



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA, EN LOS
TALLERES DEL GOBIERNO AUTÓNOMO
DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE RIOBAMBA,
APLICANDO LA METODOLOGÍA (PMO)”**

**MAYORGA MAYORGA OLGER OSWALDO
OLMEDO JUMBO WALTER JAVIER**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA ECUADOR

2019

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-10-25

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

MAYORGA MAYORGA OLGER OSWALDO

Titulada: **“OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA, EN LOS TALLERES DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE RIOBAMBA, APLICANDO LA METODOLOGÍA (PMO)”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. César Marcelo Gallegos Londoño
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra
MIEMBRO DE TESIS

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-10-25

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

OLMEDO JUMBO WALTER JAVIER

Titulada: **“OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA, EN LOS TALLERES DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE RIOBAMBA, APLICANDO LA METODOLOGÍA (PMO)”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. César Marcelo Gallegos Londoño
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra
MIEMBRO DE TESIS

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRES DE LOS ESTUDIANTES: MAYORGA MAYORGA OLGER OSWALDO

TÍTULO DE LA TESIS: “OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA, EN LOS TALLERES DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE RIOBAMBA, APLICANDO LA METODOLOGÍA (PMO)”

Fecha de Examinación: 2019-01-15

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Antonio Haro Medina PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra MIEMBRO DE TESIS			

* 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

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRES DE LOS ESTUDIANTES: OLMEDO JUMBO WALTER JAVIER

TÍTULO DE LA TESIS: “OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA, EN LOS TALLERES DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE RIOBAMBA, APLICANDO LA METODOLOGÍA (PMO)”

Fecha de Examinación: 2019-01-15

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Antonio Haro Medina PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra MIEMBRO DE TESIS			

* 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 Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido 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.

Mayorga Mayorga Olger Oswaldo

Cédula de identidad: 060410201-2

Olmedo Jumbo Walter Javier

Cédula de identidad: 060456731-3

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Olger Oswaldo Mayorga Mayorga y Walter Javier Olmedo Jumbo, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados obtenidos en el mismo son auténticos y originales. Todos aquellos textos constantes presentes en el documento proveniente de otra fuente son debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos en este Trabajo de Titulación.

Mayorga Mayorga Olger Oswaldo

Cédula de identidad: 060410201-2

Olmedo Jumbo Walter Javier

Cédula de identidad: 060456731-3

DEDICATORIA

El presente trabajo que se realizó con mucho esfuerzo, sacrificio y sobre todo perseverancia es un homenaje del amor a mis padres Mario y Martha, mis hermanos y hermanas, Mauro, Dina, Marcelo (+), Norma, Tatiana, Bianca quienes supieron guiarme y apoyarme en todo momento. También quiero agradecer a todas esas personas que de una u otra forma contribuyeron al cumplimiento de este proyecto.

Olger Oswaldo Mayorga Mayorga

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la salud y permitir lograr todo lo que me propuesto, así también a mis padres y hermanos que me supieron enseñar el valor de la vida, sobre todo quiero rendir un homenaje especial a mi hermana Dina que supo apoyarme en mis aciertos y desaciertos, inculcarme valores y formarme como persona.

A mi hermano Marcelo (+) aunque no se encuentre con nosotros que fue como un segundo padre quiero decirle que lo logramos juntos.

Por último, agradezco infinitamente a la escuela Ingeniería de Mantenimiento, además del Ing. César Gallegos e Ing. Sergio Villacrés quienes compartieron sus conocimientos y otros docentes que son esenciales para formar Ingenieros.

Olger Oswaldo Mayorga Mayorga

CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

Pág.

CAPITULO I

1.	MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Justificación.....	2
1.3.	Problema.....	2
1.4.	Objetivos.....	3
1.4.1.	<i>Objetivo general.</i>	3
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.	Optimizar	4
2.2.	Maquinaria pesada	4
2.3.	Cuestionario	4
2.4.	Mantenimiento	5
2.4.1.	<i>Tipos de Mantenimiento.</i>	5
2.5.	Plan de Mantenimiento	7
2.6.	Niveles de Mantenimiento.....	7
2.6.1.	<i>Nivel Uno.....</i>	8
2.6.2.	<i>Nivel Dos.</i>	8
2.6.3.	<i>Nivel Tres.....</i>	9
2.6.4.	<i>Nivel Cuatro.</i>	9
2.7.	Inventario Técnico Jerárquico	10
2.8.	Metodología (PMO) Optimización del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	10
2.8.1.	<i>Paso uno, recopilación de tareas.</i>	12
2.8.2.	<i>Paso dos, análisis de los modos de falla.</i>	13
2.8.3.	<i>Paso tres, revisión de los modos de falla.</i>	13
2.8.4.	<i>Paso cuatro, análisis funcional (opcional).....</i>	14
2.8.5.	<i>Paso cinco, evaluación de consecuencias.</i>	14
2.8.6.	<i>Paso seis, determinación de las tareas de mantenimiento.</i>	15
2.8.7.	<i>Paso siete, agrupación y revisión.....</i>	17
2.8.8.	<i>Paso ocho, aprobación e implementación.....</i>	17
2.8.9.	<i>Paso nueve, programa dinámico.</i>	17
2.9.	Logística de Mantenimiento.	18
2.10.	Documentación de mantenimiento.....	19
2.10.1.	<i>Solicitud de trabajo.</i>	19

2.10.2.	<i>Orden de trabajo.</i>	19
2.10.3.	<i>Solicitud de repuestos</i>	20
2.11.	Capacitación	21

CAPÍTULO III

3.	REDISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CON LA METODOLOGÍA PMO	22
3.1.	Evaluación del plan de mantenimiento preventivo actual.	22
3.1.1.	<i>Pautas del cuestionario.</i>	22
3.1.2.	<i>Puesta en marcha del cuestionario.</i>	24
3.1.3.	<i>Evaluación y calificación.</i>	24
3.2.	Inventario técnico jerárquico	29
3.2.1.	<i>Nivel uno (Localización).</i>	29
3.2.2.	<i>Nivel dos (áreas).</i>	29
3.2.3.	<i>Nivel tres (sistemas).</i>	30
3.2.4.	<i>Nivel cuatro (equipos).</i>	31
3.3.	Aplicación de la metodología PMO	31
3.3.1.	<i>Recopilación de información.</i>	31
3.3.2.	<i>Análisis de los modos de falla.</i>	32
3.3.3.	<i>Revisión de los modos de falla.</i>	33
3.3.4.	<i>Depuración y codificación de los modos de falla.</i>	34
3.3.5.	<i>Evaluación de consecuencias.</i>	35
3.3.6.	<i>Determinación de las tareas de mantenimiento.</i>	36
3.3.7.	<i>Agrupación y Revisión.</i>	40
3.3.8.	<i>Aprobación e Implementación.</i>	41
3.3.9.	<i>Nueve Programa Dinámico.</i>	41
3.4.	Logística de mantenimiento	41
3.5.	Diseño de documentos	45
3.5.1.	<i>Solicitud de trabajo.</i>	46
3.5.2.	<i>Orden de trabajo</i>	46
3.5.3.	<i>Solicitud de repuestos.</i>	47
3.6.	Capacitación	48
3.6.1.	<i>Generalidades.</i>	48
3.6.2.	<i>Objetivos de la capacitación</i>	48
3.6.3.	<i>Estructura y desarrollo</i>	48
3.6.4.	<i>Metodología.</i>	48
3.6.5.	<i>Recursos.</i>	49
3.6.6.	<i>Revisado y aprobado</i>	49
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	50
	Conclusiones.	50
	Recomendaciones.	50

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2: Pasos entre RCM y PMO	11
Tabla 2-2: Recopilación de información	13
Tabla 3-2: Organización de la información	13
Tabla 4-2: Análisis y revisión de los modos de falla.....	14
Tabla 5-2: Análisis funcional.....	14
Tabla 6-2: Tipos de consecuencias	15
Tabla 7-2: Tareas de mantenimiento	17
Tabla 8-2: Recursos de logística.....	19
Tabla 9-3: Encuestadores.....	22
Tabla 10-3: Encuestados.....	23
Tabla 11-3: Criterios de evaluación.....	23
Tabla 12-3: Detalles del departamento de mantenimiento	24
Tabla 13-3: Evaluación y calificación al personal administrativo.....	25
Tabla 14-3: Evaluación y calificación al personal técnico	27
Tabla 15-3: Localización	29
Tabla 16-3: Áreas	30
Tabla 17-3: Sistemas.....	30
Tabla 18-3: Equipos.....	31
Tabla 19-3: Paso uno, tareas iniciales.....	32
Tabla 20-3: Paso dos, análisis de los modos de falla.....	32
Tabla 21-3: Paso tres, nuevos modos de falla.....	33
Tabla 22-3: Paso cuatro, depuración y codificación de los modos de falla.....	34
Tabla 23-3: Paso cinco, evaluación de consecuencias.....	35
Tabla 24-3: Paso seis, determinación de las tareas de mantenimiento	37
Tabla 25-3: Descripción de nuevas tareas de mantenimiento	38
Tabla 26-3: Paso siete, agrupación y revisión	40
Tabla 27-3: Logística de mantenimiento	42
Tabla 28-3: Costo de rutinas de mantenimiento	45
Tabla 29-3: Solicitud de Trabajo	46
Tabla 30-3: Orden de Trabajo.....	47

Tabla 31-3: Solicitud de repuestos	47
Tabla 32-3: Generalidades de la capacitación	48
Tabla 33-3: Estructura y desarrollo	48
Tabla 34-3: Revisión y aprobación.....	49

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2: Tipos de mantenimiento	6
Figura 2-2: Niveles de mantenimiento	7
Figura 3-2: Nivel básico	8
Figura 4-2: Nivel condicional.....	8
Figura 5-2: Nivel sistemático	9
Figura 6-2: Nivel de reacondicionamiento	9
Figura 7-2: Inventario técnico jerárquico	10
Figura 8-2: Fuentes de información	12
Figura 9-2: Resultados del diagrama de decisión del RCM	15
Figura 10-2: Selección de tareas de mantenimiento de fallas ocultas y evidentes	16
Figura 11-2: Procesos de gestión de activos.....	17
Figura 12-3: Costo efectivo	39

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1-3: Calificación al personal administrativo.....	26
Gráfico 2-3: Calificación al personal técnico	28

LISTA DE ABREVIACIONES

FMA	Análisis De Modos De Falla
GADM	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal
PMO	Optimización Del Plan De Mantenimiento
RCM	Mantenimiento Basado En La Confiabilidad
RAE	Real Academia Española

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Diagrama de decisión del RCM

Anexo B: Nivel cuatro (equipos)

Anexo C: Paso uno, tareas iniciales

Anexo D: Paso dos, análisis de los modos de fallo.

Anexo E: Paso tres, nuevos modos de fallo.

Anexo F: Paso cuatro, depuración y codificación de los modos de fallo

Anexo G: Paso cinco, evaluación de consecuencias

Anexo H: Paso seis, determinación de nuevas tareas de mantenimiento

Anexo I: Paso siete, agrupación y revisión

Anexo J: Aprobación e Implementación.

Anexo K: Logística de mantenimiento

Anexo L: Presupuesto estimado anual de la flota de maquinaria pesada del GADM
Riobamba

Anexo M: Listado de personal participante de los talleres municipales.

RESUMEN

En este proyecto técnico, denominado Optimización del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres municipales del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología (PMO), se inicia analizando el plan de mantenimiento actual, con la ayuda de un cuestionario hacia el personal administrativo y personal técnico, de aquí se obtienen los criterios hacia los cuales se debe enfocar la metodología. Se realiza un inventario técnico jerárquico, hasta el nivel cuatro, de equipos o subsistemas, cada nivel con su respectiva codificación. Se aplica la metodología PMO que consta de nueve pasos, el primer paso: recopilación de información, el segundo paso: análisis de los modos de falla, el tercer paso: revisión de los modos de fallo, el cuarto paso: depuración y codificación de los modos de fallo, el quinto paso: evaluación de consecuencias, el paso sexto: determinación de las políticas de mantenimiento, el séptimo paso: agrupación y revisión, El octavo paso: aprobación e implementación y por último en el noveno: programa dinámico. Se define la logística necesaria para ejecutar cada tarea, incluido un presupuesto estimado, se diseña la documentación necesaria para cumplir los procedimientos de mantenimiento y se capacita al personal sobre el plan de mantenimiento y la herramienta tecnológica que se usará. Se logró determinar 21 máquinas y 165 subsistemas, así como rediseñar el plan generalizado de 12 tareas promedio a un plan de mantenimiento preventivo de 26 tareas promedio.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO>, <OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO>, <LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO>, <TAREAS DE MANTENIMIENTO>, <MODOS DE FALLO>.

