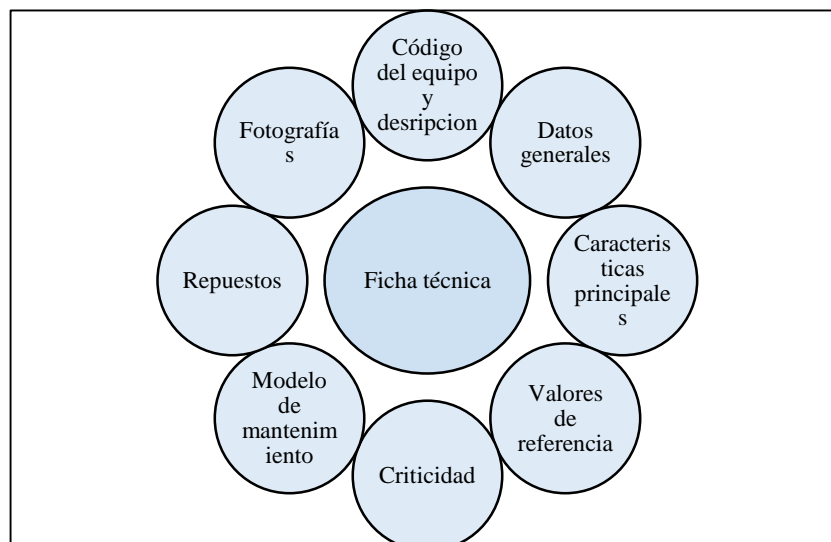


**Fuente:** García Garrido, 2003

**Realizado por:** Medina Henry, 2018

La información de la ficha técnica ayuda a calcular el presupuesto donde se detallan materiales, repuestos y contratos con empresas externas de mantenimiento, además, sirve como soporte para la elaboración de planes de capacitación para cubrir las necesidades sobre el manejo de nuevos equipos. Ver la figura 7-2.

**Figura 7-2:** Información presente en una ficha técnica.



**Fuente:** García Garrido, 2010

**Realizado por:** Henry Medina, 2018

Para recopilar los datos para la ficha técnica, existen varios modelos como se indica en la tabla 13-2.

2.5.3 *Análisis de criticidad.* Los equipos dentro de una organización necesitan tener una intervención de mantenimiento a una frecuencia establecida, pero existen activos que son más importantes que otros, por lo cual, dice (GARCIA, 2003) que “los recursos de una empresa son limitados, debido a esta razón se debe destinar la mayor parte de estos a los equipos más importante dejando una mínima cantidad a los equipos que influyen menos en la organización”.

**Tabla 13-2:** Modelo de ficha técnica

<b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>MARCA:</b>		<b>MODELO:</b>	
<b>CÓDIGO:</b>		<b>TIPO DE VEHÍCULO:</b>	
<b>No. DE CHASÍS:</b>		<b>TIPO DE COMBUSTIBLE:</b>	
<b>No. DE MOTOR</b>		<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>	
<b>PLACA:</b>		<b>CONDUCTOR</b>	
<b>DIMENSIONES Y CAPACIDADES</b>			
<b>LARGO, m:</b>	<b>ANCHO, m:</b>		<b>ALTO, m:</b>
<b>PESO, Ton:</b>	<b>NÚMERO DE NEUMÁTICOS:</b>		<b>RIN NEUMÁTICOS:</b>

Fuente: García Garrido, 2010

Realizado por: Henry Medina, 2018

El autor (GARCIA, 2003), describe 3 niveles de criticidad:

- A) Activos críticos: Son aquellos que afectan significativamente al flujo de producción de una empresa cuando entran en fallo.
- B) Activos importantes: son aquellos que sus fallas o mal funcionamiento afectan de manera asumible a la empresa.
- C) Activos prescindibles: son los cuales afectan en un mínimo el flujo de producción cuando ocurre un fallo en ellos.

2.5.3.1 *Fórmula para calcular la criticidad es:* Para calcular la criticidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia de fallas} * \text{consecuencia}$$

De donde la frecuencia de fallas es el número de fallos en un periodo de tiempo dado, mientras que la consecuencia se calcula mediante la siguiente expresión:



$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto Producción} * \text{Flexibilidad}) + \text{Costos de mantenimiento} \\ + \text{costos de seguridad y medio ambiente}$$

En la tabla 14-2 se indican los valores requeridos para las dos fórmulas:

**Tabla 14-2:** Criterios para definir la criticidad

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor numérico</b>
<b>Frecuencia de Fallas</b>	Baja (más de 2 fallas/año)	4
	Media (1 falla al año)	3
	Buena (1 falla cada 2 años)	2
	Excelente (1 Falla cada 3 años o más)	1
<b>Impacto operacional</b>	Perdida Grave	10
	Parada el sistema y afecta a otros	7
	Impacto al inventario o calidad	4
	Ninguna afectación	1
<b>Flexibilidad operacional</b>	No existe opción de producción o función de repuesto	4
	Hay opción de repuesto compartido	3
	Función de repuesto disponible	2
<b>Costos de mantenimiento</b>	Mayor a \$5.000	2
	Menor a \$5.000	1
<b>Impacto a la seguridad y medio ambiente</b>	Afecta a la seguridad humana externa e interna	8
	Afecta al medio ambiente e instalaciones	7
	Afecta a instalaciones causando daños severos	5
	Provoca daños menores al ambiente	3
	No hay daños a personas, instalaciones, ni al ambiente	

Fuente: Praxis 2, 2018

Realizado por: Medina Henry, 2018

Los criterios y valoraciones expuestos varían de acuerdo al campo donde se los utilice como en mantenimiento los costos generados por reparaciones deberán ser impuestas por la empresa.

Luego de analizar estos criterios, y haber obtenido un valor numérico, se realiza una estimación basándose en un rango como se detalla en la tabla 15-2, para saber si el activo es crítico, semi-crítico o no crítico.

**Tabla 15-2:** Rango de estimación de la criticidad

<b>RANGO</b>	<b>CRITICIDAD</b>
> 50	CRÍTICO
20 A 50	SEMI-CRÍTICO
< 20	NO CRÍTICO

Fuente: Praxis 2, 2018

Realizado por: Medina Henry, 2018

2.5.4 *Estrategias de mantenimiento.* Las estrategias de mantenimiento “son los métodos de mantenimiento empleados con el fin de lograr los objetivos”, según la norma (UNE EN 13306, 2011). La elección adecuada ayuda a los responsables de la gestión a guiar al mantenimiento en función de las metas que persigue la organización.

Las estrategias de mantenimiento según (GARCÍA), 2010, se observan en la tabla 16-2:

**Tabla 16-2:** Estrategias de mantenimiento.

<b>Modelo</b>	<b>Estrategia</b>	<b>Definición</b>
<b>Básico</b>	<b>Correctiva</b>	La reparación de averías es la base del mantenimiento.
<b>Programado</b>	<b>Condicional</b>	La realización de determinadas inspecciones y pruebas son las que dirigen la actividad de mantenimiento.
	<b>Sistemático</b>	Se realiza una serie de intervenciones programadas a lo largo de todo el año en cada uno de los equipos que componen la instalación.
	<b>Alta disponibilidad</b>	Se busca tener operativa la instalación para producir el máximo tiempo posible, y por tanto, las tareas de mantenimiento se agrupan necesariamente en unos periodos de tiempo muy determinados, con poca afección a la producción.

Fuente: García Garrido, 2010

Realizado por: Medina Henry, 2018

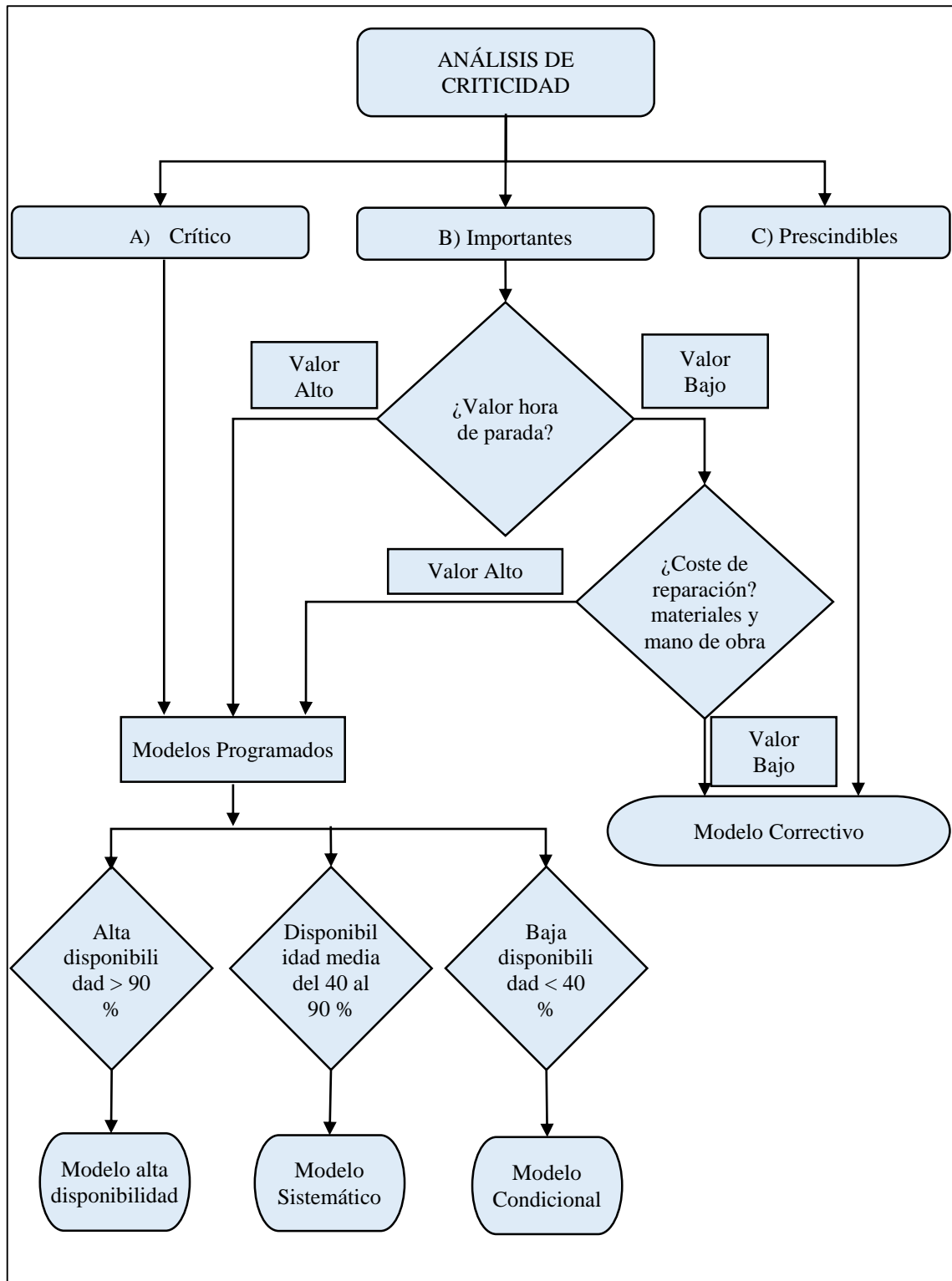
Para seleccionar un adecuado modelo de mantenimiento se realiza el análisis de criticidad, mediante un flujograma expuesto por (GARCIA, 2003), que se indica en el gráfico 1-2.

De acuerdo al diagrama cuando el activo es crítico e importantes asumen modelos de alta disponibilidad, si los activos requieren de una disponibilidad mayor al 90%; mientras que para que el modelo sea sistemático los equipos deben demandar una disponibilidad entre el 40% y 90% y modelo condicional si demanda de una disponibilidad menor al 40%.

Cabe recalcar que los activos críticos primero pasan por un análisis en cuanto al costo de horas que representa que el activo este parado, si el costo es bajo, se analiza su disponibilidad como se explica al inicio, caso contrario, se procede a analizar los costos de reparación, materiales y mano de obra, de igual forma, si los costos son bajos se analiza su disponibilidad, y si es muy elevado se procede a adjudicarlo a un modelo correctivo.

Finalmente, para equipos prescindibles se utiliza directamente el modelo correctivo.

**Gráfico 1-2:** Modelos de mantenimiento.



**Fuente:** García Garrido, 2003  
 Realizado por: Henry Medina, 2018

2.5.5 *Modelos de mantenimiento.* Los modelos de mantenimiento se caracterizan por tener una mezcla de las estrategias de mantenimiento, clasificándose en cuatro tipos según (GARCIA, 2003):

2.5.5.1 *Modelo Correctivo*: Es aplicable a equipos no críticos donde se deberían realizar la reparación de averías cuando surjan, debido a que las fallas que se produzcan no afectan a la producción ni a la calidad.

Las tareas de mantenimiento de este modelo son: Inspecciones visuales, lubricación y reparación de averías.

2.5.5.2 *Modelo condicional*: Es aplicable el modelo a equipos semi-críticos y críticos, en los cuales la ocurrencia de falla es reducida. Las tareas de mantenimiento son: Inspecciones visuales, lubricación, mantenimiento condicional y reparación de averías.

2.5.5.3 *Modelo sistemático*: Se realizan una serie de tareas sin tomar en que condición se halle el equipo, para la aplicación de este modelo, el equipo debe presentar un síntoma de fallo; por lo cual es aplicable a equipo semi-críticos que afecten a la producción o calidad de forma representativa.

Las tareas de mantenimiento son: Inspecciones visuales, lubricación, mantenimiento preventivo sistemático, mantenimiento condicional y reparación de averías.

2.5.5.4 *Modelo de alta disponibilidad*: Es el modelo más completo de todos, es aplicable a los activos que de ninguna manera deberían entrar en fallo porque afectarían significativamente al flujo de producción y calidad del producto.

Las tareas de mantenimiento aplicables a este modelo son: Inspecciones visuales, lubricación, mantenimiento preventivo sistemático, mantenimiento condicional, puesto a cero periódica en una fecha determinada (parada) y reparación de avería.

2.5.6 *Fallo funcional y fallo técnico*. Fallo funcional es “un estado en el que un activo físico no se encuentra disponible para ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado” (SAE JA 1012, 2002).