ABSTRACT

In this technical project, called Optimization of the plan of preventive maintenance of heavy machinery, in the municipal workshops of the Municipal Autonomous Decentralized Government of Riobamba, applying the methodology (OMP) Optimization of the Maintenance Plan, it starts by analyzing the current maintenance plan, with the help of a questionnaire to the administrative and technical staff, from here the criteria are obtained towards which the methodology should be focused. It is made a hierarchical technical inventory up to level four of equipment or subsystems, each level with its respective coding. The OMP methodology is applied which consists of nine steps, the first step: information collection, the second step: analysis of failure modes, the third step: review of failure modes, the fourth step: debugging and coding failure modes, the fifth step: evaluation of consequences, the sixth step: determination of maintenance policies, the seventh step: grouping and revision, the eighth step: approval and implementation and finally the ninth: dynamic program. The necessary logistics is defined to execute each task, including an estimated budget, the necessary documentation is designed to comply with the maintenance procedures and the personnel is trained on the maintenance plan and the technological tool that will be used. It was possible to determine 21 machines and 165 subsystems, as well as to redesign the generalized plan of 12 average tasks to a plan of preventive maintenance of 26 average tasks.

KEY WORDS: <SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING>, <MAINTENANCE ENGINEERING>, <MAINTENANCE PLAN OPTIMIZATION>, <MAINTENANCE LOGISTICS>, <MAINTENANCE TASKS>, <FAILURE MODES>.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto técnico tiene como propósito rediseñar el plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los Talleres 3 del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba mediante la metodología (PMO) Optimización del Plan de Mantenimiento. Esta entidad se encarga de la Administración del mantenimiento de la flota vehicular, que según el Plan de Mantenimiento Preventivo aprobado para el año 2018 cuentan con 142 unidades móviles, de las cuales 21 unidades pertenecen a Maquinaria Pesada, 3 a Furgones, 51 a Vehículos Livianos, 13 a Volquetas, 28 a Recolectores, 18 a Motos y 8 a Equipo Agrícola. El primer capítulo se muestra un diagnóstico del problema del proyecto técnico.

El segundo capítulo hace referencia a conceptos de mantenimiento, criterios de evaluación de encuestas y la metodología PMO para el diseño del nuevo plan de mantenimiento. La logística de mantenimiento es un factor clave para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, con la disminución de tiempos por retrasos.

Para el capítulo tres se desarrolla el rediseño del plan de mantenimiento de maquinaria pesada, iniciando con el análisis de la situación inicial, mediante un cuestionario al personal administrativo y otro al personal técnico, el cuestionario trata temas como: gestión de planes de mantenimiento, gestión de bodega y documentación de mantenimiento. Luego se definió un inventario técnico jerárquico con su respectiva codificación hasta el cuarto nivel. Se aplica la metodología PMO que consta de 9 pasos, teniendo como resultado un plan de mantenimiento acorde a las características de cada máquina y sus respectivas rutinas de mantenimiento con la logística necesaria para su ejecución. Se plantió un como estimado del plan de mantenimiento preventivo al año de la flota de maquinaria pesada, y por último se capacito al personal de los talleres tres sobre el trabajo realizado y tecnologías nuevas.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, ubicado en la provincia de Chimborazo, es una entidad pública, que tiene sus respectivas competencias según lo indica la Ley Orgánica Municipal del Ecuador, en la cual hay secciones y artículos referidos a la conservación de los bienes municipales, mismos que se detallan a continuación y que servirán de referencia para la realización de este trabajo:

Título V DE LOS BIENES E INGRESOS MUNICIPALES

Capítulo I De los Bienes Municipales

Sección 1a. Clasificación y Definición de los Bienes

Art. 249.- Son bienes municipales aquellos sobre los cuales las municipalidades ejercen dominio.

Los bienes municipales se dividen en bienes del dominio privado y bienes del dominio público. Estos últimos se subdividen, a su vez, en bienes de uso público y bienes afectados al servicio público.

Sección 2a. Del Cuidado e Inventario de los Bienes Municipales

Art. 259.- Es obligación del alcalde velar por la conservación de los bienes municipales y por su más provechosa aplicación a los objetos a que están destinados, ajustándose a las disposiciones de esta Ley.

Art. 261.- El uso indebido, destrucción o substracción de cualquier clase de bienes municipales por parte de terceros, serán sancionados por el juez de contravenciones con la pena prevista para las contravenciones de cuarta clase.

En el año 2012 se realizó un trabajo de titulación sobre Gestión Integral del Mantenimiento en los Equipos Móviles del Parque Automotor del Ilustre Municipio de Riobamba por el Ing. Adán Salvador Moreira Quiñones, donde se elaboró un Plan de

Mantenimiento genérico, que no se encuentra en ejecución, debido a que el parque automotor del GADM Riobamba ha sido renovado o dado de baja por obsolescencia.

Por esto se hace necesario la modificación del plan de mantenimiento del GADMR, de manera que se establezcan tareas de mantenimiento proactivas y determinen los recursos acordes a cada equipo y a su función dentro de la dependencia.

1.2. Justificación

El presente proyecto técnico está destinado a implementarse en los talleres municipales del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, la propuesta como estudiantes de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento es rediseñar el plan de mantenimiento vigente para la maquinaria pesada, utilizando la metodología (PMO), lo cual garantizará que los problemas repetitivos en la flota vehicular pesada disminuyan, estableciendo tareas adecuadas y añadiendo o descartando tareas que no se acoplen al contexto operacional del equipo, buscando así que el municipio obtenga mejoras técnicas y económicas.

Este trabajo se fundamenta en la carencia de actividades específicas para cada unidad, lo que conlleva a que la maquinaria pesada no pueda cumplir con su función, afectando así al cumplimiento de las competencias de desarrollo urbanas y rurales de la municipalidad (apertura y ampliación de vías, asfaltado y mantenimiento de vías, construcción de edificaciones, etc.).

El proyecto de titulación que se presenta sirve de guía para la correcta planificación logística y técnica, de los repuestos, materiales, herramientas y personal necesario para mantenimiento de la flota de maquinaria pesada que conforma el parque automotor del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba.

1.3. Problema

Una vez aprobado el Plan de Mantenimiento del año 2018 para la flota vehicular del GADMR y luego de su respectivo análisis, se identifica que los procedimientos básicos y limitados que se ejecutan actualmente en esta dependencia no satisfacen las necesidades de mantenimiento y conservación de la función de las unidades dentro del contexto operacional de cada una, detectando así que el problema principal, es la carencia de tareas específicas en el área de mantenimiento para cada unidad móvil.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Optimizar el Plan de Mantenimiento Preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología PMO (Optimización del Plan de Mantenimiento).

1.4.2. Objetivos específicos

Analizar el Plan de Mantenimiento vigente de maquinaria pesada en los talleres municipales.

Realizar el inventario jerárquico de cada unidad móvil hasta un nivel de subsistemas.

Aplicar la metodología (PMO) Optimización del Plan de Mantenimiento.

Definir la logística necesaria para cada tarea de mantenimiento.

Capacitar al personal para la correcta ejecución del plan de mantenimiento y manejo eficiente de recursos disponibles.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Optimizar

La RAE (2017) define a OPTIMIZAR como: Buscar la mejor manera de realizar una actividad.

El termino optimizar se refiere al mejoramiento o rediseño de los procesos que se encuentren en operación en una planta, independientemente de la actividad económica a la que se dedique la empresa.

Es necesario un método de análisis factible, fácil de comprender por el personal administrativo y técnico, para optimizar cualquier proceso de mantenimiento. El cual debe partir del proceso de mantenimiento existente en la empresa y mitigar las debilidades que se detecten.

2.2. Maquinaria pesada

Conjunto de mecanismos de grandes dimensiones, a diferencia de vehículos tradicionales, se usa comúnmente en obra civil y minería. Surgen de la necesidad de herramientas más fuertes para realizar trabajos de urbanización, vialidad, transporte, entre otros; demostrando ser imprescindibles para las actividades actuales del ser humano. (Cristina & Elorriaga, 2009, p.10)

2.3. Cuestionario

Este instrumento consiste en aplicar a un universo definido de individuos una serie de preguntas o ítems sobre un determinado problema de investigación del que se desea conocer algo. (Sierra, 1994, p. 194), puede contener temas sobre: la situación de algo o alguien, criterios para mejorar, entre otros, el cuestionario comúnmente es un documento escrito para obtener información.

Para la elaboración de un cuestionario, para evaluar la situación inicial, es necesario definir las pautas del cuestionario, mismas que se desarrollaran con detalle en el capítulo III:

- Objetivo del cuestionario: describe los resultados que se desean obtener con la elaboración del cuestionario.
- Programa del cuestionario: define los recursos humanos y características que intervendrán en la elaboración y puesta en marcha del cuestionario.
- Personal involucrado: describe quienes son los encuestadores, encuestados y de alguna forma se verifica que no sean nombres ficticios.
- Criterios de ponderación: son valores numéricos que serán patrones para evaluar los resultados que se obtengan con las respuestas de los encuestados. Los valores que se tomaran como referencia para la evaluación de este cuestionario, se obtendrán de la tesis del Ing. Raúl Capelo.(Capelo, 2017)

En el capítulo III se elaborarán 2 cuestionarios, uno para el personal administrativo y otro para el personal técnico, de los cuales se buscará evaluar la efectividad de las responsabilidades del personal, con preguntas relacionadas al plan de mantenimiento y recursos necesarios para cumplir con el plan de mantenimiento.

2.4. Mantenimiento

Desde el punto de vista industrial, el mantenimiento está definido por la norma europea EN 13306 (2011) la cual afirma que, es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida (p. 6).

Con el progreso de la industria a nivel mundial, el mantenimiento también ha evolucionado, en su gestión y ejecución. Tal es el caso que, varias empresas a nivel mundial que han logrado desarrollar de mejor manera sus prácticas de mantenimiento, entendiéndose por estas prácticas a, coordinación de trabajos en cuadrillas, servicios externos direccionados a una producción eficaz, respaldo de gerencia para una mejora continua, gestión de bodega integrando a proveedores, integración de departamentos para planificar y coordinar de forma proactiva, producción basada en confiabilidad, han logrado obtener un incremento significativo de confiabilidad y disponibilidad de sus activos, lo que se ve reflejado en mejores ingresos económicos.

2.4.1. Tipos de Mantenimiento. La norma UNE EN 13306 en su anexo A, clasifica al mantenimiento en correctivo y preventivo, como se ilustra en la figura 2-1.

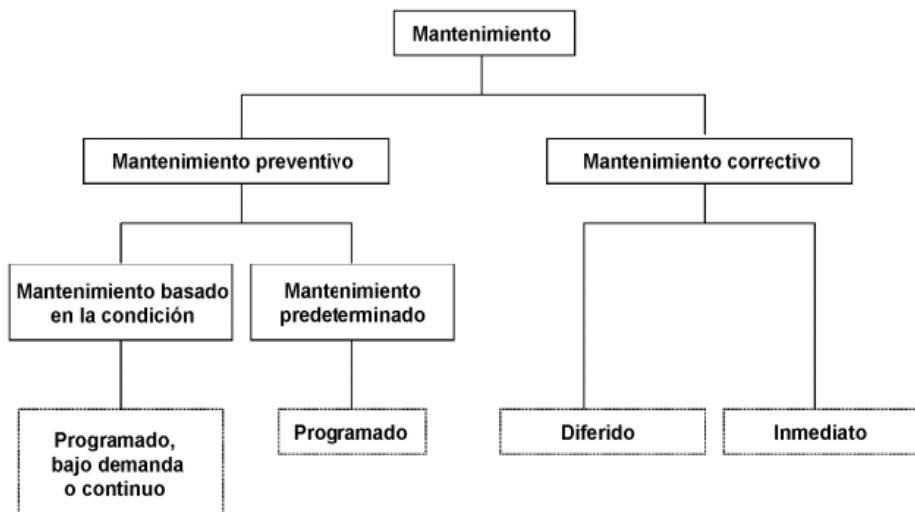


Figura 1-2: Tipos de mantenimiento

Fuente: (UNE-EN 13306, 2011)

- **Mantenimiento Correctivo.** El mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida (UNE-EN 13306, 2011, p. 13).

Este tipo de mantenimiento es el menos deseado, al punto de que toda empresa busca reducirlo al mínimo por las consecuencias que este puede originar, como, el costo que implica una reparación no planificada y el costo asociado a las paradas de producción.

- *Mantenimiento Preventivo.* Se previene pérdidas de la función de un activo físico, mediante la ejecución de tareas de mantenimiento a determinadas frecuencias o basados en guías de buen funcionamiento de un activo físico y UNE-EN 13306 (2011) lo define como mantenimiento que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento (p.13).
- *Mantenimiento Preventivo Basado en la Condición.* Es aquel mantenimiento que permite monitorear, prevenir, predecir y diagnosticar con los recursos adecuados para cada situación de un activo físico. De acuerdo a UNE-EN 13306 (2011) el mantenimiento preventivo que incluye una combinación de monitorización de la condición y/o la inspección y/o los ensayos, análisis y las consiguientes acciones de mantenimiento (p.13).
- *Mantenimiento Predeterminado.* Baza sus lineamientos de prevención en frecuencias definidas independientemente de su estado, de hecho, es el mantenimiento preventivo que se realiza de acuerdo con intervalos de tiempo establecidos o con un número definido de

unidades de funcionamiento, pero sin investigación previa de la condición (UNE-EN 13306, 2011, p. 13).

2.5. Plan de Mantenimiento

La evolución de la gestión de mantenimiento en la industria se ha convertido en un pilar fundamental para el crecimiento de cualquier tipo de empresa, y la base de una buena gestión de mantenimiento es sin duda la realización y ejecución de un plan de mantenimiento que se acople de la mejor manera a los activos y a las tareas de mantenimiento de una empresa, así podemos definir a un plan de mantenimiento de la siguiente manera: Conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento (UNE-EN 13306, 2011, p. 7).

2.6. Niveles de Mantenimiento

Los niveles de mantenimiento son una combinación de los diferentes tipos de mantenimiento, ejecutados en proporciones diferentes, de acuerdo con las necesidades, condiciones de operación y criticidad de cada activo físico en la industria.

En todos los niveles de mantenimiento, se incluyen tres actividades básicas que hacen posible la conservación de un activo: inspecciones visuales, lubricación y tareas correctivas (García, 2003), conforme incrementan los niveles de mantenimiento, se añaden nuevas actividades de mantenimiento, buscando reducir las intervenciones correctivas.

La figura 2-2, representa los niveles de mantenimiento.

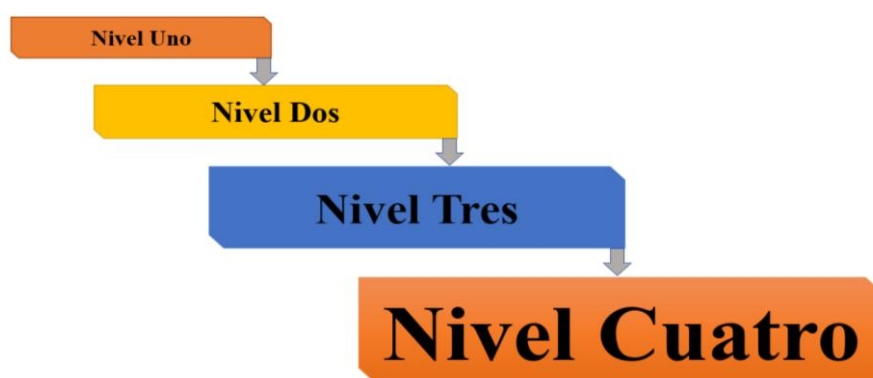


Figura 2-2: Niveles de mantenimiento

Fuente: (García, 2003)

Realizado por: Autores

2.6.1. *Nivel Uno.* Este nivel es básico, incluye inspecciones visuales, lubricación y tareas correctivas mencionadas anteriormente. Este nivel se ajusta a los equipos que dispongan el más bajo nivel de criticidad, en los cuales un fallo funcional no afecta técnica ni económicamente. En la figura 3-2 se muestran las tareas que componen el nivel uno de mantenimiento.

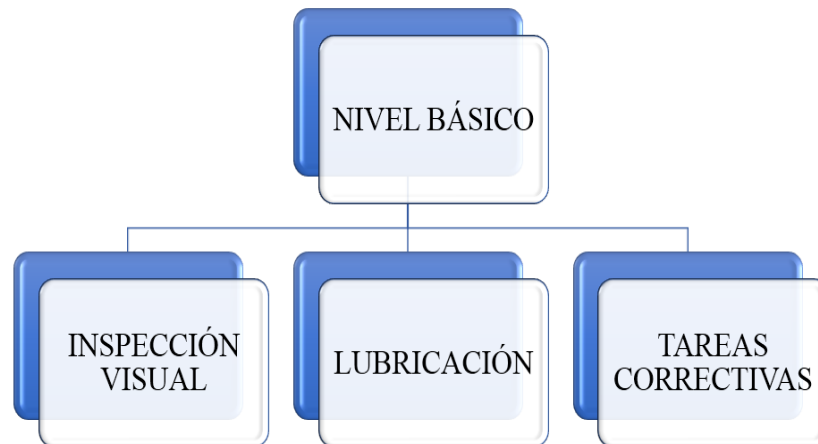


Figura 3-2: Nivel básico

Fuente: (García, 2003)

Realizado por: Autores

2.6.2. *Nivel Dos.* Toma como base el nivel uno, adicionando tareas de mantenimiento basadas en la condición, que ayudarán a tomar acciones preventivas o correctivas.

De acuerdo con García (2003). este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso menos del 40% del tiempo, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo, su probabilidad de fallo es baja (p.35). Las tareas que se ejecutan en este nivel se presentan en la figura 4-2.

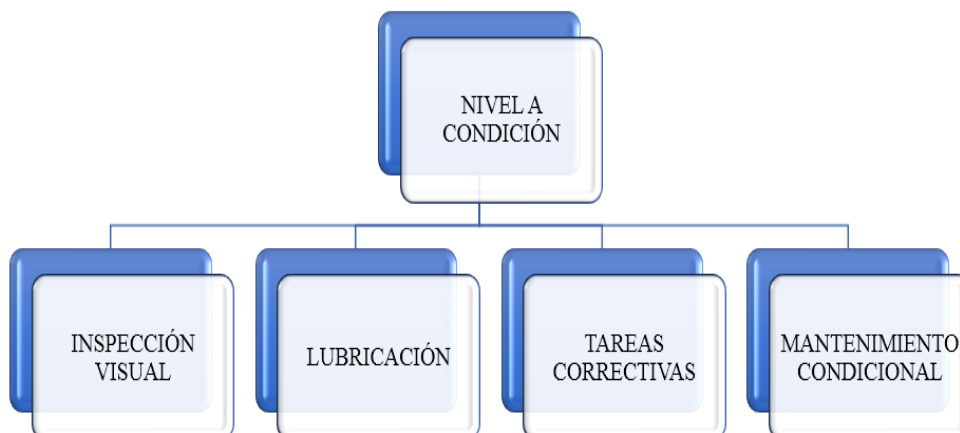


Figura 4-2: Nivel condicional

Fuente: (García, 2003)

Realizado por: Autores

2.6.3. *Nivel Tres.* En este nivel se adiciona el mantenimiento sistemático, a las tareas que se incluyeron en el nivel dos, es un nivel de gran aplicación en equipos de disponibilidad media (40% al 90% de tiempo), de cierta importancia en sistemas productivos y cuyas averías causan algunos inconvenientes pero son asumibles (García, 2003,p.36). Las tareas de este nivel de mantenimiento se muestran en la figura 5-2.



Figura 5-2: Nivel sistemático

Fuente: (García, 2003)

Realizado por: Autores

2.6.4. *Nivel Cuatro.* Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige unos niveles de disponibilidad elevados, sobre el 90%. (García, 2003, p.37).

En este nivel, además de las tareas de mantenimiento de los niveles anteriores, se adiciona el overhaul (puesta a cero de la máquina), para poder alcanzar una meta de cero averías, ya que estos activos tienen una gran relevancia en la producción y son críticos. Las tareas de este nivel de mantenimiento se muestran en la figura 6-2.



Figura 6-2: Nivel de reacondicionamiento

Fuente: (García, 2003)

Realizado por: Autores

2.7. Inventario Técnico Jerárquico

Saber cuál es el listado de activos que posee una empresa, definir su grado de importancia y codificarlos, con el fin de facilitar un proceso de reconocimiento para las diferentes actividades de gestión de cada activo, es el inicio de un plan de mantenimiento,

La RAE (2017) define a un inventario como: asiento de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión.

Un inventario técnico, para poder establecer una matriz de mantenimiento debe contener por lo menos cuatro niveles jerárquicos, como se observa en la figura 7-2.

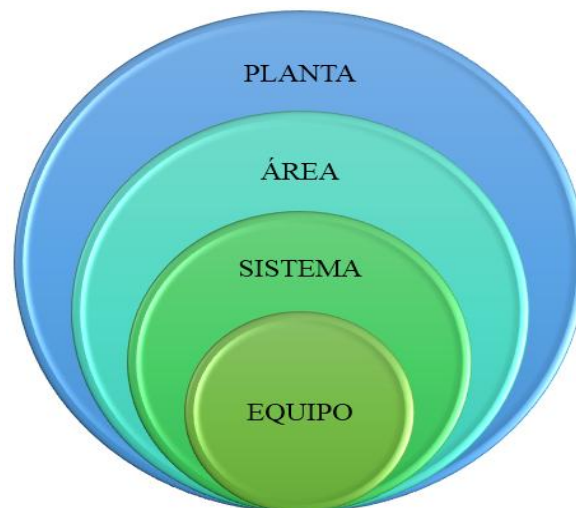


Figura 7-2: Inventario técnico jerárquico

Fuente: (García, 2003)

Realizado por: Autores

- Planta. Centro de operación o establecimiento donde se localizan todas las áreas que posee una empresa.
- Área. Zona específica de la planta donde se localizan todos los sistemas de un proceso.
- Sistema. Elementos productivos que componen un área.
- Equipo. Cada activo que conforma un sistema e interviene en un proceso.

2.8. Metodología (PMO) Optimización del Plan de Mantenimiento Preventivo

La metodología del PMO se basa en los principios o fundamentos del RCM *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*, la metodología PMO inicia con un análisis del plan de mantenimiento vigente, recolección del histórico de fallas y toda la

información que se pueda recolectar del activo físico, busca oportunidades de mejora y corregir deficiencias en el plan de mantenimiento actual. A continuación, en la tabla 1-2, se detalla los lineamientos que siguen el RCM y el PMO.

Tabla 1-2: Pasos entre RCM y PMO

PASOS DEL RCM	PASOS DEL PMO
1 Definir las funciones dentro del contexto operacional	1 Recopilación de Tareas
2 Determinar los fallos funcionales	2 Análisis de Modos de Falla (FMA)
3 Definición de los modos de fallo	3 Racionalización y Revisión de FMA
4 Definición de los efectos de fallo	4 Análisis Funcional (Opcional)
5 Evaluación de las consecuencias reales	5 Evaluación de Consecuencias
6 Definición de las tareas de mantenimiento	6 Definición de la Tarea de Mantenimiento
7 Acciones a falta de	7 Agrupación y Revisión
	8 Aprobación e Implementación
	9 Programa Dinámico

Realizado por: Autores

El RCM a diferencia del PMO, inicia su análisis con la determinación de las funciones del activo, paso que en el PMO es opcional y se lo hace en activos altamente críticos.

El RCM consta de 7 pasos (definir funciones, fallos funcionales, modos de fallo, efectos de fallo, evaluación de consecuencias, nuevas tareas), Mientras que el PMO consta de 9 pasos (recopilación de información, análisis de modos de fallo, racionalización y revisión de modos de fallo, análisis funcional opcional, evaluación de las consecuencias, definir tareas de mantenimiento, agrupación y revisión, aprobación e implementación, programa dinámico). En las dos metodologías RCM y PMO para la selección de tareas de mantenimiento se toma en cuenta el análisis del modo de fallo (oculto u evidente) y las recomendaciones del diagrama de decisión del RCM. Estas metodologías contribuyen al incremento de la confiabilidad de los activos físicos y buenas prácticas de mantenimiento

Para aplicar cualquiera de las metodologías es indispensable conocer técnicamente a los equipos y su contexto operacional.

El PMO es un programa, que rápidamente revitaliza la motivación del personal que trabaja en el proceso de mantenimiento. Desempeñando la fase de análisis, resulta como un paso de mejoramiento en ambos, recursos humanos y productividad de la planta,

englobando recursos para el mejoramiento. (ACIEM, 2002, p, 3)

2.8.1. *Paso uno, recopilación de tareas.* Este paso inicia con la recolección de toda la información, acerca de las tareas de mantenimiento que se ejecuten en el activo, independientemente que se encuentren registradas en el plan de mantenimiento, un ejemplo claro de esto son las tareas ejecutadas por los operadores. En la figura 8-2 se presenta las principales fuentes de información para la recopilación de tareas.



Figura 8-2: Fuentes de información

Fuente: (Carlos & Holguín, 2012)

Realizado por: Autores

En este paso se organiza toda la información obtenida, en la tabla 2-2. En la primera columna de la tabla 2-2, se presenta la descripción de las tareas, la segunda columna es la frecuencia de ejecución y la tercera columna indica el técnico responsable.