En este caso, la falla se presenta dejando que el equipo siga operativo por debajo de la capacidad operativa que necesita el usuario, tornándose en el futuro en un fallo total.

También (GARCIA, 2003) nos dice que un fallo funcional “es aquel que impide al equipo o al sistema analizado cumplir con su función”. Para determinar el fallo funcional no tenemos más que determinar la función que cumple y definir el fallo como la anti-

función, como el no cumplimiento de la función; como ejemplo podemos decir que el fallo funcional de una bomba será que no bombea.

Por lo contrario; el fallo técnico es aquel que, no impidiendo al equipo que cumpla con su función, supone un funcionamiento anormal de este. Como ejemplo podría ser que los fallos técnicos de un sistema de lubricación podrían ser: fuga de aceite, temperatura de aceite muy alta.

Estos fallos que, aunque no tengan la misma importancia de los fallos funcionales, pueden incrementarse hasta llegar a ser un fallo funcional.

*2.5.7 Fallos a evitar y fallos a amortiguar.* Según (GARCIA, 2003), será muy importante estudiar las consecuencias que tiene cada uno de los fallos que se han determinado. Según esas consecuencias, decidiremos si el fallo debe ser evitado (cuando las consecuencias del fallo sean inadmisibles) o tan solo deben buscarse formas de amortiguar sus efectos, de manera que estos, en casos de producirse sean mínimos.

En la figura 9-2 se observa el modelo de cómo debemos actuar ante un fallo.

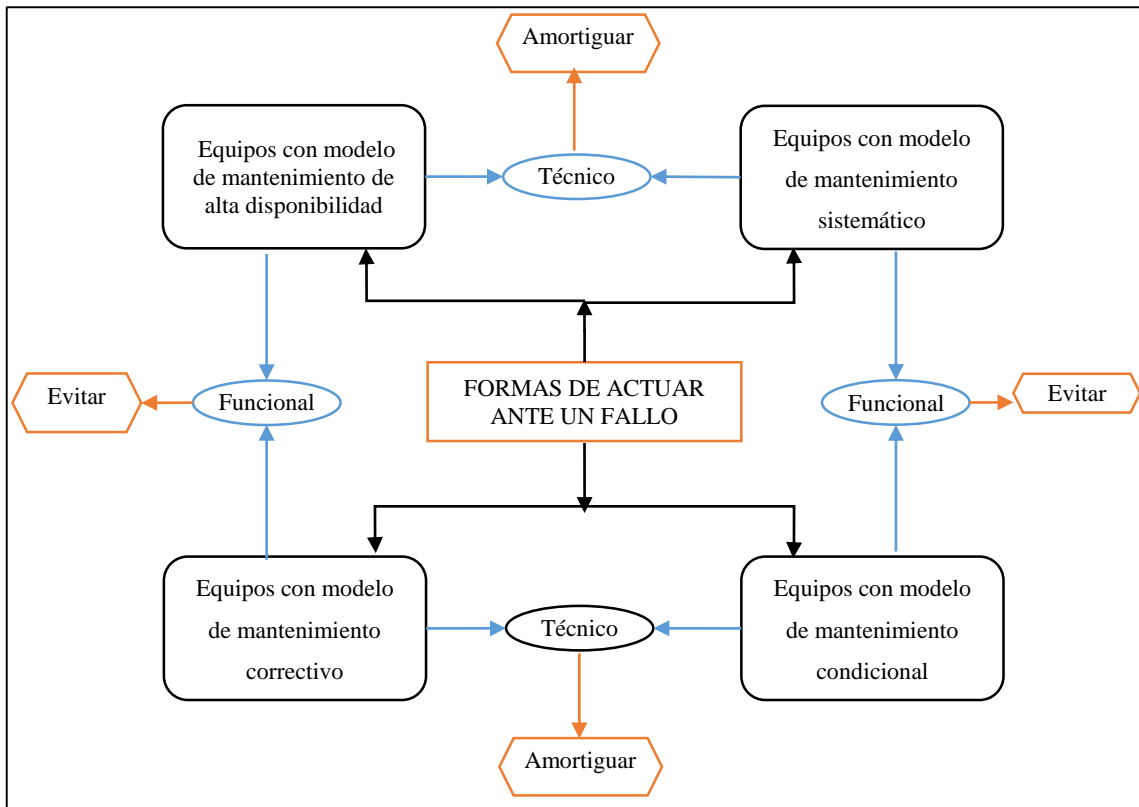
*2.5.8 Modos de fallo.* Recomienda (GARCIA, 2003) que, una vez determinados los fallos que puede presentar un equipo, un sistema funcional de un equipo o un elemento (dependiendo que hayamos tomado como referencia para establecer el plan de mantenimiento) deben estudiarse los modos de fallo.

Podemos definir los modos de fallo como las circunstancias que acompañan un fallo concreto. Cada fallo, funcional o técnico, puede presentar, como vemos, múltiples modos de fallo. Es muy importante determinar todos los modos de fallo posible, pues solo así es posible realizar un análisis completo y exhaustivo.

*2.5.9 Tareas de mantenimiento.* (GARCIA, 2003), define que las tareas de mantenimiento son actividades que se realizan a los activos para evitar o reducir sus efectos. Las tareas de mantenimiento pueden ser de 10 tipos diferentes como se indica en la tabla 17-2.

Luego de haber determinado los modos de fallo posibles en un equipo, se determinan las tareas de mantenimiento que puede evitar o minimizar los efectos de los fallos. Es indispensable estudiar todos los tipos de tareas y establecer las posibles a ejecutar.

**Figura 9-2: Formas de actuación ante un fallo**



Fuente: Garrido, 2010

Realizado por: Medina Henry, 2018

**Tabla 17-2: Tareas de mantenimiento según el modelo**

Tipos de mantenimiento	Modelos de mantenimiento a los que se puede aplicar ese tipo de tarea			
	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
1. Inspecciones visuales	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
2. Tareas de lubricación	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
3. Verificaciones on-line	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
4. Verificaciones of-line — Verificaciones sencillas • Mediciones de temperatura. • Mediciones de vibraciones (con vibrómetro). • Mediciones de consumo de corriente. — Verificaciones con instrumentos complejos • Análisis de vibraciones (con nalizador) • Termografías • Detección de fugas por ultrasonidos • Análisis de la curva de arranque de motores • Comprobación de alineación por laser.		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
5. Limpieza según la condición		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
6. Ajustes condicionales		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.

**Tabla 17-2 (Continuación):** Tareas de mantenimiento según el modelo.

7. Limpiezas sistemáticas		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
8. Ajustes sistemáticos			Sistemático	Alta Dispon.
9. Sustituciones sistemáticas de piezas			Sistemático	Alta Dispon.
10. Grandes revisiones (sustituciones de todos los elementos sometidos a desgaste).				Alta Dispon.

Fuente: García Garrido, 2003

Realizado por: Medina Henry, 2018

Ya determinado el modelo de mantenimiento para el equipo, es posible seleccionar que tareas son factibles.

Si el modelo es correctivo, solo será posible realizar tareas de tipo 1 y 2, e incluso en determinados casos de tipo 3. Si el modelo es condicional, además de las tareas anteriores es posible realizar las de tipo 4, 5 y 6. Y si el modelo es de sistemático, agregadas a las tareas pasadas, podemos realizar las de tipo 7, 8 y 9. Por último, si el modelo es de alta disponibilidad, adicional a las tareas de 1 al 9, podemos realizar la de tipo 10. En la tabla 18-2 podemos ver un modelo de tabla para la recolección de las tareas de mantenimiento.

**Tabla 18-2:** Tareas de mantenimiento.

EQUIPO	TAREA	FRECUENCIA

Fuente: Autor

Realizado por: Medina Henry, 2018

## 2.6 Frecuencias y rutinas de mantenimiento

La frecuencia de mantenimiento es el intervalo de tiempo entre una y otra tarea que se le realiza a un equipo, y se define mediante: criterios de fabricantes, experiencia de la persona, manuales y métodos estadísticos.

En su publicación (SEXTO, 2017), define seis criterios para determinar la frecuencia de mantenimiento, los cuales son:

- Criterio contractual (documentos obligatorios en general)

- Criterio del fabricante
- Criterio analítico estadístico (técnicas de análisis y modelos probabilísticos de fallos)
- Criterio basado en la experiencia (de expertos)
- Criterio de evaluación de la condición (resultado de diagnóstico)
- Criterio de la información del activo no contextualizado (información externa, base de datos ajenas).

Como las frecuencias de las tareas son parte de la planificación del mantenimiento, queda en evidencia el hecho que se requiere un presupuesto para su programación y posterior ejecución.

Si el presupuesto de mantenimiento no es suficiente para ejecutar las tareas con las frecuencias apropiadas, técnicamente establecidas, entonces estaremos ante un plan que no puede ejecutarse adecuadamente por falta de recursos, en este caso por presupuesto no asignado suficientemente.

Cuando se definen las frecuencias de los equipos, se realizan rutinas o gamas de mantenimiento que ayudan al desarrollo de las tareas de mantenimiento, porque se las agrupa de acuerdo a criterios como: especialista a realizar el trabajo, modos de operación, etc. Ver tabla 18-2.

## **2.7 Documentos de mantenimiento**

**2.7.1 Solicitud de trabajo.** Es un documento emitido por otra área de la empresa, el cual va dirigido al departamento de mantenimiento. En su tesis (PULLUTAGSI, 2013), considera este documento como un formulario, el cual deberá contener datos como: la máquina a tratar con su respectivo código, la fecha en que se solicita, el grado de prioridad de la ejecución de la tarea, la descripción de la falla y el personal que lo solicita. Ver la tabla 19-2

**2.7.2 Órdenes de trabajo (O.T.).** Una orden de trabajo según (GARCIA, 2003), es el documento en el que el mando de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre la tarea que tiene que realizar. Estas órdenes son una de las fuentes de información más importantes de mantenimiento, pues en ellas se recogen los datos más importantes de cada intervención.



**Tabla 19-2:** Solicitud de mantenimiento


SOLICITUD DE TRABAJO			N <sup>a</sup>
TALLER SOLICITANTE		RESPONSABLE	
EQUIPO		FECHA	
CÓDIGO		HORA	
MARCA		PLACA/MATRÍCULA	
MODELO		AÑO	
FALLA			
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:		PRIORIDAD	
		REGULAR	
		IMPORTANTE	
		TIPO DE MANTENIMIENTO	
FIRMA			

Fuente: Autor

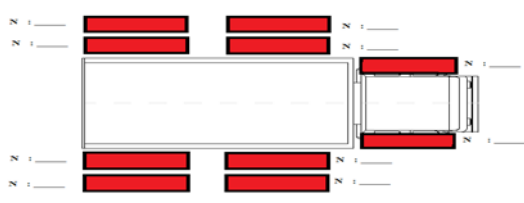
Realizado por: Medina Henry, 2018

En su libro (TAVARES, 2000), en su libro dice que: las órdenes de trabajo son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee etc., sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información, como: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si los instrumentos de supervisión actuaron correctamente o no, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo, la duración real del mantenimiento, entre otras.

**Tabla 20-2:** Orden de trabajo.

ORDEN DE TRABAJO				N <sup>o</sup> .	
EQUIPO		PLACA		OPERADOR	
CÓDIGO		HORAS/KI LÓMETRO S		UBICACIÓN DEL EQUIPO	
MARCA		MODELO		NIVEL DE COMBUSTIBLE	
RECIBIDO O POR		FECHA		HORA	
TIPO DE MANTENIMIENTO					
CORRECTIVO:		PREVENTIVO:		PREDICTIVO:	
FALLA REPORTADA:					
REPARACIÓN REQUERIDO:					
FECHA DE INICIO		HORA DE INICIO		MANO DE OBRA	
				NOMBRE DEL TÉCNICO	

**Tabla 20-2 (Continuación):** Orden de trabajo.

FECHA DE FINALIZACIÓN ESTIMADA		HORA DE FINALIZACIÓN ESTIMADA		HORAS ESTIMADAS	
				OBSERVACIONES DE NEUMÁTICOS: _____ _____ _____ _____	
TAREAS REALIZADAS			REPUESTOS UTILIZADOS	HORA INICIO	HORA FINAL
FECHA DE FINALIZACIÓN		HORA DE ENTREGA		HORAS DE INTERVENCIÓN	
OBSERVACIONES GENERALES: _____ _____ _____					
_____ FIRMA TÉCNICO			_____ FIRMA RESPONSABLE		

Fuente: CAO, 2018

Realizado por: Medina Henry, 2018

A continuación, se describen los campos relevantes de la tabla 20-2 en la tabla 21-2.

**Tabla 21-2:** Campos relevantes de la orden de trabajo.

Campo	Descripción
<b>Prioridad</b>	La importancia con la que se realizará el trabajo
<b>Descripción del problema</b>	Se describe con detallamiento preciso lo que ocurrió en el equipo
<b>Material y herramientas especiales necesarias</b>	Se detalla el material y herramienta
<b>Tiempo de impedimento</b>	Se describe el tiempo a los retrasos logísticos surgidos durante la ejecución del trabajo
<b>Comentarios sobre el problema</b>	Se describe si sucedió algo durante o en la culminación del trabajo.
<b>Horas hombre estimadas y real</b>	Es el personal estimado Vs el personal que se utilizó en el desarrollo del trabajo

Fuente: Tavares, 2000

Realizado por: Medina Henry, 2018

**Gráfico 2-2:** Orden de trabajo computarizado

The screenshot shows a software interface for creating a work order. The title bar reads 'Orden MT areas: Cabeecera central'. The main window contains several sections:

- Order Information:** Order number '98510241', description 'Cambio lub y manten motor extrac n 1', and status 'APRO. CAST'.
- Responsible:** 'Tipo plan: 102 / AR05 Mecánico Asesado' and 'Pto. Tribes: AR05102 / AR05 Mecánico'.
- Dates:** 'Inc. est.: 31.03.2003' and 'Fin. est.: 31.03.2003'.
- Object of reference:** 'Ubic. loc.: AR05-077-101-SIC0' (TROZADOR OPT N°3) and 'Equipo: AR05TR0003' (TROZADOR).
- First operation:** 'Texto breve: Cambio de lubricante y mantenimiento motor', 'Puesto: AR05101 / AR05', 'Clv. Ctl.: PM01', 'Cl. activ.: REPARA', and 'Durac. Est.: 30 H'.