Tabla 2-2: Recopilación de información

Descripción de Tareas	Frecuencia	Técnico Responsable
Tarea 1	Semanal	Operario
Tarea 2	26 semanas	Electromecánico
Tarea 3	Semanal	Operario
Tarea 4	52 semanas	Electricista
Tarea 5	2 semanas	Operario

Fuente:(Carlos & Holguín, 2012)

Realizado por: Autores

Nota: se debe tener en cuenta que la frecuencia de las tareas puede medirse en varios modos de operación (tiempo calendario, horas operadas, km recorridos, ton producidas, etc.) y debe anotarse el técnico responsable.

2.8.2. *Paso dos, análisis de los modos de falla.* Se genera un listado de modos de fallos que se están previniendo mediante las tareas de mantenimiento iniciales, como se muestra en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Organización de la información

Descripción de Tareas	Frecuencias	Técnico Responsable	Modo De Fallas
Tarea 1	Semanal	Operario	A
Tarea 2	26 Semanas	Electromecánico	B
Tarea 3	Semanal	Electricista	C
Tarea 4	52 Semanas	Mecánico	A
Tarea 5	2 Semanas	Electromecánico	B

Fuente:(Carlos & Holguín, 2012)


Realizado por: Autores

- *Modo de fallo.* Un modo de falla puede ser definido como cualquier evento que causa que un bien (sistema o proceso) puedan fallar. (Moubray, 2004), o *Causa de fallo.*

2.8.3. *Paso tres, revisión de los modos de falla.* Se analiza y ordena los modos de fallos de cada sistema o componente, es importante estandarizar la descripción de los modos de fallo para verificar si existe tareas redundantes o repetidas que ataquen al mismo modo de fallo. En la tabla 4-2 se muestra la organización de los modos de fallo,

además en este paso se puede adicionar nuevos modos de fallo que no están siendo prevenidos por el plan de mantenimiento inicial.

Tabla 4-2: Análisis y revisión de los modos de falla

Descripción de Tareas	Frecuencias	Técnico Responsable	Modo De Fallas
Tarea 1	Semanal	Operario	A
Tarea 2	52 Semanas	Mecánico	A
Tarea 3	26 Semanas	Electromecánico	B
Tarea 4	2 Semanas	Electromecánico	B
Tarea 5	Semanal	Electricista	C
Creación de Nuevo Modo de Fallo 			D

Fuente:(Carlos & Holguín, 2012)

Realizado por: Autores

2.8.4. *Paso cuatro, análisis funcional (opcional).* En el PMO al definir las funciones del activo físico, se puede conocer en qué forma deja de cumplir estas funciones, se pueden establecer otros modos de falla que afectan al correcto funcionamiento del activo físico, cabe mencionar que este paso es opcional y se lo realizará solo en equipos críticos.

En la tabla 5-2 se muestran los modos de fallo que impide el cumplimiento de las funciones de los activos.

Tabla 5-2: Análisis funcional

Modo De Falla	Función Requerida
A	A
B	B
C	C
D	D

Fuente:(Carlos & Holguín, 2012)

Realizado por: Autores

2.8.5. *Paso cinco, evaluación de consecuencias.* Primero se analiza cada modo de fallo, para determinar si los son evidentes u ocultos. Valiéndose del diagrama de información del RCM, se realiza el análisis de consecuencias de los modos de fallo que son evidentes. En el *anexo A* se presenta el diagrama completo de información del RCM, ver el detalle en la figura 9-2.

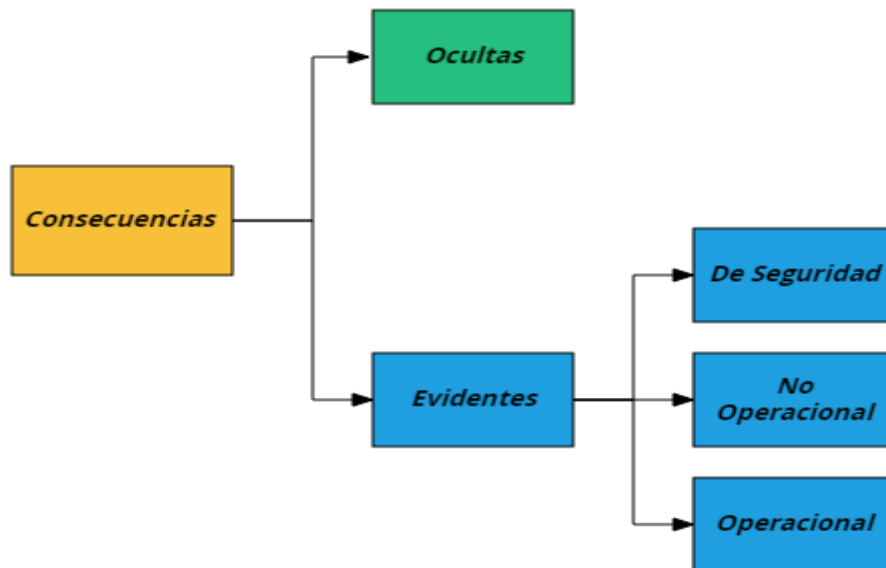


Figura 9-2: Resultados del diagrama de decisión del RCM
 Realizado por: Autores

Las fallas evidentes son aquellas que se pueden detectar por los técnicos de operación, mediante inspecciones basadas en los sentidos, en circunstancias normales. Mientras que las fallas ocultas no son evidentes para los técnicos de operación en condiciones normales. (Ene, Gu, Centrado, & Centrado, 2002, pág. 5)

En la tabla 6-2 se muestran los tipos de consecuencias obtenidos del análisis del diagrama de información.

Tabla 6-2: Tipos de consecuencias

Modo De Falla	Función Requerida	Consecuencia
A	A	Operacional
B	B	Ocultas
C	C	Seguridad y Medio Ambiente
D	D	No Operacional

Fuente: (Carlos & Holguín, 2012)
 Realizado por: Autores

2.8.6. *Paso seis, determinación de las tareas de mantenimiento.* En el sexto paso se utiliza el diagrama de decisión del RCM, para determinar el tipo de acciones o tareas necesarias realizar en el equipo, las primeras actividades que establece este diagrama para modos de fallo evidentes son tareas de mantenimiento basadas en la condición, si no son sostenibles estas tareas, se busca tareas de reacondicionamiento cíclico, si no se puede establecer tareas de este tipo se procede a buscar tareas de sustitución cíclica. Si el modo

de fallo tiene consecuencias a la seguridad humana o ambiental se realiza una combinación de tareas, del mismo modo, si no se encuentra tareas de este tipo el rediseño es obligatorio. Para modos de fallo ocultos el procedimiento de selección de tareas es similar, la diferencia radica al no encontrar tareas de mantenimiento basadas en condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, se realiza una tarea de búsqueda de fallas y de no existir tareas de este tipo el rediseño es opcional.

El *intervalo P-F* que se menciona a continuación no es más que, el tiempo existente entre, el instante en que se logra detectar una falla potencial (posible falla) por cualquier medio y el instante en que ocurre una falla funcional (pérdida de función del equipo).

Luego de seleccionar la tarea de mantenimiento, es necesario definir también su frecuencia, la herramienta principal para determinar la frecuencia de mantenimiento en tareas basadas en la condición, es el intervalo P-F, siendo necesario para esto contar con un histórico de mediciones. Para tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica, la frecuencia se determina mediante un análisis de la vida del componente, para esto es necesario el historial de fallas del activo. Al no contar con históricos de este tipo en los talleres del GADM Riobamba se opta por otras formas para definir la frecuencia como, manuales del fabricante, experiencia de los técnicos y plan de mantenimiento vigente.

El factor de mayor relevancia en el momento de determinar las tareas, es el costo que cada una de ellas requiere para ser implementadas, ya que esta debe ser sustentable y sostenible. En la figura 10-2 se muestra como seleccionar una tarea de mantenimiento de acuerdo con recomendaciones del diagrama de decisión de RCM.

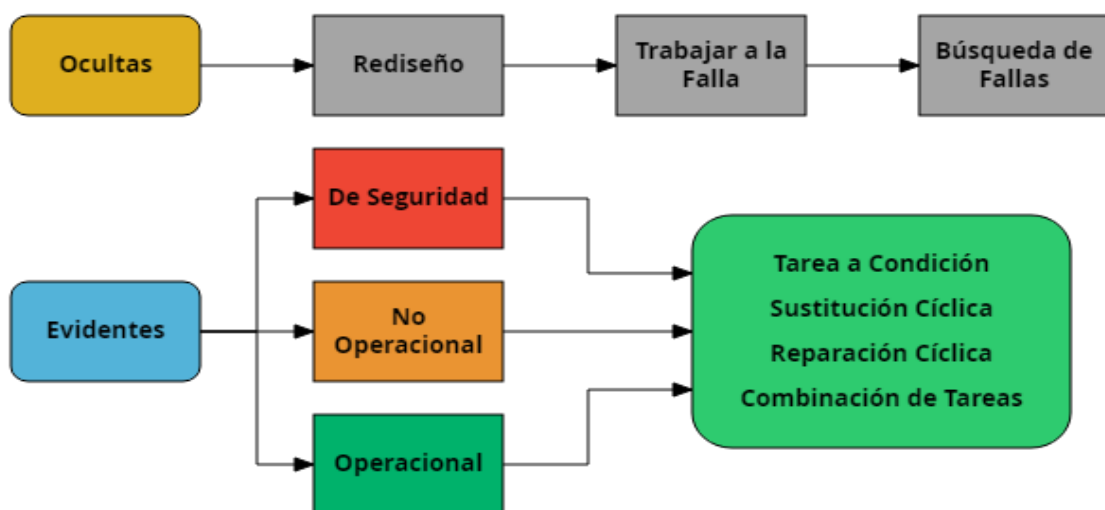


Figura 10-2: Selección de tareas de mantenimiento de fallas ocultas y evidentes
 Elaborado por: Mayorga Olger, Olmedo Walter 2018

En la tabla 7-2 se puede observar cómo organizar las nuevas tareas de mantenimiento.

Tabla 7-2: Tareas de mantenimiento

Modo De Falla	Consecuencia	Nueva Tarea	Frecuencia	Técnico Responsable
A	Operacional	Inspección ...	2 Semanas	Mecánico
B	Ocultas	Pruebas ...	4 Semanas	Electromecánico
C	Seguridad y Medio Ambiente	Rediseño		
D	No Operacional	Inspección ...	2 Semanas	Electricista

Fuente:(Carlos & Holguín, 2012)

Realizado por: Autores

2.8.7. *Paso siete, agrupación y revisión.* Después de haber realizado un análisis a las tareas, se agrupan las tareas de mantenimiento que posean similares frecuencias o se ejecuten por el mismo especialista, para armar rutinas de mantenimiento.

2.8.8. *Paso ocho, aprobación e implementación.* Luego de haber realizado de forma sistemática y cronológica los pasos mencionados, se procede a la aprobación del nuevo plan de mantenimiento, por el líder del departamento o ingenieros a cargo de los activos físicos.

2.8.9. *Paso nueve, programa dinámico.* Aquí se puede decir que el plan de mantenimiento inicia su funcionamiento y toma control de la organización.

Luego de un tiempo prudente, alrededor 6 meses se tendría que revisar los resultados del plan de mantenimiento, tomando los resultados como indicadores de desempeño para monitorear el comportamiento de los activos. Ya que los contextos donde trabajan los activos son variables, pudiendo incrementar o disminuir los modos de fallo y tareas de mantenimiento.

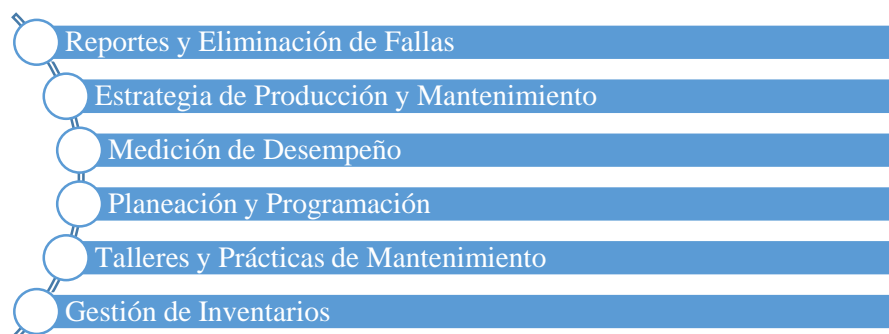


Figura 11-2: Procesos de gestión de activos

Fuente:(Carlos & Holguín, 2012)

Realizado por: Autores

Durante este paso, varios de los procesos vitales de la Gestión de los Activos se pueden afinar. Se observa en la figura 11-2 los distintos procesos donde se pueden mejorar.