Fuente: Castro, 2006

Como se mencionó, las órdenes de trabajo pueden realizarse mediante un programa computarizado, el cual, facilita la creación y organización de las mismas; realizar ordenes de trabajo con la ayuda de un programa ahorra tiempo, ya que el programa automáticamente llena algunos campos que pide la OT, previa a la creación del modelo de OT en el programa. Es necesario aclarar que el contenido o estructura de las órdenes de trabajo no están normalizadas, y que, cada organización puede personalizarlas acorde a sus requerimientos; así también podemos tomar como referencia ordenes de trabajo ya existentes, como se muestra en el gráfico 2-2.

El ingreso diario de las órdenes de trabajo, permite conocer las horas-hombre que se han invertido, la asignación del personal a los diferentes trabajos, controlar al personal dentro y fuera de la organización, es decir gestionar correctamente el mantenimiento. Además, el jefe de mantenimiento debe registrar las horas-hombre contratadas externamente (CASTRO, 2006).

**2.7.3 Plan de mantenimiento.** El plan de mantenimiento es un documento en el que se hallan “ el conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la instalación” (GARCIA, 2003). Cabe mencionar, que se incluyen junto a las actividades a realizarse su respectiva logística y tiempos de ejecución.

Existen varios modelos de plan de mantenimiento desde un simple hasta mas detallados como se indica en la tabla 22-2

**Tabla 22-2:** Plan de mantenimiento.

EQUIPO	TAREA	FRECUENCIA	MANO DE OBRA	MATERIALES Y REPUESTOS	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN (min)

Realizado por: Medina Henry, 2018

**2.7.4 Cronograma de mantenimiento.** El cronograma de mantenimiento es el documento donde se visualiza los activos con su respectiva fecha de ejecución. Hay que mencionar, que el planificador debe realizar una carga equilibrada en todo el año para el cual se realiza la programación. En la tabla 23-2 se observa un ejemplo de cronograma de mantenimiento que es programado por meses o semanas.

**Tabla 23-2:** Cronograma de mantenimiento.

EQ.	TAR.	FRE.	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO ( Horas/Kilómetros)							
			300	400	500	1000	2000	3000	8000	10000

Fuente: Varios, 2018

Realizado por: Medina Henry, 2018

## 2.8 Capacitación

Según (SILICEO, 2006), la capacitación “consiste en una actividad planeada y basada en necesidades reales de una empresa u organización orientada hacia un cambio en los conocimientos, habilidades y actitudes del colaborador” (SILICEO, 2006; pp. 25). Por lo cual, se afianza el crecimiento de la empresa previendo el desarrollo de habilidades en sus empleados para la posterior adquisición de tecnologías o filosofías.

**2.8.1 Tipos de capacitación.** Los tipos de capacitación se detallan en la tabla 24-2.

Se resalta entrenamiento en el trabajo y entrenamiento técnico debido a que suceden en el puesto de trabajo y es referente al uso de tecnologías o nuevas filosofías de trabajo.

En esta parte es importante considerar que la capacitación sobre el modelo de gestión planteado se lo puede realizar mediante la utilización de un software de mantenimiento, el cual nos permite agilizar y optimizar la gestión de mantenimiento en la empresa.

**Tabla 24-2:** Tipos de capacitación

Por su formalidad	Formal Informal
Por su naturaleza	De orientación Vestibular En el trabajo Entrenamiento en el Trabajo Entrenamiento técnico Capacitación de supervisores
Por su nivel de ocupación	A operarios A obreros calificados A supervisores A jefes de línea A gerentes

**Fuente:** Internet, 2018

**Realizado por:** Medina Henry, 2018

## CAPITULO III

### 3 EVALUACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

#### 3.1 Propósito de la evaluación de la gestión del mantenimiento

Uno de los propósitos de realizar la evaluación a la gestión del mantenimiento, es el de encontrar las áreas más débiles y con mayores oportunidades de mejora, desde el punto de vista de la gestión.

Fijar un límite de referencia, este límite es la puntuación mínima que debe conseguir cada área para que la gestión del mantenimiento alcance la siguiente categoría. El límite de referencia se fija en base al resultado de la evaluación.

Una vez que se han encontrado las áreas más débiles y fijado el límite de referencia, la evaluación también permite tener un mejor enfoque al momento de tomar decisiones a la hora de gestionar.

#### 3.2 Evaluación de la gestión de mantenimiento

En este capítulo, se evalúa el desempeño de la gestión de mantenimiento, la cual se realiza a cinco áreas de la Empresa Constructora Alvarado Ortiz, para esto se elaboró un banco de preguntas, que ayudarán a conocer el estado actual de la gestión. Para realizar el banco de preguntas se utiliza la “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (EEM)”, por sus términos en inglés “Maintenance Effectiveness Survey (MES)”, esta técnica de evaluación se ajusta a las necesidades de la Empresa, por el número de maquinaria y personal que trabajan en ella.

3.2.1 *Ponderación de criterios y subcriterios.* La encuesta se realizó a ocho personas de la empresa, seis de ellas son del área de mantenimiento y una del área de comprar, estas personas fueron seleccionadas de acuerdo al cargo que desempeñan, tiempo de trabajo en la empresa y experiencia laboral.

En la tabla 1-3 vemos las personas encuestadas, no se manifestarán sus nombres, ya que para el análisis de los resultados no es de vital importancia. La encuesta se realizó dividiendo a las personas en tres grupos, de acuerdo al grado de conocimientos.

El primer grupo fue conformado por los Ingenieros, a quienes se les explicó en qué consistía la encuesta, así también se les indicó sobre la puntuación numérica que podría tener cada pregunta y la interpretación textual de las mismas, que también se indica en el cuestionario. El tiempo para contestar fue de 30 minutos, se consideró el nivel de conocimiento que los Ingenieros tienen sobre los temas a evaluar; como apoyo para que las preguntas sean contestadas de una manera más acertada e imparcial se les permitió revisar información que ellos poseen.

**Tabla 1-3:** Información general de las personas encuestadas.

ENCESTADOS	CARGO EN LA EMPRESA	TÍTULO PROFESIONAL	TIEMPO TRABAJANDO EN LA EMPRESA	AÑOS DE EXPERIENCIA
1	Jefe de Compras	Ingeniero Comercial	4 años	7 años
2	Jefe de Mantenimiento Correctivo	Ingeniero Automotriz	5 años	6 años
3	Jefe de Mantenimiento Preventivo	Ingeniero Automotriz	6 años	7 años
4	Asistente de Mantenimiento	Ingeniero de Mantenimiento	4 años	4 años
5	Jefe Mecánico	Técnico Mecánico	2 años	12 años
6	Jefe Electromecánico	Tecnólogo Eléctrico	1 año	8 años
7	Jefe de Lubricación	Primaria	8 años	15 años
8	Jefe de Soldadura	Soldador API	9 años	21 años

Realizado por: Medina Henry, 2018

El segundo grupo a realizar la encuesta, estuvo conformado por el Jefe mecánico y Jefe de soldadura, a estas personas, se les dió las mismas indicaciones que al primer grupo, a ellos se les incremento el tiempo para contestar el cuestionario a 45 minutos, por que el conocimiento que tienen sobre los temas a evaluar son menores.

Con el tercer grupo, que fue conformado por el Jefe Electromecánico y Jefe de Lubricación, se desarrollo la encuesta, con la misma metodología que se utilizó con el segundo grupo.

En el capítulo anterior desde la tabla 4-2 hasta la tabla 8-2, podemos ver el modelo completo de la evaluación a ser realizada.

### 3.3 Encuestas realizadas

Las encuestas realizadas, indican la manera en la que los encuestados contestaron cada pregunta, así mismo, nos muestra los distintos criterios que cada uno tiene, ya que en todas las encuestas los puntajes no son iguales si no semejantes; también podemos evidenciar que hay dos áreas específicas que tienen las más bajas puntuaciones, las cuales son: el área de Planificación y el área de Soporte, Calidad y Motivación. En la Tabla 2-3, se puede ver la encuesta realizada al Jefe de compras, y la apreciación cuantitativa que tuvo frente a cada una de las preguntas que se le realizó.

**Tabla 2-3:** Encuesta 1 realizada al Jefe de compras.

1- RECURSOS GERENCIALES						
Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
1	¿Usted siente que mantenimiento está dotado de infraestructura y equipos para realizar su trabajo?				1	
2	¿La estructura organizativa del mantenimiento es favorable al cumplimiento de las tareas de mantenimiento?			1		
3	¿La gerencia establece que mantenimiento colabore con producción para alcanzar las metas?			1		
4	¿La gerencia establece a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de las actividades?			1		
5	¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver problemas que afecten a ambos departamentos?		1			
6	¿La gerencia promueve a que personal de mantenimiento (mecánico, electricista, operadores, etc.), trabajen en conjunto para resolver problemas?			1		
7	¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?				1	
8	¿El personal en general recibió adiestramiento adecuado en sus áreas de trabajo? (inducción).				1	
9	¿El personal de mantenimiento recibe capacitaciones para actualizar sus conocimientos técnicos de mantenimiento?		1			
10	¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?			1		
11	¿La gerencia revisa y da seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?			1		
12	¿Los objetivos de mantenimiento están alineados con los objetivos de la empresa?				1	
<b>Puntuación total por criterio</b>		<b>0</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>0</b>
2- GERENCIA DE LA INFORMACIÓN						
Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
13	¿El departamento de mantenimiento tiene manuales de todos los equipos existentes?					1
14	¿Están los catálogos de cada equipo de la empresa identificado y codificado, acorde a la codificación del equipo?					1
15	¿Está cada equipo de la empresa identificado y codificado?					1



**Tabla 2-3 (Continuación):** Encuesta 1 realizada al Jefe de compras.

16	¿El departamento de mantenimiento genera órdenes y solicitudes de trabajo?				1	
17	¿Tienen todos los equipos planes de mantenimiento?				1	
18	¿Se realizan planificaciones para ejecutar el Mantenimiento Preventivo?			1		
19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?			1		
20	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?				1	
21	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?			1		
22	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?			1		
23	¿Tienen el inventario de repuestos de los equipos críticos?			1		
24	¿El departamento de mantenimiento se compara con otros departamentos de mantenimiento para medir su desempeño ("Benchmarking")?		1			
<b>Puntuación total por criterio</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>15</b>
<b>3- EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>						
<b>Preguntas a evaluar</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
25	¿El departamento de mantenimiento utiliza órdenes de trabajo para las actividades de MP?					1
26	¿Se revisan periódicamente los planes de MP, aumento/descenso, necesidades de capacitación, etc.?			1		
27	¿El departamento de mantenimiento tiene personal exclusivo para las tareas de MP?			1		
28	¿Los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?					1
29	¿El departamento de mantenimiento utiliza técnicas de mantenimiento predictivo?			1		
30	¿La gerencia de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?			1		
31	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas?			1		
32	¿El departamento de mantenimiento tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?		1			
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de nuevos equipos?			1		
34	¿Se capacita al personal para el uso correcto de nuevos equipos?				1	
35	¿Se capacita al personal que va a mantener los nuevos equipos?				1	
36	¿El departamento de mantenimiento da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y operación, a lo largo del ciclo de vida de los activos?			1		
<b>Puntuación total por criterio</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
<b>4- PLANIFICACIÓN</b>						
<b>Preguntas a evaluar</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
37	¿Son prioridades las tareas de mantenimiento correctivo/preventivo?			1		
38	¿El departamento utiliza las OT para las actividades correctivas?		1			
39	¿Se da seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?		1			

**Tabla 2-3 (Continuación):** Encuesta 1 realizada al Jefe de compras.

40	¿El departamento asigna y controla las horas asignadas para las actividades de mantenimiento?	1				
41	¿El departamento desarrolla los procedimientos a seguir para la ejecución de la actividad de mantenimiento?		1			
42	¿Es el personal de mantenimiento asignado a las actividades de mantenimiento según sus conocimientos y habilidades?		1			
43	¿Existe un cronograma de actividades de mantenimiento planificadas?	1				
44	¿El departamento utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores ("shutdowns, overhauls")?	1				
45	¿La empresa utiliza contratistas calificados para realizar labores de mantenimiento ("outsourcing")?	1				
46	¿La empresa participa en la designación de actividades y la estimación de los tiempos de ejecución de los contratistas?		1			
47	¿Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y producción) que tiene el sistema sobre el cual se va a ejecutar el mantenimiento?		1			
48	¿Se define el cambio crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?	1				
<b>Puntuación total por criterio</b>		<b>0</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>5- SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN</b>						
<b>Preguntas a evaluar</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
49	¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar las actividades de mantenimiento?			1		
50	¿Da bodega una respuesta eficiente a las solicitudes de repuestos?			1		
51	¿Se lleva un registro de salida y retorno de los elementos de los equipos llevados a los contratistas para mantenimiento correctivo?			1		
52	¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en el almacén?		1			
53	¿Se tiene identificación de los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?		1			
54	¿El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento está por encima de criterio de rapidez?			1		
55	¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas?			1		
56	¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?				1	
57	¿Tiene la empresa un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?				1	
58	¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la empresa (económico-motivacional)?			1		
59	¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?			1		
60	¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?			1		
<b>Puntuación total por criterio</b>		<b>0</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>0</b>

Realizado por: Medina Henry, 2018

Desde los anexo A al anexo G, se muestran las siete encuestas faltantes, que se realizaron a las personas de mantenimiento de la Empresa Constructora Alvarado Ortiz Cía. Ltda.

### 3.4 Análisis de los resultados de la evaluación

En este punto se analizan los resultados de la evaluación efectuada al personal del área de mantenimiento y compras. Para el respectivo análisis, se utilizó la hoja de cálculo excel, la cual ayudó a realizar los cálculos pertinentes.

En la Tabla 3-3, se muestra los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a las 8 personas del área de mantenimiento y compras, las puntuaciones totales de cada encuestado, los promedios de cada área en relación al número de encuestados, y la suma total de los promedios.