La finalidad de este paso es crear una organización de mantenimiento que tenga como objetivo, mejorar de forma continua, lo cual se logra capacitando al personal y creando conciencia de cuán importante es el trabajo que se está ejecutando dentro de la planta, con el fin de mejorar todos como empresa.

2.9. Logística de Mantenimiento.

La coordinación de todos los recursos que intervienen en cualquier práctica de mantenimiento sea programada o no, tiene una gran repercusión al momento de su ejecución, la correcta designación de recursos de mantenimiento permite agilizar procesos, disminución del tiempo de ejecución de tareas preventivas o correctivas, por ende, aumentará la disponibilidad de los equipos

La logística de mantenimiento es la provisión de recursos, servicios y gestión necesaria para realizar el mantenimiento. (UNE-EN 13306, 2011, p. 18). Esta provisión puede incluir, personal, equipos de ensayo, talleres, repuestos, documentación, herramientas, presupuesto, entre otros.

La logística de mantenimiento puede definirse como: La capacidad de una organización de mantenimiento de proporcionar bajo demanda y en coordinaciones dadas, los recursos necesarios para mantener un dispositivo, de acuerdo con una tarea de mantenimiento determinada. (NTE INEN-EN, 2010,p , 13)

Los recursos básicos necesarios para cada tarea de mantenimiento son:

- Mano de Obra. Personal interno o externo a la empresa, que está en contacto con los activos.
- Materiales. Repuestos, consumibles que permiten el funcionamiento de un activo.
- Herramientas. Son objetos que utilizan para intervenir un activo por cambio, reparación, etc.

En la tabla 8-2 se muestra un modelo para registrar recursos de mantenimiento.

Tabla 8-2: Recursos de logística

Logística de mantenimiento				
Tarea	Mano de obra	Materiales y repuesto	Cantidad	Herramienta
Cambiar aceite del motor	0.3 h-h	ACEITE SAE 15W-40	17 Lt	Llaves $\frac{3}{4}$ Fajas para filtros

Realizado por: Autores

2.10. Documentación de mantenimiento

En la gestión de mantenimiento es necesario el intercambio de información, entre quienes intervienen en cada proceso de mantenimiento, esta información preferentemente debe ser documentada. Sabiendo que documentación es: información dada en forma específica. (13460 NTE INEN-EN, 2010, p.6).

Los documentos básicos e indispensables que deben existir para una adecuada gestión de mantenimiento son:

2.10.1. Solicitud de trabajo. Es un documento emitido por el operador hacia el departamento de mantenimiento, para solicitar un trabajo de mantenimiento o informar de algún síntoma que podría ocasionar una falla, este documento debe contener información específica como:

- Código del equipo.
- Fallo presentado o anomalía.
- Prioridad.
- Nombre de quien solicita.
- Fecha de emisión.

2.10.2. Orden de trabajo. Documento principal para lanzar, seguir y gestionar cada operación de mantenimiento.(13460 NTE INEN-EN, 2010,p.14). Es un documento bidireccional, sirve para entregar o recibir información de técnicos de mantenimiento sobre los trabajos realizados. Las órdenes de trabajo pueden ser correctivas o preventivas.

Este documento debe contener información específica como:

- Código y descripción del equipo
- Título de la orden de trabajo
- Fecha de emisión
- Fecha de cierre
- Técnicos responsables
- Número de OT (número único y secuencial)
- Prioridad (normal, importante, urgente)
- Tipo de OT (preventiva, correctiva, proyecto)
- Anomalías (si aplica)
- Proveedores de servicios externos
- Tareas a ejecutarse
- Materiales y repuestos
- Mano de obra (técnicos responsables y horas/hombre)
- Aprobaciones

2.10.3. *Solicitud de repuestos.* Es un documento emitido por el técnico de mantenimiento para solicitar materiales y repuestos necesarios para la ejecución de las órdenes de trabajo, este debe ser revisado y aprobado por el jefe de mantenimiento, y direccionado hacia el departamento de bodega para su entrega, este documento debe contener información como:

- Número de solicitud de repuestos (número único y secuencial)
- Número de OT a la que se atiende
- Fecha de solicitud

- Descripción de los repuestos
- Cantidad de cada repuesto
- Unidad de despacho
- Costos (opcional)
- Responsable de la recepción
- Aceptación.

Nota: se puede generar siempre que haya una orden vigente.

2.11. Capacitación

La carencia de habilidades del personal técnico y administrativo en una organización puede ser causa de una deficiente efectividad en los procesos que se controlan, es por eso que en mantenimiento se hace imprescindible el constante entrenamiento del personal administrativo y técnico, dotarlos de destrezas que puedan ser ejecutadas en su puesto de trabajo, motivarlos moralmente sobre cuán importante es el trabajo que cada uno realiza y lo importante que es para la organización. Una capacitación bien definida permitirá ver: resultados económicos, calidad en la ejecución de proceso y calidad de producción.

Para llevar a cabo una capacitación es necesario definir:

- Generalidades: se define el tema, duración, hacia quién se dirige y los responsables.
- Objetivo de la capacitación: se describe la finalidad de la capacitación.
- Estructura y desarrollo: establecer subtemas y su duración.
- Metodología: se define la forma en la que se realizará la capacitación.
- Recursos: establecemos los recursos humanos, físicos, tecnológicos, etc., que se utilizarán.

CAPITULO III

3. REDISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CON LA METODOLOGÍA PMO

3.1. Evaluación del plan de mantenimiento preventivo actual.

Para analizar la situación actual, del plan de mantenimiento preventivo que se encuentra implementado en la maquinaria pesada de los talleres del GADMR, se diseñó un cuestionario, dirigido al personal administrativo y técnico que se encuentran en contacto permanente con los activos. El objetivo de la elaboración de este cuestionario es conocer cuáles son las fortalezas y debilidades del plan de mantenimiento actual, y así aplicar la metodología PMO.

Se identificaron las pautas del cuestionario, las cuales son: objetivos del cuestionario, programa (personal involucrado, alcance y ponderación del cuestionario), puesta en marcha, evaluación, calificación del cuestionario y finalmente un análisis de los resultados.

3.1.1. Pautas del cuestionario.

- Objetivo del cuestionario. Analizar las condiciones técnicas y administrativas, del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada de los talleres 03 del GADMR.
- Programa del cuestionario. Dentro de la programación del cuestionario se definen los encuestadores, los encuestados y se recopila información sobre algunas características, que se visualizan en la tabla: 9-3 y tabla 10-3.
- Personal involucrado en el cuestionario.

Tabla 9-3: Encuestadores

NOMBRE	DETALLE	CÉDULA
Olger Oswaldo Mayorga Mayorga	Egresados de la carrera de Ing. De Mantenimiento	060410201-2
Walter Javier Olmedo Jumbo	Egresados de la carrera de Ing. De Mantenimiento	060456731-3

Realizado por: Autores

Tabla 10-3: Encuestados

NOMBRE	CARGO	CÉDULA
Personal Administrativo		
Carlos Arturo Riofrío Rodas	Especialista de los Talleres Municipales	170487496-3
Julio Estuardo Cepeda Andrade	Servidor Municipal 5	060334470-6
Jorge Daniel Cacuangó Cabezas	Servidor Público 1 (Técnico De Mantenimiento.)	060334595-0
Personal Técnico		
Efraín Iván Colcha Pilco	Servidor Público de Apoyo 3 (Mecánico)	060400531-4
Edison Drichelmo Moncayo Morán	Servidor Público 1 (Mecánico)	060463220-5
Freddy Marcelino Lema Llangarí	Servidor Público de Apoyo 1 (Vulcanizador)	060493340-8
Juan Hernán Tenelema Pérez	Técnico de Mantenimiento Automotriz	060267490-5
Fernando Tenelema Pérez	Técnico de Mantenimiento Automotriz	060189056-9
Francisco Remache Daquilema	Técnico de Mantenimiento Automotriz	060217727-1
Cristian Elías Morales Samaniego	Lavado y Lubricación	060412517-9
Víctor Alfonso Villa Poma	Lavado y Lubricación	060382929-2
Luis Geovanny Paucar Zula	Lavado y Lubricación	060460914-9
Francisco Aucancela Guacho	Lavado y Lubricación	060106027-0

Realizado por: Autores

- Criterios de ponderación del cuestionario

Los patrones que ayudarán a determinar qué tan efectivo es el plan de mantenimiento implementado son: el modo de ejecución de tareas de mantenimiento en maquinaria pesada, frecuencias de ejecución de las tareas de mantenimiento, rutinas de mantenimiento, logística necesaria para cumplir con las tareas. En la tabla 11-3, presentan los criterios de evaluación, mismos que han sido tomados como referencia del trabajo de titulación realizado por el Ingeniero de mantenimiento Raúl Capelo.

Tabla 11-3: Criterios de evaluación

Valoración	Calificación
Excelente	>80% - ≤100%
Bueno	>60% - ≤80%
Regular	>50% - ≤60%
No Aceptable	<50%


Fuente: (Raúl Capelo, 2017)

La encuesta consta de 23 preguntas, enfocadas a documentación de mantenimiento, gestión bodega y gestión de planes de mantenimientos, factores que se tomaron como prioritarios por recomendaciones de seis especialistas de Mantenimiento que cuentan con amplia experiencia en el campo profesional, las preguntas se encuentran divididas en dos secciones: la primera contempla 13 preguntas para el personal administrativo, mientras que la segunda contempla 10 preguntas para el personal técnico.

Los recursos utilizados en la recolección de información y análisis son: cuaderno, esfero y hoja de cálculo de Excel.

3.1.2. *Puesta en marcha del cuestionario.* Para la ejecución del cuestionario, primero se identifica el Departamento de Mantenimiento de los Talleres 3 del GADMR, personal que va a intervenir (encuestadores y encuestados) y recursos con los que se cuenta. La tabla: 11-3, es una reseña del departamento de mantenimiento.

Tabla 12-3: Detalles del departamento de mantenimiento

	Campo	Características
	Área	Talleres 3 del GADMR
	Departamento	De Mantenimiento
	Encuestadores	Olger Mayorga y Javier Olmedo
	Fecha de Auditoria	2018-05-24/2018-05-30
	Número de Personal Administrativo	3
	Número de Personal Técnico	10

Realizado por: Autores

El departamento de mantenimiento cuenta con personal administrativo y personal técnico dividido en tres diferentes secciones de trabajo (lavadores y lubricadores, técnicos de mantenimiento y vulcanizador), cuenta además con una bodega que suministra los repuestos y materiales para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

3.1.3. *Evaluación y calificación.* El formato de la encuesta para personal administrativo y técnico cuenta con cuatro columnas de valoración, la primera indica la autoevaluación que registró el encuestado (en una escala del 1 al 10), la segunda registra la calificación dada por parte de los encuestadores, de acuerdo con las evidencias

documentadas que se obtuvieron (en una escala del 1 al 10), la tercera columna es el resultado promedio de la columna evaluación y la cuarta columna (Calificación) indica el criterio de evaluación mencionado en la tabla 11-3 (en una escala del 1 al 100%).

En las tablas: 13-3 y 14-3, se muestra el cuestionario al personal administrativo y técnico respectivamente.

Tabla 13-3: Evaluación y calificación al personal administrativo

Preguntas	1 mín. - 10 máx.		Promedio	Calificación
	Autoevaluación	Evaluación		
1 ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada?	8.3	6	46%	Regular
2 ¿El plan de mantenimiento cuenta con rutinas programadas?	7.3	1		No Aceptable
3 ¿Se cuenta con el número necesario de personas para la gestión de mantenimiento?	7.6	7		Regular
4 ¿Se encuentran codificados los activos para el área de mantenimiento?	6	1		No Aceptable
5 ¿Se supervisan el mantenimiento externo?	5.3	1		No Aceptable
6 ¿Cuentan con un formato de solicitud de trabajo?	4.7	7		Regular
7 ¿Cuenta con un formato de OT correctivas?	1.3	1		No Aceptable
8 ¿Cuenta con un formato de OT preventivas?	1.3	1		No Aceptable
9 ¿Cuenta con un formato de permisos de trabajo?	2.7	1		No Aceptable
10 ¿Cuenta con un formato de solicitud de repuestos y materiales?	7	10		Excelente
11 ¿Se realizan capacitaciones oportunas al personal técnico?	3.6	1		No Aceptable
12 ¿Existe un control de inventario de bodega?	9.3	7		Bueno
13 ¿Se elabora un listado de repuestos mínimos para bodega?	9.6	9		Excelente

Realizado por: Autores

Resultados al Personal Administrativo

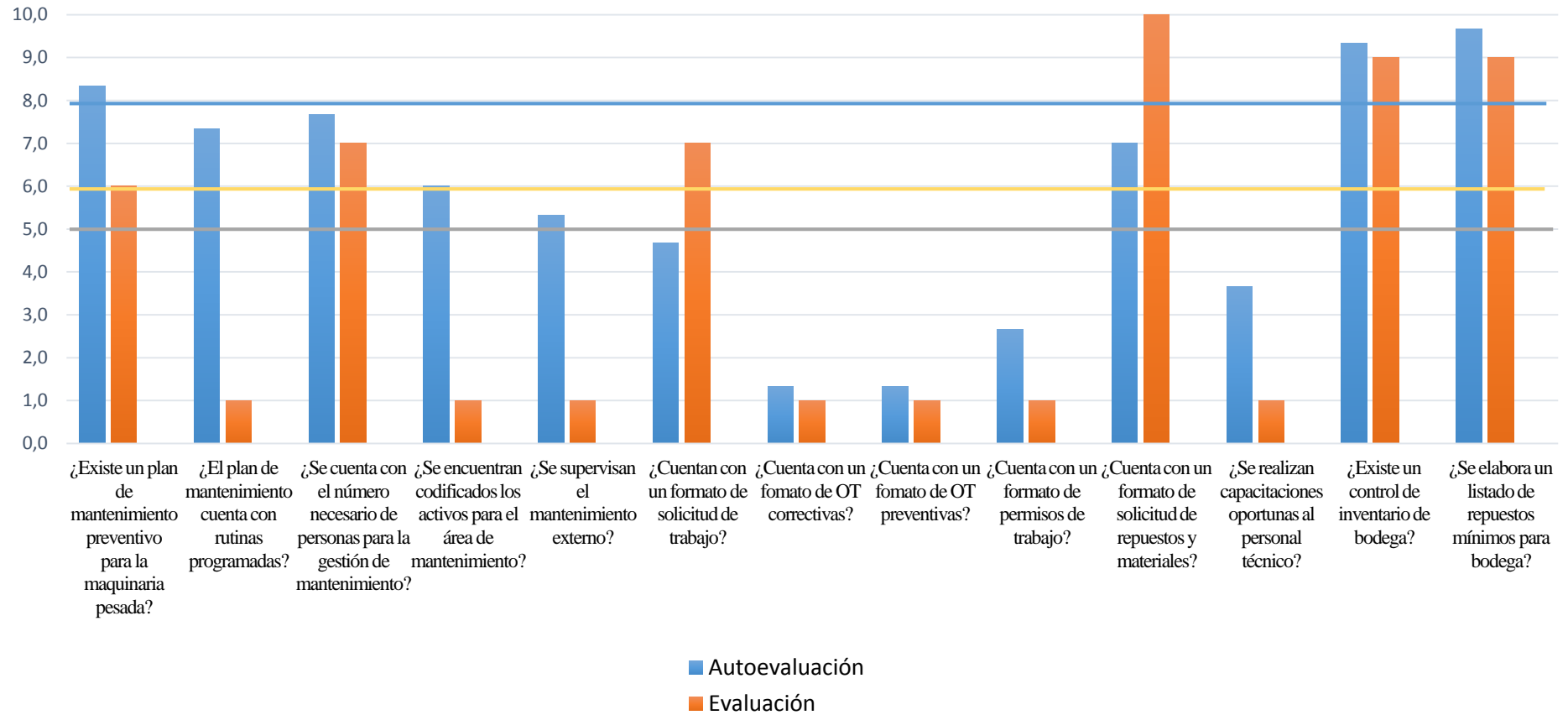


Gráfico 1-3: Calificación al personal administrativo

Realizado por: Autores

Análisis: En la figura 13-3, el color naranja representa la valoración del personal administrativo y el color celeste indica la valoración de los encuestadores, en base a la sustentación documentada de cada pregunta. De acuerdo con la Tabla 11-3, se obtuvieron siete preguntas (2, 4, 5, 7, 8, 9, 11) con una valoración menor al 50%.

Respecto al plan de mantenimiento con el que cuentan, existe una carencia en la programación de rutinas de mantenimiento, esto debido a que el plan de mantenimiento actual es generalizado, no se toma en cuenta las características de cada activo.

Respecto a documentos de mantenimiento, se registran seis calificaciones no aceptables, todas estas ocasionan que sea incompleto el proceso administrativo de mantenimiento.

El cumplimiento de las responsabilidades del personal administrativos se resume en un 46%.

Tabla 14-3: Evaluación y calificación al personal técnico

Preguntas	1 min. - 10 máx.		Promedio	Calificación
	Autoevaluación	Evaluación		
1 ¿Se ejecuta todo lo programado en el plan de mantenimiento?	7.6	6	48%	Regular
2 ¿Practican mantenimiento autónomo?	8.2	1		No Aceptable
3 ¿Se registra las tareas formales e informales realizadas?	8.4	6		Regular
4 ¿Tienen un modelo de registro de historial de falla?	1	1		No Aceptable
5 ¿Se analizan los modos de falla de la maquinaria pesada?	7.6	1		No Aceptable
6 ¿Se supervisan el mantenimiento externo?	7	5		No Aceptable
7 ¿Las tareas ejecutadas son en base a especificaciones técnicas?	6.8	8		Bueno
8 ¿Cuentan con las herramientas y equipos necesarios para la ejecución de tareas de mantenimiento?	6.3	5		No aceptable
9 ¿Cuentan con el número de personas necesario para realizar tareas de mantenimiento?	7.9	7		Bueno
10 ¿Se realizan las actividades con equipo de protección adecuados y la seguridad que amerita?	8.7	8		Bueno

Realizado por: Autores

Resultados al Personal Técnico

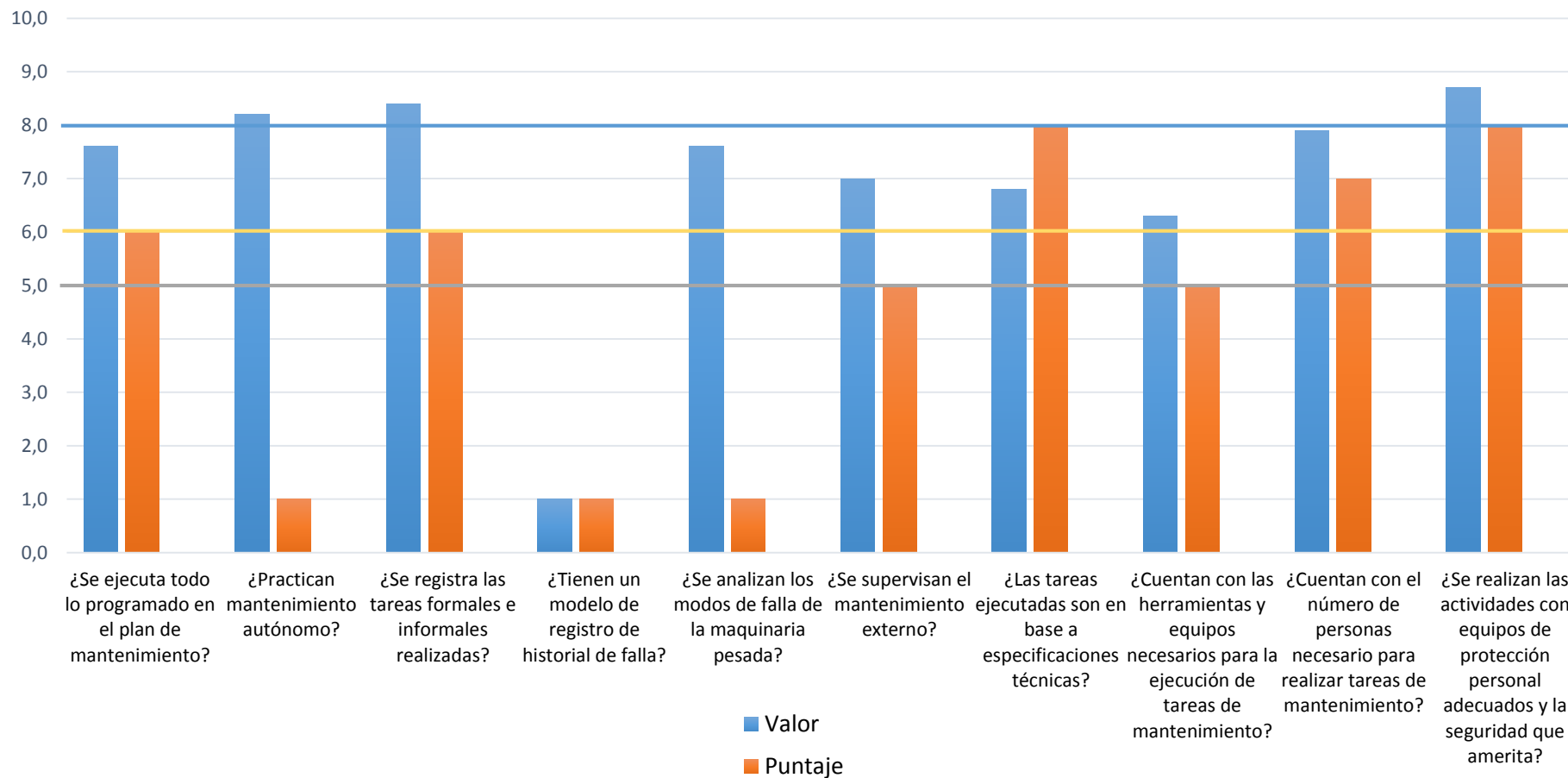


Gráfico 2-3: Calificación al personal técnico

Realizado por: Autores

Análisis: En la figura 13-3, se determina que los técnicos tienen una gestión no aceptable en cinco de las diez preguntas realizadas en la encuesta (2, 4, 5, 6, 8), estas hacen referencia a mantenimiento autónomo, registro y análisis de modos de falla, supervisión de mantenimiento externo y herramientas de trabajo. Además, se determinaron preguntas como: el cumplimiento del plan de mantenimiento y registro de tareas realizadas, con una calificación regular ($>50\%$; $\leq 60\%$), este incumplimiento en el plan de mantenimiento es un factor que se debe a un plan de mantenimiento realizado con un criterio inadecuado, lo que solventa el trabajo de titulación que se está llevando a cabo.

Aspectos como el modo de ejecución de las tareas, el número de personal necesario y equipos de protección personal, tienen una evaluación buena ($>60\%$), indicándonos que no son prioridad de mejora, pero tampoco descuidarlos por tratar de mejorar los aspectos débiles.

El cumplimiento de las responsabilidades del personal técnico se resume en un 48%, por estas razones se ve la oportunidad de mejora del plan de mantenimiento actual, aplicando la metodología PMO.

3.2. Inventario técnico jerárquico

Para la elaboración del inventario técnico jerárquico se han establecido cuatro niveles jerárquicos, los dos primeros niveles (localización, áreas), hacen referencia al lugar de ubicación del activo y los dos niveles restantes (sistemas, equipos), indican la familia a la que pertenece el activo y a la descripción de sus componentes. A continuación, se presenta cada nivel jerárquico.

3.2.1. *Nivel uno (Localización).* El primer nivel jerárquico es la localización o planta, su código es alfanumérico, el cual consta de una letra mayúscula y dos números, como se presenta en la tabla: 15-3.

Tabla 15-3: Localización

Código	Descripción
T03	Talleres 3

Realizado por: Autores

3.2.2. *Nivel dos (áreas).* El segundo nivel jerárquico son las áreas, su código es alfabético compuesto por dos letras mayúsculas, como se presenta en la tabla: 16-3.

Tabla 16-3: Áreas

Código	Descripción
MP	Maquinaria pesada
FU	Furgones
VL	Vehículos livianos
RE	Recolectores de basura
VQ	Volquetas
MT	Motos
CA	Camiones
EA	Equipo agrícola

Realizado por: Autores

3.2.3. *Nivel tres (sistemas)*. El tercer nivel jerárquico son los sistemas o máquinas, su código es alfanumérico compuesto por dos letras mayúsculas (tipo de máquina) y dos números (secuencial), en la tabla: 17-3, se presenta los activos y su respectiva codificación.