El resultado obtenido basado en el rango de estimación, es el que indica en qué Categoría de Gestión se encuentra la empresa.

**Tabla 3-3:** Resultados de la evaluación.

TABLA DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN		PUNTAJE TOTAL POR ÁREAS DE CADA ENCUESTADO								TOTAL DE LAS PUNTUACIONES POR ÁREA	LÍMITE DE REFERENCIA	PUNTAJE MÁXIMO
		1	2	3	4	5	6	7	8			
ÁREAS EVALUADAS	RECURSOS GERENCIALES	38	44	38	42	43	40	45	44	334,0	41	60
	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN	44	45	42	42	45	40	44	42	344,0	41	60
	EQUIPOS Y TECNOLOGÍA DE MANTENIMIENTO	41	47	36	32	42	44	47	40	329,0	41	60
	PLANIFICACIÓN	29	43	35	29	26	27	25	27	241,0	41	60
	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	36	39	39	28	36	32	26	38	274,0	41	60
SUMA TOTAL =									1522,0 / 8			
RESULTADO =									<b>190,25</b>			
CATEGORÍA ACTUAL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO SEGÚN EL RANGO DE ESTIMACIÓN		NIVEL ACEPTABLE EN MANTENIMIENTO										

Realizado por: Medina Henry, 2018

Una vez obtenido el resultado y encontrado el rango de estimación, se fijó el límite de referencia que debe alcanzar cada área evaluada, este límite se obtiene aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Límite de referencia de cada área} = \frac{\text{Límite de referencia de la gestión}}{\text{número de áreas evaluadas}}$$

$$\text{Límite de referencia de cada área} = \frac{201}{5}$$

$$\text{Límite de referencia de cada área} = 40.2 \times 41$$

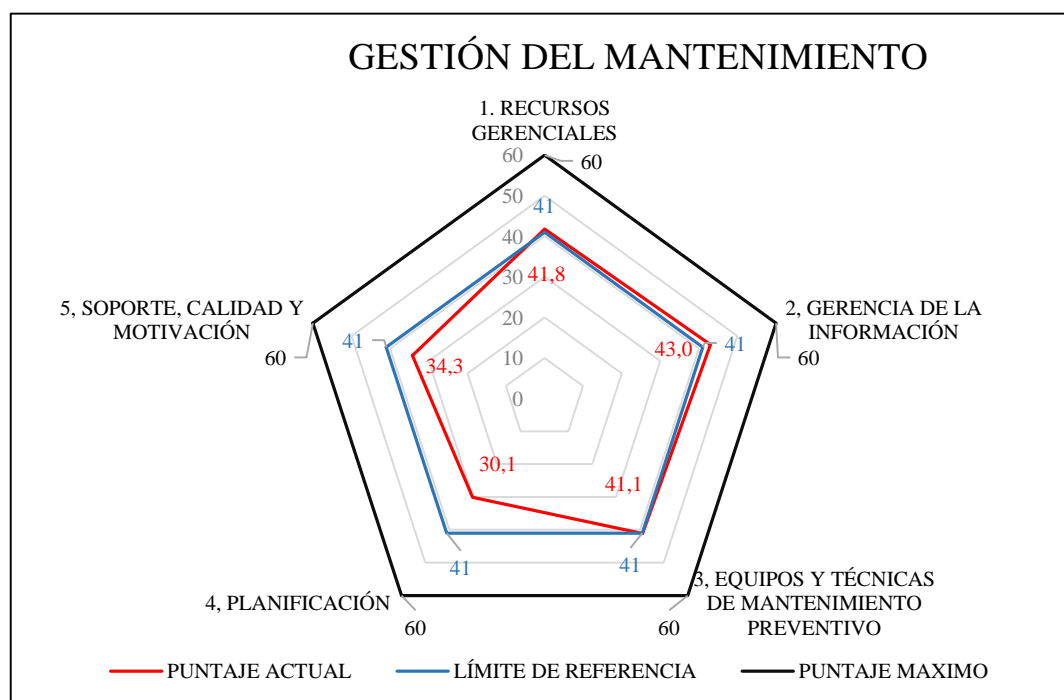
El límite de referencia de la gestión es rango superior al rango de estimación. Ver la tabla 3 del capítulo 2.

En conclusión, el departamento de mantenimiento obtuvo una puntuación de 190.25 puntos, lo que indica que la Gestión de Mantenimiento de la Empresa Alvarado Ortiz Constructores Cía. Ltda., se encuentra en la Categoría: “Nivel aceptable en mantenimiento”, esto según la jerarquización propuesta por la metodología de evaluación EEM.

Si observamos la puntuación obtenida de forma porcentual, vemos que los 190.25 puntos corresponden al 63,42%, lo que indica que hay muchas oportunidades de mejora en la Gestión del Mantenimiento.

En el gráfico 1-3, se presentan los resultados utilizando el diagrama de radar, el cual permite ver el estado de la gestión de mantenimiento por cada una de las 5 áreas evaluadas, recordando que la puntuación máxima a recibir es 60 puntos.

**Gráfico 1-3:** Diagrama de radar de la gestión de mantenimiento.



Realizado por: Medina Henry, 2018

Como se ve en esta figura, las tres primeras áreas evaluadas tienen 41 puntos, que es el mínimo que deben conseguir para que la Gestión de Mantenimiento alcance un Nivel de buenas prácticas de mantenimiento, mientras que las áreas que están por debajo del límite aceptable son el área de Planificación y el área de Soporte, Calidad y Motivación.

Con estos resultados, concluyo que, la propuesta alternativa de gestión del mantenimiento debe dirigirse en estas dos áreas, por no cumplir con los límites mínimos y tener mayores oportunidades de mejora. Debido a que la empresa ya está implementando un modelo de gestión en el área de Soporte, Calidad y Motivación, la propuesta alternativa de gestión del mantenimiento que se desarrollará en el siguiente capítulo, estará enfocada únicamente para el área de Planificación, la cual, a más de estar por debajo del límite mínimo establecido, es la que menor puntaje obtuvo entre las 5 áreas.

Los puntos a considerar para lograr el objetivo son: Inventariado y codificado de los activos, gestión de la información obtenida de las ordenes de trabajo, programación de mantenimiento, uso de indicadores de mantenimiento, gestión de repuestos y materiales, etc.

Una vez alcanzado el objetivo el área de Planificación llegará al límite de referencia que es de 41 puntos, con lo cual la gestión alcanzará el nivel de buenas prácticas de mantenimiento.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PROPUESTA ALTERNATIVA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CAPACITACIÓN**

La propuesta alternativa de gestión del mantenimiento se basa en mejorar el área de mantenimiento que tiene menor puntaje. Como se observa en el capítulo anterior, el área que tiene esta condición es la de Planificación.

Para mejorar esta área, se propone realizar un Plan de Mantenimiento Preventivo Programado. Además, se propone el uso de un programa informático para la gestión de mantenimiento.

#### **4.1 Gestión de mantenimiento asistida por computador (GMAO)**

El manejo de GMAO mejora el manejo de la información de los activos de las empresas debido a que se actualizan al instante, además son compatibles con otras plataformas informáticas. Los datos que generan son utilizados para el cálculo de indicadores.

Uno de los GMAO más conocidos por su versatilidad y fácil manejo de su interfaz es SisMAC (Sistema de Mantenimiento Asistido por Computador), el cual cuenta con múltiples herramientas que ayudan a la planificación y programación del mantenimiento. Además de contar con varios clientes que aseguran la calidad y facilidad de su uso como: CELEC EP, GAD a nivel nacional, Petroecuador, etc.

#### **4.2 Desarrollo del RCM abreviado**

El desarrollo del RCM abreviado sirve para determinar las fallas con sus modos de fallos, para seleccionar una tarea de mantenimiento adecuada.

Con el inventario codificado, análisis de criticidad y estrategia de mantenimiento se realiza la metodología del RCM abreviado, en el cual es indispensable, separar al activo en equipos para facilitar el análisis, como se muestra en la tabla 5-4.

Con las tareas de mantenimiento se procede a determinar las frecuencias, mismas que son determinadas mediante manuales, experiencias de otras empresas, bases de datos

externas, etc.

4.2.1 *Inventario y codificación de activos a mantener.* Los equipos existentes en la Empresa se clasifican en cuatro grupos que son: maquinaria, vehículo pesado, vehículo liviano y equipo complementario.

Cada activo está debidamente inventariado y codificado mediante el método de jerarquización y el sistema alfanumérico, como se menciona en el capítulo 2.

La codificación de los equipos se realiza mediante una subdivisión que se conoce como niveles jerárquicos, la codificación está conformada por cuatro niveles, la ubicación de los activos, el área a la que pertenece, el equipo y sus componentes.

A continuación se realiza la codificación de uno de los activos de la empresa, la misma que será válida para todos activos de la empresa.

4.2.1.1 *Inventariado y codificado de la cargadora 103:* El primer nivel jerárquico que corresponde a la ubicación, la cual tiene un código alfabético de tres dígitos, como se muestra en la tabla 1-4.

**Tabla 1-4:** Codificado de la ubicación.

UBICACIÓN	
CÓDIGO ALFABÉTICO DE TRES DÍGITOS	DESCRIPCIÓN
CAO	CONSTRUCTORA ALVARADO ORTIZ

Realizado por: Medina Henry, 2019

El segundo nivel jerárquico concierne al área a la cual pertenece el activo, se le designa un código alfabético de dos dígitos, como se presenta en la tabla 2-4.

**Tabla 2-4:** Codificado de las áreas.

ÁREAS	
CÓDIGO ALFABÉTICO DE DOS DÍGITOS	DESCRIPCIÓN
MQ	MAQUINARIA
VP	VEHÍCULO PESADO
VL	VEHÍCULO LIVIANO
EC	EQUIPO COMPLEMENTARIO

Realizado por: Medina Henry, 2019

En el tercer nivel jerárquico, codificamos al activo para diferenciar al equipo de los demás, para esto se le asigna un código alfanumérico de cinco, seis o siete dígitos, según

el nombre del activo; las dos, tres o cuatro primeros dígitos son alfabéticas, que representan el nombre del equipo; y los tres últimos dígitos, que está conformado por números, ayuda a que el personal de mantenimiento y toda la empresa diferencien cada equipo. En la Tabla 3-4, vemos el codificado de varios activos

**Tabla 3-4:** Codificado de los equipos

EQUIPOS	
CÓDIGO ALFABÉTICO DE DOS, TRES O CUATRO DÍGITOS	DESCRIPCIÓN
CAR-103	CARGADORA 103
EXC-111	EXCAVADORA 111
RET-105	RETROEXCAVADORA 105
VP-135	CABEZAL 135
VP-112	MIXER 112
VP-130	PLATAFORMA 130
VL-127	CAMIONETA 127
ALH-101	ALIZADORA PARA HORMIGÓN 101
AMO-102	AMOLADORA 102
CON-118	CONCRETERA 118

Realizado por: Medina Henry, 2019

El cuarto nivel jerárquico está destinado a la codificación de los componentes de cada equipo; el código asignado es alfanumérico, compuesto por tres letras y dos números, las letras representan el nombre del componente y los números permiten diferenciarlos en el caso de que tuvieran el mismo nombre, como se da en las retroexcavadoras que tiene dos herramientas de trabajo. En la tabla 4-4 y 5-4 vemos la codificación de los componentes de la cargadora 103 y retroexcavadora 105 respectivamente.

**Tabla 4-4:** Codificación de los componentes de la cargadora 103.

COMPONENTES	
CÓDIGO ALFABÉTICO DE TRES DÍGITOS	DESCRIPCIÓN
HYB-01	HABITÁCULO Y BASTIDOR
MCO-01	MOTOR DE COMBUSTIÓN
STP-01	SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA
SHI-01	SISTEMA HIDRÁULICO
SDI-01	SISTEMA DE DIRECCIÓN
SFR-01	SISTEMA DE FRENOS
HTR-01	HERRAMIENTA DE TRABAJO (PALA)
SEL-01	SISTEMA ELÉCTRICO

Realizado por: Medina Henry, 2019



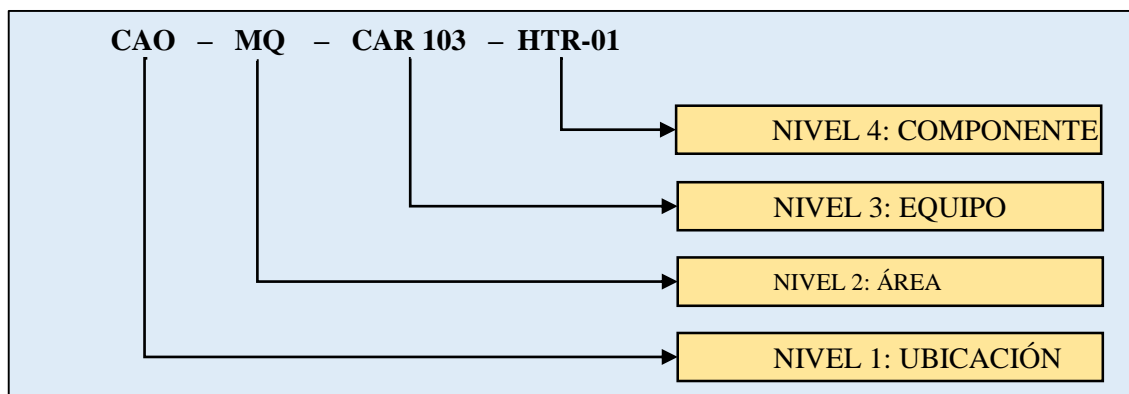
**Tabla 5-4:** Codificación de los componentes de la retroexcavadora 105.

COMPONENTES	
CÓDIGO ALFABÉTICO DE TRES DÍGITOS	DESCRIPCIÓN
STP-01	SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA
HYB-01	HABITÁCULO Y BASTIDOR
SHI-01	SISTEMA HIDRÁULICO
SDI-01	SISTEMA DE DIRECCIÓN
SFR-01	SISTEMA DE FRENOS
SEL-01	SISTEMA ELÉCTRICO
HTR-01	HERRAMIENTA DE TRABAJO (PALA)
HTR-02	HERRAMIENTA DE TRABAJO (CUCHARÓN)
MCO-01	MOTOR DE COMBUSTIÓN

Realizado por: Medina Henry, 2019

Todos los códigos que se crearon anteriormente se muestran de manera conjunta, como se puede ver en la Figura 1-4.

**Figura 1-4:** Código completo.



Realizado por: Medina Henry, 2019


El inventario y codificado de todos los activos de la empresa se encuentra en el anexo H.

4.2.2 *Fichas técnicas.* La ficha técnica es un documento que recopila información de suma importancia, para llenar la ficha se debe tener:

- El inventario donde exista información como: marca y modelo del equipo, tipo de combustible, año de fabricación.
- La matrícula del vehículo, donde encontramos el número de placa o matrícula, número de chasis y motor.
- El manual del activo, donde encontramos las dimensiones y capacidades del activo.


En las Tablas 6-4, 7-4 y 8-4 tenemos la ficha técnica de algunos activos de la empresa.

**Tabla 6-4:** Ficha técnica de cargadora 103

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO-MAQUINARIA					
					
<b>DATOS GENERALES</b>					
<b>MARCA:</b>	CATERPILLAR		<b>MODELO:</b>	938 F	
<b>CÓDIGO:</b>	CAR-103		<b>TIPO DE VEHÍCULO:</b>	CARGADORA	
<b>No. DE CHASÍS:</b>	1KMO1374		<b>TIPO DE COMBUSTIBLE:</b>	DIESEL	
<b>No. DE MOTOR</b>	98Z15001		<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>	1996	
<b>MATRÍCULA:</b>	4.0-17983		<b>CONDUCTOR:</b>	PATRICIO GUAMAN	
<b>DIMENSIONES Y CAPACIDADES</b>					
<b>LARGO, m:</b>	7325 mm	<b>ANCHO, m:</b>	2600 mm	<b>ALTO, m:</b> 3309 mm	
<b>POTENCIA / CILINDRAJE</b>	140HP	<b>NÚMERO DE NEUMÁTICOS:</b>	4	<b>RIN NEUMÁTICOS:</b>	25 in

Realizado por: Medina Henry, 2019

**Tabla 7-4:** Ficha técnica de la plataforma 135

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO PESADO					
					
<b>DATOS GENERALES</b>					
<b>MARCA:</b>	MACK		<b>MODELO:</b>	GU813E	
<b>CÓDIGO:</b>	VP-135		<b>TIPO DE VEHÍCULO:</b>	CABEZAL	
<b>No. DE CHASÍS:</b>			<b>TIPO DE COMBUSTIBLE:</b>	DIESEL	
<b>No. DE MOTOR</b>			<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>	2010	
<b>PLACA:</b>	TBA2391		<b>CONDUCTOR:</b>		
<b>DIMENSIONES Y CAPACIDADES</b>					
<b>LARGO, m:</b>	10592 m	<b>ANCHO, m:</b>	2565 mm	<b>ALTO, m:</b>	2413 mm
<b>POTENCIA / CILINDRAJE</b>	140 HP	<b>NÚMERO DE NEUMÁTICOS:</b>	14	<b>RIN NEUMÁTICOS:</b>	22.5 in

Realizado por: Medina Henry, 2019

**Tabla 8-4:** Ficha técnica de cargadora

<b>FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO LIVIANO</b>					
					
<b>DATOS GENERALES</b>					
<b>MARCA:</b>	MAZDA		<b>MODELO:</b>	BT50 CD 4X2 STD GAS 2.2FL	
<b>CÓDIGO:</b>	VL-120		<b>TIPO DE VEHÍCULO:</b>	CAMIONETA	
<b>No. DE CHASÍS:</b>	8LFUNY0211M000321		<b>TIPO DE COMBUSTIBLE:</b>	DIESEL	
<b>No. DE MOTOR</b>	F2213190		<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>	2001	
<b>PLACA:</b>	PXN-0476		<b>CONDUCTOR</b>		
<b>DIMENSIONES Y CAPACIDADES</b>					
<b>LARGO, m:</b>	5169 mm	<b>ANCHO, m:</b>	1807 mm	<b>ALTO, m:</b>	1743 mm
<b>POTENCIA / CILINDRAJE</b>	2606 cc	<b>NÚMERO DE NEUMÁTICOS:</b>	4	<b>RIN NEUMÁTICOS:</b>	15 in

Realizado por: Medina Henry, 2019

La información completa de las fichas técnicas se encuentra en el anexo I

4.2.3 *Análisis de criticidad.* El análisis de criticidad sirve para clasificar a los activos dentro de niveles de importancia a la hora de realizar las tareas de mantenimiento, ya que si un equipo llegara a fallar repentinamente durante la ejecución de una obra, ésta tendría retrasos significativos que afectaría directamente a la economía de la Empresa. Para encontrar la criticidad se considera varios términos de suma relevancia que fueron detallados en la tabla 14 del capítulo 2. A continuación se realiza el cálculo de la criticidad de tres activos de la empresa.

Ver las tablas 9-4, 10-4, 11-4. La puntuación que alcanzó cada término se obtuvo mediante la consulta al personal de mantenimiento y operadores de los equipos.

A continuación se detalla cómo se le asignó a la cargadora 103 las puntuaciones en cada término para el respectivo cálculo; esta forma de asignar las puntuaciones a la cargadora, es el mismo para la volqueta 113 y furgoneta 125.

**Tabla 9-4:** Cálculo de la criticidad de la cargadora 103.

DATOS		CÁLCULO
FRECUENCIA DE FALLO	4	Criticidad = frecuencia de fallas * consecuencia Criticidad = $4 * ((10 * 4) + 1 + 1)$ Criticidad = 168
IMPACTO OPERACIONAL	10	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	4	
COSTOS DE MANTENIMIENTO	1	
IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	1	

Realizado por: Medina Henry, 2019

**Tabla 10-4:** Cálculo de la criticidad de la volqueta 113.

DATOS		CÁLCULO
FRECUENCIA DE FALLO	3	Criticidad = frecuencia de fallas * consecuencia Criticidad = $3 * ((4 * 3) + 1 + 1)$ Criticidad = 42
IMPACTO OPERACIONAL	4	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	3	
COSTOS DE MANTENIMIENTO	1	
IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	1	

Realizado por: Medina Henry, 2019

**Tabla 11-4:** Cálculo de la criticidad de la furgoneta 125.

DATOS		CÁLCULO
FRECUENCIA DE FALLO	3	Criticidad = frecuencia de fallas * consecuencia Criticidad = $3 * ((4 * 2) + 1 + 1)$ Criticidad = 30
IMPACTO OPERACIONAL	4	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	2	
COSTOS DE MANTENIMIENTO	1	
IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	1	

Realizado por: Medina Henry, 2019

4.2.3.1 *Frecuencia de fallos:* La frecuencia de fallos tuvo un puntaje de 4, este valor se refiere a que la cargadora 103 ha tenido más de dos fallas durante el año según su historial de fallas.

4.2.3.2 *Impacto operacional*: El puntaje obtenido es de 10, debido a que el equipo cuando la cargadora ha tenido una falla ha afectado directamente a la ejecución de la obra, dando como resultado que el resto de equipos también hayan parado sus trabajos.

4.2.3.3 *Flexibilidad operacional*: Debido a que la cargadora ha sido la única de su tipo en la obra, sin opción a ser reemplazada inmediatamente en caso de que falle imprevistamente, es que obtuvo una calificación de 4 puntos.

4.2.3.4 *Costos de mantenimiento*: A éste término se le asignó una puntuación de 1, debido a que el costo para que el equipo opere regularmente todo el años no superó el valor mínimo que sugiere el modelo de análisis de criticidad.

4.2.3.5 *Impacto a la seguridad y medio ambiente*: La puntuación de 1 ya que la cargadora no ha provocado daños a ninguna persona y tampoco se registraron derrames de aceite al medio ambiente.

Estos valores se remplazan en la fórmula para obtener de la criticidad de cada uno de ellos y se realiza el cálculo respectivo, del mismo que se obtienen los siguientes resultados: 168 puntos para la cargadora, lo que nos indica que es un equipo crítico; 42 puntos para la volqueta 113, mostrándonos así que es un equipo semi-crítico y 30 puntos para la furgoneta con lo que no demuestra que es un activo semi-crítico, según el modelo visto en la tabla 15 del capítulo 2.

En la tabla 12-4 se muestra el análisis de criticidad de varios equipo.

4.2.4 *Modelo de mantenimiento*. Una vez determinada la criticidad, se procede a seleccionar el modelo de mantenimiento que cada equipo debe tener.

De acuerdo a la criticidad de los equipos y su disponibilidad determinamos el modelo de mantenimiento más adecuado; considerando que los equipos de la empresa tienen criticidad y disponibilidad diferentes, los modelos también serán distintos; por lo tanto si tomamos como ejemplo a la cargadora 103, que según el análisis de criticidad es un equipo crítico con una disponibilidad entre un 40 y 90 %, debemos designarle un modelo de mantenimiento Sistemático. La disponibilidad de cada equipo es información proporcionada por el departamento de mantenimiento. En la tabla 13-4 podemos ver el modelo de varios equipos de la empresa con su respectivo modelo de mantenimiento.

**Tabla 12-4:** Análisis de criticidad.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS DE LA EMPRESA								
ACTIVO		FR. FALLO	CONCECUENCIA				CRITICIDAD	
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO		IMP. OPER.	FLEX. OPER.	COST. MTO.	IMP. SEG. MED. AMB.	RESULTADO	PONDERACIÓN
CARGADORA	CAR-103	4	10	4	1	1	168	CRÍTICO
EXCAVADORA	EXC-111	4	7	3	1	1	92	CRÍTICO
TRACTOR	TRA-106	4	10	4	1	1	168	CRÍTICO
TANQUERO	VSP-112	3	7	2	1	1	48	SEMI-CRÍTICO
VOLQUETA	VSP-113	3	4	3	1	1	42	SEMI-CRÍTICO
VOLQUETA	VP-142	3	7	2	1	1	48	SEMI-CRÍTICO
CAMION	VSL-108	3	7	2	1	1	48	SEMI-CRÍTICO
CAMIONETA	VL-124	3	4	3	1	1	42	SEMI-CRÍTICO
FURGONETA	VL-125	3	4	2	1	1	30	SEMI-CRÍTICO

Realizado por: Medina Henry, 2019

En el Anexo J se encuentra el análisis de criticidad de los activos restantes.

**Tabla 13-4:** Modelos de mantenimiento.

Código del equipo	Descripción	Criticidad	Disponibilidad	Modelo
CAO-MQ-CAR-103	CARGADORA	CRÍTICO	85	Sistemático
CAO-VP-VP-111	CABEZAL	SEMI-CRÍTICO	38	Condicional
CAO-VL-VSL-108	CAMION	SEMI-CRÍTICO	27	Condicional
CAO-VL-VL-124	CAMIONETA	SEMI-CRÍTICO	35	Condicional
CAO-VL-VL-125	FURGONETA	SEMI-CRÍTICO	29	Condicional
CAO-VL-VSL-109	TANQUERO COMBUSTIBLE	SEMI-CRÍTICO	23	Condicional

Realizado por: Medina Henry, 2019

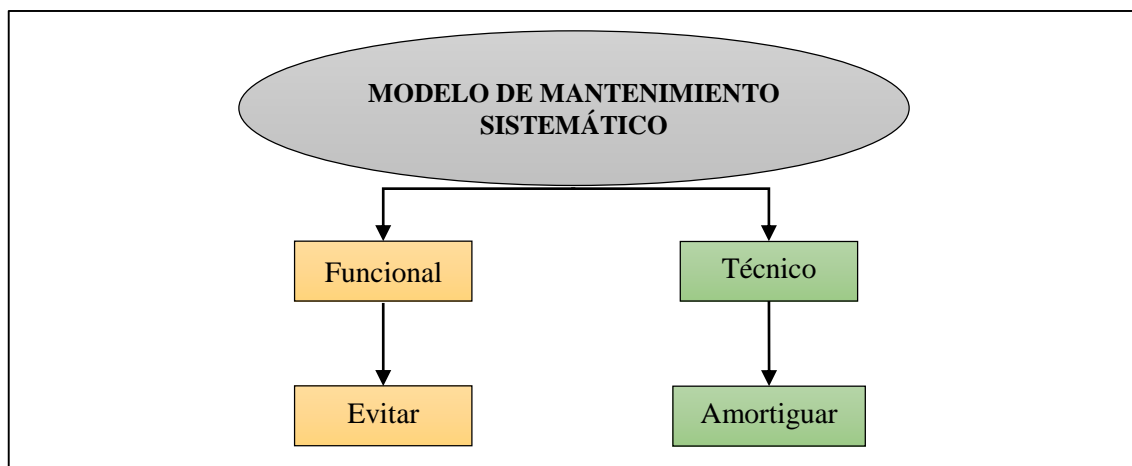
La información de los modelos de mantenimiento que faltan se encuentra en el anexo K.

4.2.5 *Análisis RCM abreviado.* Una vez que se asigna el modelo de mantenimiento de la cargadora; se procede a realizar el análisis RCM Abreviado, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

1. Para detectar las fallas se revisa los historiales de fallos que se dieron durante su ciclo de vida; así como también se considera la experiencia de los técnicos y operadores.
2. Se determina el tipo de fallo al que pertenece cada falla; si la falla que se presenta produce consecuencias a sus funciones de manera parcial o total, entonces estamos frente al tipo de falla funcional; y si la falla afecta al equipo, pero éste aun así puede desempeñar los trabajos asignados, entonces diremos que es una falla técnica.

3. Se establecen los modos de fallo analizando de forma detallada que es lo que produce la falla, es decir el problema raíz.
4. Clasificamos los modos de falla basándonos en la figura 2-4, en esta figura vemos que si el equipo tiene un modelo de mantenimiento sistemático y el tipo de falla es funcional, entonces el modo de falla será a evitar; pero si el equipo tiene el mismo modelo de mantenimiento pero el tipo de falla es técnico, entonces el modo de falla será a amortiguar. Como se ve en la figura 2-4.