Tabla 17-3: Sistemas

Código	Descripción
TO01	TRACTOR DE ORUGAS DREESER (EC-DHI-001)
TO02	TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N (EC-OPM-027)
CA01	CARGADORA CASE 721C (EC-DHI-255)
CA02	CARGADORA CATERPILLAR 924H (EC-DHI-000)
CA03	CARGADORA JCB 426ZX (EC-OPM-018)
CA04	CARGADORA JCB 426ZX (EC-OPM-019)
MO01	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 120H (EC-OPM-023)
MO02	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 120H (EC-OPM-024)
RD01	RODILLO JCB V75D (EC-OPM-026)
RD02	RODILLO JCB V115D (EC-OPM-021)
MN01	MINICARGADORA CATERPILLAR 426C (EC-OPM-022)
MN02	MINICARGADORA JCB 225
MN03	MINICARGADORA BOBCAT S185 (EC-OPM-010)
MN04	MINICARGADORA BOBCAT 753 (EC-OPM-002)
EX01	EXCAVADORA CATERPILLAR 320D (EC-OPM-029)
RX01	RETROEXCAVADORA JCB 214E/3C (EC-OPM-020)
TR01	TRÁILER HINO (HMA-1021)
TR02	TRÁILER INTERNACIONAL 1986 (HMA-064)
CP01	TRACTOR AGRÍCOLA JOHN DEERE 31P671
CP02	TRACTOR AGRÍCOLA JOHN DEERE 31P672
CP03	TRACTOR AGRÍCOLA JOHN DEERE 31P673

Realizado por: Autores

3.2.4. *Nivel cuatro (equipos).* El cuarto nivel jerárquico es de equipos o subsistemas, su código consta de una letra mayúscula que identifique la familia de equipo al que pertenece, seguido a esto dos letras mayúsculas que identifiquen el tipo de equipo y dos dígitos numéricos para el secuencial.

En la tabla: 18-3, se presenta un ejemplo para el *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N (EC-OPM-027)*, para las otras máquinas se presenta la información en el *anexo B*.

Tabla 18-3: Equipos

Cód. de Familia	Descripción	Tipo	Descripción	Secuencial
A	Automotriz	MC	Motor de combustión interna	01
A	Automotriz	TP	Transmisión de potencia	01
A	Automotriz	SH	Sistema hidráulico	01
A	Automotriz	SE	Sistema eléctrico	01
A	Automotriz	HB	Habitáculo y bastidor	01
A	Automotriz	HT	Herramienta de trabajo	01
A	Automotriz	TN	Tren de rodaje	01

Realizado por: Autores

3.3. Aplicación de la metodología PMO

Se inicia la aplicación de la metodología Optimización del Plan de Mantenimiento, es una metodología que se basa en principios del RCM, pero a diferencia de esta presenta resultados seis veces más rápido que el RCM. Consta de nueve pasos que se indican a continuación.

3.3.1. *Recopilación de información.* Para cumplir con este paso, se programó y ejecutó reuniones con el personal administrativo y técnico de talleres 03, de las cuales se obtuvo la siguiente información documentada:

- Manuales de mantenimiento
- Plan de mantenimiento vigente
- Historial de tareas ejecutadas
- Tareas ejecutadas por los operadores

La primera columna de la tabla 19-3, indica las tareas iniciales del plan de mantenimiento

vigente y la segunda columna su frecuencia de ejecución para el *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N*, para el resto de las máquinas se muestra en el *anexo C*.

Tabla 19-3: Paso uno, tareas iniciales

DEPARTAMENTO:	OBRAS PÚBLICAS
AÑO:	2009
TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N / CÓDIGO DE MANTENIMIENTO: T002	
TAREAS INICIAL	FRECUENCIA (h)
Cambio de aceite del motor	250
Revisión de aceite de transmisión	250
Cambio de aceite de transmisión	1000
Revisión de aceite hidráulico	250
Cambio de aceite hidráulico	1000
Cambio de aceite de mandos finales y tándem	1000
Limpieza y revisión de frenos	500
Revisión de refrigerante del motor	250
Pines de engrase (engrasar)	250
Cambio de filtro de aceite hidráulico	1000
Cambio de filtros de aire	500
Cambio de filtros de combustible	250
Revisión de sistema eléctrico(baterías)	1000
Cambio de filtro de aceite del motor	250
TAREAS DE OPERARIOS	FRECUENCIA (h)
Purgar la presencia de agua en el combustible	40
Inspección visual de fugas hidráulicas	8
Revisar el nivel de aceite del motor	40

Realizado por: Autores

3.3.2. *Análisis de los modos de falla.* Una vez listadas las tareas que realizan, de acuerdo con el plan de mantenimiento vigente, se determinan los modos de falla (causas del fallo) que están mitigando a cada tarea recolectada, se identifica el subsistema o equipo al que se está interviniendo con dicha tarea, en la tabla 20-3 se muestra el paso dos aplicado al *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N*. El análisis para el resto de las máquinas se presenta en el *anexo D*.

Tabla 20-3: Paso dos, análisis de los modos de falla

TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N / CÓDIGO DE MANTENIMIENTO: T002			
TAREAS INICIAL	FRECUENCIA (h)	SISTEMA	MODOS DE FALLO QUE SE PREVIENE CON LA TAREA
Cambio de aceite del motor	250	AMC	Degradación de aceite del motor
Revisión de aceite de transmisión	250	ATP	Fugas de aceite del sistema de transmisión
Cambio de aceite de transmisión	1000	ATP	Degradación de aceite del sistema de transmisión
Revisión de aceite hidráulico	250	ASH	Fugas de aceite del sistema hidráulico
Cambio de aceite hidráulico	1000	ASH	Degradación de aceite del sistema hidráulico
Cambio de aceite de mandos finales	1000	ATP	Degradación de aceite de mandos finales
Limpieza de frenos	500	AFR	No aplica
Revisión de Frenos	500	AFR	No aplica
Revisión de refrigerante del motor	8	AMC	Fugas de refrigerante del motor
Pines de engrase (engrasar)	250	A	Desgaste de pines de engrase

Tabla 20-3 (Continua): Paso dos, análisis de los modos de falla

Cambio de filtro de aceite hidráulico	2000	ASH	Saturación del filtro de aceite hidráulico
Cambio de filtros de aire	500	AMC	Saturación del filtro de aire
Cambio de filtros de combustible	250	AMC	Saturación de los filtros de combustible
Revisión de sistema eléctrico (baterías)	1000	ASE	Reducción de potencial eléctrico
Cambio de filtro de aceite del motor	250	AMC	Saturación del filtro de aceite del motor
TAREAS DE OPERARIOS	FRECUENCIA (h)	SISTEMA	MODOS DE FALLO
Purgar la presencia de agua en el combustible	40	AMC	Oxidación de los componentes del motor
Inspección visual de fugas hidráulicas	8	A	Fugas hidráulicas
Revisar el nivel de aceite del motor	40	AMC	Fugas de aceite del motor

Realizado por: Autores

3.3.3. *Revisión de los modos de falla.* En este paso, además de revisar y depurar los modos de fallo iniciales, es posible añadir nuevos modos de fallo que no se hayan tomado en cuenta en el plan de mantenimiento inicial, para ello se toma como referencia el historial de fallos en el equipo o en equipos similares e información proporcionada por el fabricante.

En la tabla 21-3 se presenta el análisis del paso tres en el *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N*, el análisis para el resto de las máquinas se muestra en el *anexo E*.

Tabla 21-3: Paso tres, nuevos modos de falla

NUEVOS MODOS DE FALLO
Degradación de aceite del motor
Desgaste de pines del tren de rodaje
Degradación de aceite del sistema de transmisión
Degradación de aceite del sistema hidráulico
Desgaste de pines de la herramienta de trabajo
Desgaste de pines del sistema de transmisión de potencia
Saturación del filtro de aceite hidráulico
Saturación del filtro de aire
Saturación del filtro de combustible primario
Saturación del filtro de combustible secundario
Reducción de potencial eléctrico
Saturación del filtro de aceite del motor
Contaminación del aceite del motor
Degradación de aceite de mandos finales
Desgaste de articulaciones de la herramienta de trabajo
Desgaste de la herramienta de trabajo
Recalentamiento de los componentes del motor
Fugas de fluidos del motor
Desgaste de banda del alternador y ventilador
Desgaste de pines del tren de rodaje
Desviación de la cadena
Reducción de la compresión del motor
Reducción de la compresión del motor

Tabla 21-3 (Continúa): Paso tres, nuevos modos de falla

Degradación del combustible
Saturación del pre-filtro de aire
Contaminación del habitáculo y bastidor
Contaminación del aceite de transmisión

Realizado por: Autores

3.3.4. *Depuración y codificación de los modos de falla.* En este paso se suprimen los modos de falla repetidos y se añaden los nuevos modos de fallo que no se han atacado en el plan de mantenimiento vigente, para este proceso es recomendable codificar los modos de fallo, con el fin de identificarlos fácilmente y evitar repeticiones. En ocasiones hay unas o más tareas que atacan al mismo modo de fallo.

En la tabla 22-3 se presenta el paso cuatro analizado al *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N*, el análisis para el resto de las máquinas se muestra en el *anexo F*.

Tabla 22-3: Paso cuatro, depuración y codificación de los modos de falla.

TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N / CÓDIGO DE MANTENIMIENTO: TO02		
SISTEMA	MODOS DE FALLO ÚNICOS	CÓD. MF
AMC	Degradación de aceite del motor	A
AMC	Fugas de aceite del motor	B
ATN	Desgaste de pines del tren de rodaje	C
ATP	Degradación de aceite del sistema de transmisión	D
ATP	Degradación de aceite de mandos finales	E
ATP	Fugas de aceite del sistema de transmisión	F
ASH	Fugas de aceite del sistema hidráulico	G
ASH	Degradación de aceite del sistema hidráulico	H
AMC	Fugas de refrigerante del motor	I
AHT	Desgaste de pines de la herramienta de trabajo	J
ATP	Desgaste de pines del sistema de transmisión de potencia	K
ASH	Saturación del filtro de aceite hidráulico	L
AMC	Saturación del filtro de aire	M
AMC	Saturación de los filtros de combustible	N
ASE	Reducción de potencial eléctrico	Ñ
AMC	Saturación del filtro de aceite del motor	O
AMC	Contaminación de aceite del motor	P
AMC	Degradación del combustible	Q
AHT	Desgaste de la herramienta de trabajo	R
AMC	Recalentamiento de refrigerante del motor	S
AMC	Fugas de fluidos del motor	T
AMC	Desgaste de banda del alternador	U
AMC	Desgaste de banda del ventilador	V
ATN	Desgaste de la cadena del tren de rodaje	W
AMC	Reducción de la compresión del motor	X
AHB	Contaminación del habitáculo y bastidor	Y
ATN	Contaminación del aceite de transmisión	Z

Realizado por: Autores

Nota: la abreviación CÓD. MF, es: Código del modo de falla.

3.3.5. *Evaluación de consecuencias.* En este paso se determina para cada modo de fallo si las consecuencias son ocultas o evidentes, en caso de que las consecuencias sean evidentes se analiza las afectaciones: si afecta a la operación (afecta al Plan de producción), afectaciones no operacionales (afecta a los costos de mantenimiento), afectaciones a la seguridad (afecta a la seguridad humana o ambiental). Para determinar si se trata de una consecuencia oculta o evidente, se verifica mediante la definición de estos dos conceptos, ver en el capítulo II p. 15.

En la tabla 23-3 se determina si el modo de fallo es evidente u oculto y de acuerdo con esto se determina si su consecuencia es operacional, no operacional o de seguridad. En los fallos ocultos no se analizan las consecuencias. Se muestra el paso cinco aplicado al *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N*, el análisis para el resto de las máquinas se muestra en el *anexo G*.

Tabla 23-3: Paso cinco, evaluación de consecuencias

TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N / CÓDIGO DE MANTENIMIENTO: TO02				EVIDENTE		
SISTEMA	MODOS DE FALLO ÚNICOS	CÓD. MF	CONSEC	OP	NO OP	DE SEG
AMC	Degradación de aceite del motor	A	Evidente		X	
AMC	Fugas de aceite del motor	B	Evidente	X		
ATN	Desgaste de pines del tren de rodaje	C	Evidente		X	
ATP	Degradación de aceite del sistema de transmisión	D	Evidente		X	
ATP	Degradación de aceite de mandos finales	E	Evidente		X	
ATP	Fugas de aceite del sistema de transmisión	F	Evidente	X		
ASH	Fugas de aceite del sistema hidráulico	G	Evidente	X		
ASH	Degradación de aceite del sistema hidráulico	H	Evidente		X	
AMC	Fugas de refrigerante del motor	I	Evidente		X	
AHT	Desgaste de pines de la herramienta de trabajo	J	Evidente		X	
ATP	Desgaste de pines del sistema de transmisión de potencia	K	Evidente	X		
ASH	Saturación del filtro de aceite hidráulico	L	Evidente		X	
AMC	Saturación del filtro de aire	M	Evidente		X	
AMC	Saturación de los filtros de combustible	N	Evidente		X	
ASE	Reducción de potencial eléctrico	Ñ	Evidente	X		
AMC	Saturación del filtro de aceite del motor	O	Evidente		X	
AMC	Contaminación de aceite del motor	P	Evidente		X	
AMC	Degradación del combustible	Q	Evidente		X	
AHT	Desgaste de la herramienta de trabajo	R	Evidente	X		
AMC	Recalentamiento de refrigerante del motor	S	Oculto			
AMC	Fugas de fluidos del motor	T	Evidente	X		
AMC	Desgaste de banda del alternador	U	Oculto			
AMC	Desgaste de banda del ventilador	V	Oculto			
ATN	Desgaste de la cadena del tren de rodaje	W	Evidente	X		
AMC	Reducción de la compresión del motor	X	Evidente	X		
AHB	Contaminación del habitáculo y bastidor	Y	Evidente		X	
ATN	Contaminación del aceite de transmisión	Z	Oculto			

Realizado por: Autores

Nota: la abreviación CONSEC es: Consecuencia, OP es: Operacional, NO OP es: No operacional, DE SEG es: De seguridad.