**Figura 2-4:** Selección del modo de falla.



Realizado por: Medina Henry, 2019

En la Tabla 14-4, podemos ver el análisis RCM abreviado para la cargadora 103; este proceso se realiza para todos los equipos.

**Tabla 14-4:** RCM abreviado de la cargadora 103.

Equipo	Falla	Tipo	Modo de fallo	Clasificación
CARGADORA 103	Motor se recalienta	Funcional	Filtro de aceite del motor saturado	Evitar
		Funcional	Radiador sucio	Evitar
		Funcional	Aceite del motor deteriorado	Evitar
		Funcional	Fugas de aceite del motor	Evitar
		Funcional	Bandas del ventilador desgastadas	Evitar
		Funcional	Bandas del ventilador destempladas	Evitar
	Motor no enciende	Funcional	Filtro de combustible dañado	Evitar
		Funcional	Filtro de aire dañado	Evitar
		Funcional	Terminales de las baterías flojos	Evitar
		Funcional	Bornes de las baterías sulfatados	Evitar
		Funcional	Bandas del alternador desgastadas	Evitar
		Funcional	Bandas del alternador destempladas	Evitar
	Gatos hidráulicos sin potencia	Funcional	Filtro hidráulico obstruido	Evitar
		Funcional	Aceite del sistema hidráulico deteriorado	Evitar
	Transmisión se atasca	Técnico	Filtro de transmisión sucio	Amortiguar
Técnico		Aceite de transmisión deteriorado	Amortiguar	
Técnico		Aceite del mando final y diferencial delantero deteriorado	Amortiguar	

**Tabla 14-4 (Continuación): RCM abreviado de la cargadora 103.**

	Técnico	Aceite del mando final y diferencial posterior deteriorado	Amortiguar
Motor pierde potencia	Funcional	Filtros de aire del sistema de admisión sucios	Evitar
	Funcional	Motor consume aceite	Evitar
Fugas del líquido de freno	Técnico	Acumulador del freno deteriorado	Amortiguar
Freno de parque no se acciona	Técnico	Elementos del freno de parqueo desgastados	Amortiguar
Estructura deteriorada	Técnico	Estructura de protección para volcamiento corroída	Amortiguar
Cargadora no frena al instante	Técnico	Discos del freno de servicio cristalizados	Amortiguar
Pivote de los cilindros desgastados	Técnico	Grasa de los pivotes de los cilindros deteriorada	Amortiguar
Pines de articulación desgastados	Técnico	Grasa de los pines de articulación contaminada	Amortiguar
Varillaje del cilindro de levantamiento desgastado	Técnico	Grasa del varillaje del cilindro de levantamiento contaminado	Amortiguar
Cilindro de la dirección desgastado	Técnico	Grasa del cilindro de la dirección deteriorada	Amortiguar
Bocines y varillaje del cucharón desgastados	Técnico	Grasa de los bocines y varillaje del cucharón contaminada	Amortiguar
Cojinete de soporte del eje motriz desgastados	Técnico	Grasa de los cojinete de soporte del eje motriz contaminada	Amortiguar
Rodamientos del eje oscilante posterior desgastados	Técnico	Grasa de los rodamientos del eje oscilante posterior deteriorada	Amortiguar
Tuercas no aprietan las llantas	Técnico	Tuercas de las llantas del equipo están flojas	Amortiguar
Dirección desalineada	Técnico	Neumáticos se desgastan desiguales	Amortiguar
Baja potencia del motor	Funcional	Válvulas descalibradas	Evitar
Bomba de combustible obstruida	Técnico	Tanque de combustible sucio	Amortiguar
Tapa contamina el combustible	Técnico	Tapa del tanque de combustible sucia	Amortiguar
Agua en el aceite	Técnico	Respiradero del cárter obstruido	Amortiguar

Realizado por: Medina Henry, 2018

En el anexo L podemos ver el análisis RCM abreviado de los demás activos.

### 4.3 Plan de mantenimiento

4.3.1 *Tareas de mantenimiento.* Las tareas se determinaron basándonos en la metodología que se muestra en la tabla 17 del capítulo 2, y en función al modelo de



mantenimiento que se le asignó al equipo, las mismas que tienen el propósito de eliminar o reducir los modos de falla. A las tareas se le asigna el personal que va a ejecutarlas y la frecuencia con que se deben hacer.

4.3.1.1 *Frecuencia de mantenimiento:* Las tareas de mantenimiento se deben realizar cada cierto periodo de tiempo, al que técnicamente se denomina frecuencia. La frecuencia que se asignó a las tareas se basó en las recomendaciones de los fabricantes, historial de fallos y experiencias del personal de mantenimiento.

En las tablas 15-4 y 16-4 se muestran las tareas asignadas para la cargadora 103 y excavadora 103, el personal encargado de realizarlas y sus respectivas frecuencias.

**Tabla 15-4:** Tareas de mantenimiento de la cargadora 103

TAREAS DE MANTENIMIENTO		
Equipo	Tarea	Frecuencia
CARGADORA 103	Ajustar las bandas del ventilador	250 h
	Ajustar las válvulas de admisión y escape	2000 h
	Ajustar y limpiar terminales de baterías	250 h
	Ajuste de las tuercas de las llantas del equipo	250 h
	Cambiar de aceite y filtro del motor	250 h
	Cambiar el aceite del mando final y diferencial delantero y posterior	2000 h
	Cambiar el aceite y filtro del sistema hidráulico	500 h
	Cambiar el aceite y filtro de la transmisión	1000 h
	Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible	250 h
	Engrasar el varillaje del cilindro de levantamiento	250 h
	Engrasar los pines de articulación	250 h
	Engrasar los pivotes de los cilindros de la dirección	250 h
	Inspección de niveles de fluidos	250 h
	Inspección del acumulador del freno	250 h
	Inspección del sistema de freno	250 h
	Inspección visual de estructura de protección para volcamiento	250 h
	Inspección y ajuste de bandas del alternador	250 h
	Inspeccionar desgaste en discos del freno de servicio	2000 h
	Limpiar la parte exterior del radiador	250 h
	Limpiar la tapa del tanque de combustible y respiradero del cárter	250 h
	Limpiar los filtros de aire del sistema de admisión	250 h
	Lubricar el cilindro de la dirección	250 h
	Lubricar los bocines y varillaje del cucharón	250 h
	Lubricar los cojinete de soporte del eje motriz	250 h
	Lubricar los rodamientos del eje oscilante posterior	250 h
	Reemplazar filtro de combustible	250 h
	Reemplazar filtros de aire	1000 h
	Revisar la presión de los neumáticos	250 h
Revisar las bandas del alternador	250 h	
Revisar las mangueras y abrazaderas del motor	250 h	

Realizado por: Medina Henry, 2019

**Tabla 16-4:** Tareas de mantenimiento de la excavadora 103

TAREAS DE MANTENIMIENTO		
Equipo	Tarea	Frecuencia
EXCAVADORA 103	Ajustar las cadenas del tren de rodaje	250 h
	Ajustar y limpiar terminales de baterías	250 h
	Cambiar el aceite del sistema hidráulico	2000 h
	Cambiar el aceite y filtro del motor	250 h
	Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible	250 h
	Inspección y ajuste de las bandas del alternador y ventilador	250 h
	Inspeccionar el desgaste de cuchillas y puntas del cucharón	250 h
	Inspeccionar y limpiar el respiradero del cárter	250 h
	Limpiar el exterior del radiador	250 h
	Limpiar el filtro separador de agua	250 h
	Limpiar los filtros de aire del sistema de admisión	1000 h
	Lubricar de rodamiento de la tornamesa	250 h
	Lubricar las articulaciones del cucharón, stick y boom	250 h
	Reemplazar el filtros de aire	1000 h
	Reemplazar el filtro combustible	250 h
	Remplazar sellos para filtro separador de agua	250 h
Revisar las mangueras y abrazaderas del motor	250 h	

Realizado por: Medina Henry, 2019

Las tareas de mantenimiento para los equipos que faltan están en el anexo M

4.3.2 *Logística de mantenimiento.* Los materiales y repuestos se asignaron dependiendo de la tarea de mantenimiento que se esté yendo a ejecutar, lo que permite optimizar el tiempo destinado para realizarlas.

4.3.2.1 *Mano de obra:* De acuerdo a lo que la tarea de mantenimiento detalle lo que se tiene que hacer, se asignará la mano de obra más adecuada; por ejemplo, las que estén destinadas a lubricar las partes de los equipos serán dadas al personal de lubricación para que las ejecuten; o si la tarea pide ajustar las válvulas del motor, entonces será destinada para que el mecánico lo haga.

Con este criterio se elige la mano de obra para realizar las tareas. La mano de obra será denominada según su especialidad como se indica en la tabla 17-4.

**Tabla 17-4:** Mano de obra.

MANO DE OBRA	
1	Mecánico
2	Lubricador
3	Electromecánico
4	Soldador

Realizado por: Medina Henry, 2019

4.3.2.2 *Materiales y repuestos*: Los materiales y repuestos fueron determinados de acuerdo a la tarea que se programó realizar; por ejemplo:

Para la tarea donde se tenga que cambiar el aceite y filtro de motor, se utiliza como repuestos el aceite y filtro, quienes tienen códigos propios que los fabricantes recomiendan utilizar en cada equipo, a su vez el fabricante nos indica la cantidad de repuestos que se va a utilizar.

Los materiales elegimos de acuerdo a la tarea, para este caso donde se tiene que cambiar el aceite y filtro del motor, vamos a utilizar una funda de Guaipe que nos sirve principalmente para limpiar los derrames del aceite que se puedan y la parte donde se colocará el nuevo filtro.

En las tareas donde se tenga que realizar inspecciones no se utilizan materiales no repuestos, ya que para realizarlas solo utilizamos nuestros sentidos como son el tacto, el oído, el olfato y la vista.

Los códigos que la empresa ha asignado a sus repuestos y materiales para ingresar a bodega son confidenciales y propios de la misma.

4.3.2.3 *Herramientas y equipos*: La selección de herramientas y equipos al igual que en los materiales y repuestos, dependen del tipo de tarea que se haya programado.

Para el ejemplo anterior, donde la tarea es cambiar el aceite y filtro del motor, vamos elegir como herramientas y equipos una llave para filtros, llaves de boca ajustable y llaves de boca fija, ya que son las más adecuadas para este tipo de trabajos; la correcta selección nos permite realizar el trabajo de manera ágil y segura.

El tiempo que se destina para el cumplimiento de esta tarea, está basado en las experiencias del personal de mantenimiento y las habilidades de quien las ejecuta.

Con este mismo análisis se asigna los materiales, repuestos, herramientas, equipos y tiempo de ejecución a todas las tareas de mantenimiento destinadas a los activos de la empresa.

En las tablas 18-4 y 19-4 vemos la logística de mantenimiento para la cargadora 103 y excavadora 103.

**Tabla 18-4:** Logística de mantenimiento para la cargadora 103

EQUIPO	TAREA	FRECUENCIA	MANO DE OBRA	MATERIALES Y REPUESTOS	CÓDIGO	CANTIDAD	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN (min)
CARGADORA 103	Ajustar las bandas del ventilador	250 h	Electromecánico				Llaves de boca fija	30
	Ajustar las válvulas de admisión y escape	2000 h	Mecánico				Lainas de calibración, llaves de boca fija, llave de boca ajustable	60
	Ajustar y limpiar terminales de baterías	250 h	Electromecánico	Liga	N° 200	1 unidad	Llaves de boca fija	15
				Limpiador	Wd 40	1 unidad		
	Ajuste de las tuercas de las llantas del equipo	250 h	Mecánico				Llave de aire a presión, compresor, llave en cruz, llaves de vaso	15
	Cambiar de aceite y filtro del motor	250 h	Lubricador	Funda de guaípe		1 unidad	Llave para filtros, llave de boca fija y ajustable	45
				Filtro	1R0739/ 1R1807	1 unidad		
				Aceite	SAE15W 40	8 gal		
	Cambiar el aceite del mando final, diferencial delantero y posterior	2000 h	Lubricador	Funda de guaípe		1 unidad	Llave para filtros, llave de boca fija y ajustable	60
				Aceite hidráulico	SAE 80W90	19 gal		
	Cambiar el aceite y filtro de la transmisión	1000 h	Lubricador	Filtro	1G8878	1 unidad	Llave para filtros, llave de boca fija y ajustable	60
				Aceite	SAE 30	11 gal		
	Cambiar el aceite y filtro del sistema hidráulico	500 h	Lubricador	Filtro	1R0722	1 unidad	Llave para filtros, llave de boca fija y ajustable	60
				Aceite	SAE10	16 gal		
	Cambio filtro de combustible	250 h	Mecánico	Filtro	1R0753	1 unidad	Llave para filtros, llave de boca fija y ajustable	25
Cambio filtros de aire	1000 h	Mecánico	Filtro primario	6I2501	1 unidad	Llave para filtros	25	
			Filtro secundario	6I2502	1 unidad			
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible	250 h	Mecánico				Llave de boca ajustable, compresor de aire	45	
Engrasar el cilindro de la dirección	250 h	Lubricador	Grasa	Multipropósito NLGI1	3250 g	Equipo de lubricación	30	
			Guaípe		1 unidad			
Engrasar el varillaje del cilindro de levantamiento	250 h	Lubricador	Grasa	Multipropósito NLGI1	3300 g	Equipo de lubricación	30	

**Tabla 18-4 (Continuación):** Logística de mantenimiento para la cargadora 103.

			Guaiepe		1 unidad		
Engrasar los bocines y varillaje del cucharón	250 h	Lubricador	Grasa	Multipro pósito NLGI1	4000 g	Equipo de lubricación	30
			Guaiepe		1 unidad		
Engrasar los cojinete de soporte del eje motriz	250 h	Lubricador	Grasa	Multipro pósito NLGI1	2500 g	Equipo de lubricación	30
			Guaiepe		1 unidad		
Engrasar los pines de articulación	250 h	Lubricador	Grasa	Multipro pósito NLGI1	4000 g	Equipo de lubricación	30
			Guaiepe		1 unidad		
Engrasar los pivotes de los cilindros de la dirección	250 h	Lubricador	Grasa	Multipro pósito NLGI1	1500 g	Equipo de lubricación	30
			Guaiepe		1 unidad		
Engrasar los rodamientos del eje oscilante posterior	250 h	Lubricador	Grasa	Multipro pósito NLGI1	1750 g	Equipo de lubricación	30
			Guaiepe		1 unidad		
Inspección del acumulador del freno	250 h	Mecánico					10
Inspección del sistema de freno	250 h	Mecánico					15
Inspección visual de estructura de protección para volcamiento	250 h	Soldador					10
Inspección y ajuste de bandas del alternador	250 h	Mecánico					30
Inspeccionar desgaste en discos del freno de servicio	2000 h	Mecánico					10
Limpiar la parte exterior del radiador	250 h	Mecánico	Guaiepe		1unidad	Compresor de aire, brocha	30
Limpiar la tapa del tanque de combustible y respiradero del cárter	250 h	Mecánico	Guaiepe		1 unidad	Compresor de aire, brocha	45
			Limpiador	Wd 40	1unidad		
Limpiar los filtros de aire del sistema de admisión	250 h	Mecánico	Guaiepe		1 unidad	Compresor de aire	30
Revisar la presión de los neumáticos	250 h	Mecánico					10
Revisar las bandas del alternador	250 h	Electromecánico					25
Revisar las mangueras y abrazaderas del motor	250 h	Mecánico					20

Realizado por: Medina Henry, 2019

**Tabla 19-4:** Logística de mantenimiento para la excavadora 103.

EQUIPO	TAREA	FREC UENCIA	MANO DE OBRA	MATERIALES Y REPUESTOS	CÓDIGO	CANTIDAD	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN (min)
EXCAVADORA 103	Ajustar las cadenas del tren de rodaje	250 h	Mecánico				Llave de aire a presión, compresor, llave en cruz, llaves de vaso	120
	Ajustar y limpiar terminales de baterías	250 h	Electromecánico	Liga	Nº 200	1 unidad	Llaves de boca fija	15
				Limpiador	Wd 40	1 unidad		
	Cambiar el aceite del sistema hidráulico	2000 h	Lubricador	Aceite	SAE 10	37 gal	Equipo de lubricación	45
	Cambiar el aceite y filtro del motor	250 h	Lubricador	Guaípe		1 unidad	Llave para filtros, llave de boca fija y ajustable	45
				Filtro	PH 52--- (1796)	1 unidad		
	Cambio el filtro combustible	250 h	Mecánico	Filtro	1R0751	1unidad	Llave para filtros, llave de boca fija y ajustable	25
				Guaípe		1unidad		
	Cambio los filtros de aire	1000 h	Mecánico	Filtro primario	1318822	1unidad	Llave para filtros, llave de boca fija y ajustable	25
				Filtro secundario	1318821	1unidad		
	Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible	250 h	Mecánico	Guaípe		1unidad	Llave de boca ajustable, compresor de aire	45
	Engrasar de rodamiento de la tornamesa	250 h	Lubricador	Grasa	Multiproósito NLGI1	1750 g	Equipo de lubricación	30
				Guaípe		1 unidad		
	Engrasar las articulaciones del cucharón, stick y boom	250 h	Lubricador	Grasa		2000 g	Equipo de lubricación	30
				Guaípe	Multiproósito NLGI1	1 unidad		
	Inspección y ajuste de las bandas del alternador y ventilador	250 h	Electromecánico					45
Inspeccionar el desgaste de cuchillas y puntas del cucharón	250 h	Soldador					10	
Inspeccionar y limpiar el respiradero del cárter	500 h	Mecánico					30	
Limpiar el exterior del radiador	250 h	Mecánico	Guaípe			1 unidad	Compresor de aire, brocha	30
Limpiar el filtro separador de agua	250 h	Mecánico	Guaípe			1 unidad	Compresor de aire	20
Limpiar los	1000 h	Mecánico	Guaípe				Compresor de	30

**Tabla 19-4 (Continuación):** Logística de mantenimiento para la excavadora 103.

	filtros de aire del sistema de admisión		co				aire	
	Reemplazar sellos para filtro separador de agua	250 h	Mecánico	Sellos	1466695	1 unidad	Llaves de boca fija y boca ajustable	45
	Revisar las mangueras y abrazaderas del motor	250 h	Mecánico					20

**Realizado por:** Medina Henry, 2019

La logística de mantenimiento de todos los equipos está en el anexo N.

4.3.3 *Gamas de mantenimiento.* Las gamas de mantenimiento consisten en agrupar las tareas que se realizan en un solo grupo tomando en cuenta algunos aspectos como son la frecuencia, esto facilita la ubicación de una tarea que está próxima a ser ejecutada.

En la tabla 20-4 y 21-4 podemos ver como todas las tareas de la cargadora 103 y excavadora 103 han sido agrupadas según éste criterio.

Éste criterio se aplica para todos los activos.

**Tabla 20-4:** Gamas de mantenimiento de la cargadora 103

EQUIPO	FRECUENCIA	TAREA
CARGADORA 103	250 h	Ajustar las bandas del ventilador
		Ajustar y limpiar terminales de baterías
		Ajuste de las tuercas de las llantas del equipo
		Cambiar de aceite y filtro del motor
		Cambio filtro de combustible
		Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible
		Engrasar el cilindro de la dirección
		Engrasar el varillaje del cilindro de levantamiento
		Engrasar los bocines y varillaje del cucharón
		Engrasar los cojinete de soporte del eje motriz
		Engrasar los pines de articulación
		Engrasar los pivotes de los cilindros de la dirección
		Engrasar los rodamientos del eje oscilante posterior
		Inspección de niveles de fluidos
		Inspección del acumulador del freno
		Inspección del sistema de freno
		Inspección visual de estructura de protección para volcamiento
		Inspección y ajuste de bandas del alternador
		Limpiar la parte exterior del radiador
		Limpiar la tapa del tanque de combustible y respiradero del cárter
Limpiar los filtros de aire del sistema de admisión		
Revisar la presión de los neumáticos		
Revisar las bandas del alternador		

**Tabla 20-4 (Continuación):** Gamas de mantenimiento de la cargadora 103.

		Revisar las mangueras y abrazaderas del motor
	500 h	Cambiar el aceite y filtro del sistema hidráulico
	1000 h	Cambiar el aceite y filtro de la transmisión
		Cambio filtros de aire
	2000 h	Ajustar las válvulas de admisión y escape
		Cambiar el aceite del mando final, diferencial delantero y posterior
		Inspeccionar desgaste en discos del freno de servicio

Realizado por: Medina Henry, 2019

**Tabla 21-4:** Gamas de mantenimiento de la excavadora 103.

EQUIPO	FRECUENCIA	TAREA
EXCAVADORA 103°	250 h	Ajustar las cadenas del tren de rodaje
		Ajustar y limpiar terminales de baterías
		Cambiar el aceite y filtro del motor
		Cambio el filtro combustible
		Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible
		Engrasar de rodamiento de la tornamesa
		Engrasar las articulaciones del cucharón, stick y boom
		Inspección y ajuste de las bandas del alternador y ventilador
		Inspeccionar el desgaste de cuchillas y puntas del cucharón
		Limpiar el exterior del radiador
		Limpiar el filtro separador de agua
		Reemplazar sellos para filtro separador de agua
		Revisar las mangueras y abrazaderas del motor
		500 h
	1000 h	Cambio los filtros de aire
	2000 h	Limpiar los filtros de aire del sistema de admisión
	Cambiar el aceite del sistema hidráulico	

Realizado por: Medina Henry, 2019

Las gamas de mantenimiento para los demás equipos están en el anexo N.

4.3.4 *Cronograma de mantenimiento.* Para realizar el cronograma se requiere conocer dos datos:

1. La última fecha, horas o kilómetros en la cual a los equipos se les dio mantenimiento, esto se obtiene del historial de mantenimiento, y nos sirve como punto de partida para programar el cronograma.
2. El número de semanas que deben transcurrir para realizar la próxima frecuencia de mantenimiento. Esta información se logra dividiendo la frecuencia para el número de horas operadas en la semana (UOPS). La frecuencia adquirimos de las gamas de mantenimiento; mientras que, las UOPS son el promedio de horas registradas de su último periodo de operación, información que se obtiene del historial de los hodómetro y tacómetros de cada equipo.

A continuación se realiza el cálculo de las UOPS para varios equipos de la empresa. Ver la tabla 22-4.



Por último dividimos la frecuencia de mantenimiento para las UOPS calculadas, y con esto obtenemos el número de semanas que deben transcurrir para programar la próxima fecha de mantenimiento. En la tabla 23-4 se realiza el cálculo para la cargadora 103 y excavadora 103 y el camión 105

**Tabla 22-4:** Cálculo de las UOPS.

EQUIPOS	INICIO DEL PERIODO DE OPERACIÓN		FIN DEL PERIODO DE OPERACIÓN		UOPS horas/ Kilómetros
CARGADORA 103	11/03/2019	12049	08/04/2019	12103	13,50
CARGADORA 104	08/03/2019	1229	04/04/2019	1298	18,00
CARGADORA 105	24/02/2019	15897	30/03/2019	16094	40,76
EXCAVADORA 103	18/03/2019	23930	15/04/2019	24074	36,00
EXCAVADORA 105	23/11/2018	13833	10/04/2019	13834	0,05
MOTONIVELADORA 103	19/02/2019	6608	29/03/2019	6679	12,91
MOTONIVELADORA 105	11/03/2019	9612	01/04/2019	9672	20,00
TRACTOR 105	07/03/2019	14662	09/03/2019	14672	30,00
CABEZAL 137	11/03/2019	15229	03/04/2019	15918	206,70
CAMIÓN 105	22/03/2019	501151	05/04/2019	502258	553,50

Realizado por: Medina Henry, 2019

Ya con toda la información encontrada se procede a realiza el cronograma anual de mantenimiento de todos los equipos de la Empresa.

En las tablas 24-4 y 25-4 vemos el cronograma de mantenimiento completo para la cargadora 103 y excavadora 103.

**Tabla 23-4:** Cálculo de las de las semanas para el próximo mantenimiento.

EQUIPOS	FRECUENCIAS	UOPS	SEMANAS PARA EL PRÓXIMO MANTENIMIENTO
CARGADORA 103	250 h	13.5 h	18.52
	500 h		37.04
	1000 h		74.08
	2000 h		148.16
EXCAVADORA 103	250 h	36 h	6.94
	500 h		13.88
	1000 h		27.76
	2000 h		55.52
CAMIÓN 105	5000 km	553.5 km	9.03
	10000 km		18.06
	30000 km		54.18
	60000 km		108.36
	100000 km		180.6

Realizado por: Medina Henry, 2019

En el anexo P se muestra el cronograma de mantenimiento con todos los activos.

**Tabla 24-4:** Cronograma de mantenimiento para la cargadora 103

EQUIPO		GAMA S DE MANTENIMIENTO (horas/kilómetros)	ÚLTIMA FECHA DE MANTENIMIENTO	HORAS/KILÓMETROS DE ÚLTIMO MANTENIMIENTO	UOPS (horas/kilómetros)	SEMANAS PARA PROXIMO MANTENIMIENTO	PRÓXIMA FECHA DE MANTENIMIENTO	CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO																						
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO							ENERO	FEBRE RO	MARZ O	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST O	SEPTIE MBRE	OCTU BRE	NOVIE MBRE	DICIEM BRE											
								SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS											
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
CARGADORA	103	250	13/12/2018	11920	13,50	18,52																								
		500																												
		1000																												
		2000																												

Realizado por: Medina Henry, 2019

**Tabla 25-4:** Cronograma de mantenimiento para la excavadora 103

EQUIPO		GAMA S DE MANTENIMIENTO (horas/kilómetros)	ÚLTIMA FECHA DE MANTENIMIENTO	HORAS/KILÓMETROS DE ÚLTIMO MANTENIMIENTO	UOPS (horas/kilómetros)	SEMANAS PARA PROXIMO MANTENIMIENTO	PRÓXIMA FECHA DE MANTENIMIENTO	CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO																					
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO							ENERO	FEBRE RO	MARZ O	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST O	SEPTIE MBRE	OCTUB RE	NOVIE MBRE	DICIEM BRE										
								SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS										
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
EXCAVADORA	EXC-103	250	05/02/2019	23855	36,00	6,94																							
		500																											
		1000																											
		2000																											

Realizado por: Medina Henry, 2019

4.3.5 *Solicitud de trabajo.* Las personas que están encargadas de los distintos talleres para dar mantenimiento a los activos de la empresa, son quienes emiten las solicitudes de trabajo al departamento de mantenimiento, de esta manera se dan las respectivas soluciones a los problemas que presenten. Ver tabla 26-4 se ve una solicitud para la cargadora 103.

Para llenar las solicitudes de trabajo se sigue el siguiente procedimiento:

- Escribir el taller que realiza la solicitud de trabajo
- Determinar el responsable de la solicitud.
- Escribir la fecha y hora que se realiza la solicitud.
- Describir las características del equipo, como son: el nombre, código, marca, modelo, placa o matrícula y el año del equipo.
- Escribir la falla que presenta.
- Describir el problema para poder determinar con mayor precisión la causa problema.
- Determinar el tipo de prioridad que tiene el equipo.
- Determinar qué tipo de mantenimiento se va a desarrollar.

**Tabla 26-4:** Solicitud de trabajo para la cargadora 103

SOLICITUD DE TRABAJO			N <sup>a</sup> 001
<b>TALLER SOLICITANTE</b>	<i>Electromecánica</i>	<b>RESPONSABLE</b>	
<b>EQUIPO</b>	<i>Cargadora</i>	<b>FECHA</b>	<i>02/04/2019</i>
<b>CÓDIGO</b>	<i>103</i>	<b>HORA</b>	<i>07:00</i>
<b>MARCA</b>	<i>Caterpillar</i>	<b>PLACA/MATRÍCULA</b>	<i>4.0-17983</i>
<b>MODELO</b>	<i>938F</i>	<b>AÑO</b>	<i>1996</i>
<b>FALLA</b>	<i>Motor no enciende</i>		
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:</b>		<b>PRIORIDAD</b>	
<i>La cargadora no enciende al momento de accionar switch de encendido. Las terminales de las baterías flojas, los bornes están sulfatados; además las bandas del alternador desgastada.</i>		<b>REGULAR</b>	
		<b>IMPORTANTE</b>	<i>X</i>
		<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>	
		<i>Correctivo</i>	
<b>FIRMA</b>			

Realizado por: Medina Henry, 2019

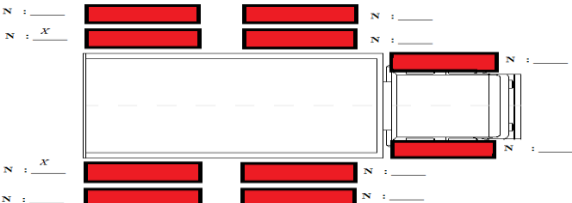
4.3.6 *Orden de trabajo.* El responsable del departamento de mantenimiento es quien realiza la orden de trabajo siguiendo el siguiente procedimiento, en la tabla 27-4 se muestra una orden de trabajo para la cargadora 103.

1. Escribir las características del equipo, como son: el nombre, código, marca, modelo, placa o matrícula y el kilometraje u hodómetro del equipo.
2. Escribir la ubicación donde está operando el equipo
3. Escribir el nombre que está operando el equipo.
4. Poner el nivel de combustible.
5. Escribir el nombre del técnico que recibe el equipo, acompañado de la fecha y hora.
6. Determinar qué tipo de mantenimiento es el que se va a revisar, sea correctivo, preventivo o predictivo si fuere el caso.
7. Escribir la falla por la que el equipo ha sido reportado.
8. Determinar las reparaciones requiere el equipo.
9. Escribir la fecha y hora de que inicia el mantenimiento, la mano de obra y el nombre del técnico que va a realizar el mantenimiento.
10. Escribir la fecha y hora estimada de finalización del mantenimiento, así como las horas aproximadas que se deben emplear para el mantenimiento.
11. Realizar las observaciones de las condiciones de los neumáticos.
12. Escribir las tareas que se realizaron junto con los repuestos que se utilizaron y la hora de inicio y fin de la tarea de mantenimiento.
13. Escribir la fecha y hora de finalización, acompañado de las horas que se emplearon para el mantenimiento.
14. Escribir las observaciones sobre el equipo que se está interviniendo, esto de ser necesario.
15. Finalmente deber firmar el técnico que realizó el mantenimiento y el responsable de verificar que se haya realizado el mantenimiento adecuadamente.

**Tabla 27-4:** Orden de trabajo para la cargadora 103

ORDEN DE TRABAJO				N°.	001
<b>EQUIPO</b>	<i>Cargadora</i>	<b>PLACA/MATRÍCULA</b>	<i>4.0-17983</i>	<b>OPERADOR</b>	<i>Fernando Toapanta</i>
<b>CÓDIGO</b>	<i>103</i>	<b>HORAS/KI LÓMETROS</b>	<i>12103 h</i>	<b>UBICACIÓN DEL EQUIPO</b>	<i>Mina</i>
<b>MARCA</b>	<i>Caterpillar</i>	<b>MODELO</b>	<i>938F</i>	<b>NIVEL DE COMBUSTIBLE</b>	
<b>RECIBIDO POR</b>	<i>Marcelo P.</i>	<b>FECHA</b>	<i>08/04/2019</i>	<b>HORA</b>	<i>16:40</i>
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>					

**Tabla 27-4 (Continuación):** Orden de trabajo para la cargadora 103.

<b>CORRECTIVO:</b>		<b>PREVENTIVO:</b> X		<b>PREDICTIVO:</b>	
<b>FALLA REPORTADA:</b> Motor no enciende					
<b>REPARACIÓN REQUERIDO:</b> a. Ajustar y limpiar las terminales de las baterías b. Cambiar las bandas del alternador					
<b>FECHA DE INICIO</b>	09/04/2019	<b>HORA DE INICIO</b>	07:00	<b>MANO DE OBRA</b>	Mecánico
				<b>NOMBRE DEL TÉCNICO</b>	Marcelo P
<b>FECHA DE FINALIZACIÓN ESTIMADA</b>	09/04/2019	<b>HORA DE FINALIZACIÓN ESTIMADA</b>	10:00	<b>HORAS ESTIMADAS</b>	3 h
				<b>OBSERVACIONES DE NEUMÁTICOS:</b>  Los neumáticos posteriores desgastados, R25.	
<b>TAREAS REALIZADAS</b>			<b>REPUESTOS UTILIZADOS</b>	<b>HORA INICIO</b>	<b>HORA FINAL</b>
Limpieza de los bornes de las baterías			WD-40, Lija 200	07:00	07:30
Ajuste de los bornes de las baterías				07:00	07:30
Cambio de las bandas del alternador			Bandas del alternador	07:30	09:45
<b>FECHA DE FINALIZACIÓN</b>	09/04/2019	<b>HORA DE ENTREGA</b>	09:45	<b>HORAS DE INTERVENCIÓN</b>	2h 45min
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b> Los neblineros no encienden Luz de dirección derecha no enciende					
Marcelo P. <b>FIRMA TÉCNICO</b>			Christian M. <b>FIRMA RESPONSABLE</b>		

Realizado por: Medina Henry, 2019

#### 4.4 Capacitación

El personal al cual se le capacitó sobre la propuesta alternativa de gestión fue: al Jefe de Mantenimiento preventivo, Jefe de Mantenimiento correctivo y a los encargados de cada taller, los temas que se trataron fueron los siguientes:

- Elaboración del inventariado y codificado, y su importancia al momento de gestionar la información.

- Creación de una ficha técnica y la importancia por la cual se debe realizar.
- Realización del análisis de criticidad y el propósito que tiene éste análisis.
- Realización del análisis RCM abreviado de los activos de la empresa, la importancia que tiene el análisis al momento de encontrar el problema su central y así planificar adecuadamente para disminuir las paras imprevistas.
- Elaboración de las tareas de mantenimiento, logística de mantenimiento, gamas de mantenimiento, cronograma de mantenimiento y solicitud y orden de trabajo.

Para capacitar sobre estos temas se hizo una presentación en PowerPoint, y debido al limitado tiempo que los directivos del Departamento de Mantenimiento disponen, la capacitación tuvo tres horas de duración, distribuida en tres días.

El primer día se abordaron los temas de sobre el inventariado y codificado, fichas técnicas y análisis de criticidad. En estos temas los participante no tuvieron problemas en cómo se deben realizar y la entender la importancia de cada uno de ellos.

El segundo día se trataron los temas del Análisis RCM abreviado y la elaboración de las tareas de mantenimiento y logística de mantenimiento.

El análisis RCM fue la parte en la cual los participantes realizaron preguntas sobre la diferencia del análisis RCM normal con el análisis RCM abreviado, para lo cual se les explico que el análisis RCM normal parte de la función que cumple cada activo para la búsqueda de fallas y que las fallas se clasifican en principales y secundarias, mientras que, el análisis RCM abreviado inicia ya desde las fallas que presentaron los equipo, se clasifican en funcionales y técnicas.

En el último día se explicó sobre los temas: gamas de mantenimiento, cronograma de mantenimiento, solicitud y orden de trabajo.

La capacitación de los temas realizados en el trabajo de titulación se llevó con total normalidad debido a que los participantes ya tienen conocimiento acerca de los tema.

Como aporte adicional a la capacitación del personal de mantenimiento, se realizó la presentación del trabajo de titulación al Gerente General, al Súper Intendente y a la Ingeniera representante de Talento Humano de la empresa.

A continuación se muestran imágenes de la capacitación y presentación del trabajo de

titulación en la empresa.

**Figura 3-4:** Capacitación al personal de mantenimiento.



Realizado por: Henry Medina, 2019

**Figura 3-4:** Presentación del trabajo de titulación a las autoridades de la empresa.



Realizado por: Henry Medina, 2019

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

La metodología de evaluación EEM que nos permitió diagnosticar en que nivel se encontraba la gestión de mantenimiento de la empresa, dándonos como resultado que la gestión se encuentra en un Nivel Aceptable en Mantenimiento, con un puntaje de 190.25 y a su vez las áreas de Recursos Gerenciales 41.8 puntos, Gerencia de la Información 43 puntos, Equipos y Tecnología de Mantenimiento 41.1 puntos, Planificación 30.1 puntos y por último Soporte Calidad y Motivación 34.3 punto; con lo cual se concluye que las áreas que requieren mejoras en su gestión son: Planificación y Soporte Calidad y Motivación, por lo tanto para el área de Planificación es necesario proponer un plan de mantenimiento, que permita mejorar la gestión del mantenimiento en la Empresa, basándose en las normas internacionales de calidad, seguridad y protección al medio ambiente.

Se elaboró el plan de mantenimiento preventivo basado en los resultados de la evaluación, lo que permitió determinar el área con mayor oportunidades de mejora, es así que, la planificación de mantenimiento preventivo ayudó a gestionar eficientemente los recursos que dispone la empresa para incrementar la disponibilidad de los activos y reducir significativamente las paradas no programadas.

La capacitación sobre la propuesta de Planificación, resultó de vital importancia, ya que el personal de mantenimiento entendió el valor de realizar una correcta planificación de mantenimiento para los activos y lo fundamental que es efectuar adecuadamente el cronograma, para así evitar tiempos no productivos al momento de cumplir las tareas programadas.

Realizar el análisis RCM abreviado nos fijó determinar las fallas y encontrar los modos de falla más relevantes que hacen que un activo de la empresa esté constantemente en los talleres de mantenimiento correctivo, y mediante esto, planificar el mantenimiento direccionados a evitar o amortiguar las fallas o modos de falla.



## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar auditorías externas para encontrar oportunidades de mejora continua en la gestión del mantenimiento de la Empresa.

Según los resultados de la evaluación EEM la empresa cuenta con un nivel aceptable en la gestión del mantenimiento, sin embargo, para seguir mejorando en las prácticas de mantenimiento se recomienda continuar realizando la planificación considerando los puntos más críticos que se obtengan en las evaluaciones futuras y así evitar el mal direccionamiento de la misma.

Se recomienda realizar periódicamente capacitaciones al personal de los talleres de mantenimiento de la Empresa, debido a que la actualización de sus conocimientos garantiza que realicen las tareas de mantenimiento cumpliendo con las normas de calidad y seguridad.

Se recomienda realizar el análisis RCM abreviado de los equipos, ya que ayudará a encontrar los modos de falla que producen que estén constantemente en reparación, y de esta manera minimizar o eliminar las consecuencias de las fallas para así poder planificar y ejecutar las tareas de mantenimiento, optimizando los recursos que la Empresa posee.

Para que la planificación dentro de la gestión del mantenimiento sea efectiva, se recomienda utilizar programas de mantenimiento actualizados como son los software, ya que con su manejo se puede reducir los tiempos que se invierte en la documentación y planificación del mantenimiento, minimizando también los errores humanos.

## BIBLIOGRAFÍA

**AJA, L. .** Scielo. [En línea] 2002. [Citado el: 19 de Abril de 2018.]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352002000500004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352002000500004).

**EMPRESA CONSTRUCTORA ALVARODO ORTIZ.** Antecedentes [En línea] 2018. [Citado el: 05 de Marzo de 2018.]. Disponible en: <http://www.cao.com.ec/>.

**CASTRO, E.** Proceso de Codificación de Equipos y Aplicación del Sistema SAP en la Gestión del Mantenimiento en Ampliación de la Planta Arauco Remanufactura Tres Pinos. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Austral de Chile, Ingeniería Mecánica, Valdivia, Chile, 2006. pp. 54 - 61. [Citado el: 07 de Mayo de 2018.] Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcic355p/sources/bmfcic355p.pdf>

**CRESPO, A; et al.** *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. Sevilla : Ingeman, 2012. pp 40 - 41.

**GARCÍA, S.** *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*. Madrid : Ediciones Díaz de Santos S:A:, 2003, pp. 3 - 131

**MÁRQUES, M.** Gestión de Mantenimiento. [En línea] 2010. [Citado el: 14 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/mrpayasin/gestionmantenimiento>

**NAVARRO, L; et al.** *Gestión Integral de Mantenimiento*. Barcelona : BOIXAREU Editores, 1997, pp 67.

**ISO-14224.** *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.*

**ISO-19011.** *Directrices para la auditoría de Sistemas de Gestión.*

**PARRA, C; et al.** *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos.* Sevilla : INGEMAN, 2015, pp 2.

**PULLUTAGSI, L.** Gestión del Mantenimiento en la Maquinaria Pesada del Gobierno Municipal del Cantón Píllaro. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo) Riobamba - Ecuador. 2013. pp. 12 - 13. [Citado el: 06 de Mayo de 2018.]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2409>

**SAE JA 1012.** Estándar. A Guide to the Reliability Centered Maintenance (RCM) standard. Estados Unidos.

**SEXTO, L.** ¿Cómo determinar la frecuencia de mantenimiento? seis criterios técnicos de decisión. Planet RAMS [En línea] 2017 . [Citado el: 29 de 01 de 2019.]. Disponible en: <http://planetrams.iusiani.ulpgc.es/?p=2062&lang=es>.

**SILICEO, A.** Capacitación y Desarrollo del personal. [En línea]. (4taed.). México: Editorial Limusa, 2003, [Citado el: 15 de 02 de 2019.]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=CJhlsrSuIMUC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

**TAVARES, L.** *Administración moderna de mantenimiento*. [En línea] 2000. [Citado el: 19 de Abril de 2018.]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/CarlosAlbertoZiga/administracion-moderna-de-mantenimiento-lourival-tavares>.

**UNE EN 13306.** *Terminología del mantenimiento*.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.** Importancia del Mantenimiento Industrial dentro de los Procesos de Producción. [En línea] Risaralda - Colombia 2010. pp. 334 - 335. [Citado el: 10 de Abril de 2018.]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4587110.pdf>

**VENTURA, M.** Portal de revistas de investigación UAP. [En línea] 2015, Perú, pp 57. [Citado el: 17 de Abril de 2018.]. Disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/viewFile/1087/1065>.