3.3.6. *Determinación de las tareas de mantenimiento.* Una vez definidas las consecuencias de cada modo de fallo, se determina las nuevas tareas de mantenimiento, de acuerdo con las recomendaciones del diagrama de decisión del RCM, en la tabla 24-3 se selecciona el tipo de tarea de mantenimiento y en la tabla 25-3, se describen las nuevas tareas de mantenimiento, su frecuencia y el responsable que ejecutará la tarea.

Cabe indicar que el diagrama de decisión del RCM, sigue un orden al momento de determinar las tareas de mantenimiento, independientemente de si posee una consecuencia evidente u oculta, primero se toma en consideración tareas de mantenimiento a condición, en caso de no haber una tarea de este tipo se procede a analizar una tarea de reacondicionamiento cíclico, si no se encontrara una tarea de este tipo, se procede a buscar una tarea de sustitución cíclica y por último en caso de no haberse encontrado ningún tipo de tarea, se analiza una combinación de tareas (si tiene afectaciones a la seguridad humana o ambiental, y no se encuentra una tarea proactiva, el rediseño es obligatorio).

Si el modo de fallo es oculto y no se encontraron las tareas de mantenimiento principales que sugiere el diagrama de información del RCM, se opta por tareas como: búsqueda de fallas, trabajar a la falla y el rediseño (opcional). El resultado de este proceso es la tabla 24-3.

Al no contar con históricos de mediciones e históricos de falla, para determinar la frecuencia de las tareas en los talleres del GADM Riobamba, se puede optar por otras formas para definir la frecuencia como: manuales del fabricante, equipos genéricos y experiencia del personal.

En la tabla 24-3 y 25-3 se muestra el paso seis aplicado al *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N*, el análisis para el resto de las máquinas se muestra en el *anexo H*.

Nota: En la tabla 24-3, la abreviación SIST es: Sistema, RED es: Rediseño, TAR COND es: Tarea a condición, SUST CICL es: Sustitución cíclica, REP CICL es: Reparación cíclica, y COMB TAR es: Combinación de tareas.

Tabla 24-3: Paso seis, determinación de las tareas de mantenimiento

TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N/ CÓDIGO DE MANTENIMIENTO: TO02				EVIDENTE			OCULTAS			EVIDENTES			
SIST	MODOS DE FALLO ÚNICOS	CÓD. MF	CONSEC	OP	NO OP	DE SEG	RED	TRABAJAR A LA FALLA	BÚSQUEDA DE FALLAS	TAR COND	SUST CÍCL	REP CÍCL	COMB TAR
AMC	Degradación de aceite del motor	A	Evidente		X						X		
AMC	Fugas de aceite del motor	B	Evidente	X						X			
ATN	Desgaste de pines del tren de rodaje	C	Evidente		X					X			
ATP	Degradación de aceite del sistema de transmisión	D	Evidente		X						X		
ATP	Degradación de aceite de mandos finales	E	Evidente		X						X		
ATP	Fugas de aceite del sistema de transmisión	F	Evidente	X						X			
ASH	Fugas de aceite del sistema hidráulico	G	Evidente	X						X			
ASH	Degradación de aceite del sistema hidráulico	H	Evidente		X						X		
AMC	Fugas de refrigerante del motor	I	Evidente		X					X			
AHT	Desgaste de pines de la herramienta de trabajo	J	Evidente		X					X			
ATP	Desgaste de pines del sistema de transmisión de potencia	K	Evidente	X						X			
ASH	Saturación del filtro de aceite hidráulico	L	Evidente		X						X		
AMC	Saturación del filtro de aire	M	Evidente		X						X		
AMC	Saturación de los filtros de combustible	N	Evidente		X						X		
ASE	Reducción de potencial eléctrico	Ñ	Evidente	X						X			
AMC	Saturación del filtro de aceite del motor	O	Evidente		X						X		
AMC	Contaminación de aceite del motor	P	Evidente		X							X	
AMC	Degradación del combustible	Q	Evidente		X					X			
AHT	Desgaste de la herramienta de trabajo	R	Evidente	X								X	
AMC	Recalentamiento de refrigerante del motor	S	Oculto					X					
AMC	Fugas de fluidos del motor	T	Evidente	X						X			
AMC	Desgaste de banda del alternador	U	Oculto					X					
AMC	Desgaste de banda del ventilador	V	Oculto					X					
ATN	Desgaste de la cadena del tren de rodaje	W	Evidente	X								X	
AMC	Reducción de la compresión del motor	X	Evidente	X								X	
AHB	Contaminación del habitáculo y bastidor	Y	Evidente		X					X			
ATN	Contaminación del aceite de transmisión	Z	Oculto					X					

Realizado por: Autores

Tabla 25-3: Descripción de nuevas tareas de mantenimiento

TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N / CÓDIGO DE MANTENIMIENTO: T002			
MODOS DE FALLO ÚNICOS	NUEVAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA (h)	RESPONSABLE
Degradación de aceite del motor	Cambiar aceite del motor	250	Lavador y lubricador
Fugas de aceite del motor	Inspeccionar el nivel de aceite del motor	8	Operador
Desgaste de pines del tren de rodaje	Lubricar pines del tren de rodaje	250	Lavador y lubricador
Degradación de aceite del sistema de transmisión	Cambiar aceite del sistema de transmisión de potencia	1000	Lavador y lubricador
Degradación de aceite de mandos finales	Cambiar aceite de los mandos finales	1000	Lavador y lubricador
Fugas de aceite del sistema de transmisión	Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión de potencia	250	Lavador y lubricador
Fugas de aceite del sistema hidráulico	Inspeccionar el nivel aceite del sistema hidráulico	40	Operador
Degradación de aceite del sistema hidráulico	Cambiar aceite hidráulico	1000	Lavador y lubricador
Fugas de refrigerante del motor	Inspeccionar el nivel de refrigerante del motor	8	Operador
Desgaste de pines de la herramienta de trabajo	Lubricar pines de la herramienta de trabajo	250	Lavador y lubricador
Desgaste de pines del sistema de transmisión de potencia	Lubricar pines del sistema de transmisión de potencia	250	Lavador y lubricador
Saturación del filtro de aceite hidráulico	Cambiar filtro de aceite hidráulico	2000	Lavador y lubricador
Saturación del filtro de aire	Cambiar filtro de aire	2000	Lavador y lubricador
Saturación de los filtros de combustible	Cambiar de filtros de combustible	250	Lavador y lubricador
Reducción de potencial eléctrico	Ajustar terminales de la batería	250	Técnico de mantenimiento
Saturación del filtro de aceite del motor	Cambiar filtro de aceite del motor	250	Lavador y lubricador
Contaminación de aceite del motor	Limpiar el respiradero del cárter	500	Técnico de mantenimiento
Degradación del combustible	Purgar la presencia de agua en el combustible	40	Operador
Desgaste de la herramienta de trabajo	Reparar puntas y cuchillas de la herramienta de trabajo	250	Técnico de mantenimiento
Recalentamiento de refrigerante del motor	Inspeccionar el funcionamiento de ventilador del motor	250	Técnico de mantenimiento
Fugas de fluidos del motor	Inspeccionar mangueras y abrazaderas del motor	250	Técnico de mantenimiento
Desgaste de banda del alternador	Inspeccionar banda del alternador	250	Técnico de mantenimiento
Desgaste de banda del ventilador	Inspeccionar banda del ventilador	250	Técnico de mantenimiento
Desgaste de la cadena del tren de rodaje	Inspeccionar cadenas de tren de rodaje	250	Técnico de mantenimiento
Reducción de la compresión del motor	Ajustar válvulas de admisión y escape	2000	Técnico de mantenimiento
Contaminación del habitáculo y bastidor	Limpiar o cambiar de filtro de aire de la cabina	250	Lavador y lubricador
Contaminación del aceite de transmisión	Limpiar rejilla magnética de la transmisión	1000	Lavador y lubricador

Realizado por: Autores

Para que una tarea sea factible es recomendable realizar un análisis costo efectivo, lo que implica realizar una comparación entre mantenimiento basado en condición y mantenimiento correctivo.



Figura 12-3: Costo efectivo
Realizado por: Autores

Se observa en la figura 14-3, los costos que intervienen en las dos formas de mantenimiento, los costos del *Mantenimiento Basado en la Condición* (CBM) son: costos de inspección, costos de reparación y costos operacionales, mientras que los costos correctivos con: costo de reparación y costo operacional.

El costo de inspección en CBM no garantiza que el fallo no ocurrirá, ayuda a detectar la falla tempranamente, permite reducir así costos de reparación y costos operacionales, porque se puede programar una parada de equipos. El costo por mantenimiento correctivo no se considera el costo de inspección, lo que implica trabajar a la falla, incrementándose así los costos de reparación y por su puesto los costos operacionales, debido a que no se puede planificar cuando parará el equipo, ni el tiempo que permanecerá en ese estado.

Es menos costoso reparar una falla incipiente, que una falla imprevista. Con este criterio se puede afirmar que en la mayoría de los casos va a ser más rentable realizar tareas basadas en condición.

Nota: Se debe analizar costos de las consecuencias de cada modo de fallo.

3.3.7. *Agrupación y Revisión.* Se procede a agrupar las tareas por frecuencias y responsable, definiendo así rutinas de 8h y 40h para el operador, de 250h, 500h y 1000h para lavadores y lubricadores, y de 250h, 500h, 1000h y 2000h para los técnicos de mantenimiento.

En la tabla 26-3 se detalla el paso siete del *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N*, para el resto de las máquinas se muestra en el *anexo I*.

Tabla 26-3: Paso siete, agrupación y revisión

TRACTOR CATERPILLAR D6N / CÓDIGO DE MANTENIMIENTO: T002			
SIST	NUEVAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA (h)	RESPONSABLE
AMC	Inspeccionar el nivel de aceite del motor	8	Operador
AMC	Inspeccionar el nivel de refrigerante del motor	8	Operador
ASH	Inspeccionar el nivel aceite del sistema hidráulico	40	Operador
AMC	Purgar la presencia de agua en el combustible	40	Operador
ATP	Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión de potencia	250	Lavador y lubricador
AMC	Cambiar aceite del motor	250	Lavador y lubricador
AMC	Cambiar de filtros de combustible	250	Lavador y lubricador
AMC	Cambiar filtro de aceite del motor	250	Lavador y lubricador
ATN	Lubricar pines del tren de rodaje	250	Lavador y lubricador
AHB	Limpiar o cambiar de filtro de aire de la cabina	250	Lavador y lubricador
AHT	Lubricar pines de la herramienta de trabajo	250	Lavador y lubricador
ATP	Lubricar pines del sistema de transmisión de potencia	250	Lavador y lubricador
ATP	Cambiar aceite del sistema de transmisión de potencia	1000	Lavador y lubricador
ATP	Cambiar aceite de los mandos finales	1000	Lavador y lubricador
ASH	Cambiar aceite hidráulico	1000	Lavador y lubricador
ATP	Limpiar rejilla magnética de la transmisión	1000	Lavador y lubricador
ASH	Cambiar filtro de aceite hidráulico	2000	Lavador y lubricador
AMC	Cambiar filtro de aire	2000	Lavador y lubricador
AHT	Reparar de puntas y cuchillas de la herramienta de trabajo	250	Técnico de mantenimiento
ASE	Ajustar terminales de la batería	250	Técnico de mantenimiento
AMC	Inspeccionar el funcionamiento de ventilador del motor	250	Técnico de mantenimiento
AMC	Inspeccionar mangueras y abrazaderas del motor	250	Técnico de mantenimiento
AMC	Inspeccionar banda del alternador	250	Técnico de mantenimiento
AMC	Inspeccionar banda del ventilador	250	Técnico de mantenimiento
ATN	Inspeccionar cadenas de tren de rodaje	250	Técnico de mantenimiento
AMC	Inspeccionar y limpiar el respiradero del cárter	500	Técnico de mantenimiento
AMC	Inspeccionar y ajustar válvulas de admisión y escape	2000	Técnico de mantenimiento

Realizado por: Autores

3.3.8. *Aprobación e Implementación.* Se presentó el plan de mantenimiento al Ing. Carlos Riofrío, Especialista de los talleres municipales y tras ser revisado, se aprobó y se autorizó su implementación para el periodo 2019-2020. El documento de aprobación se presenta en el *anexo J*.

3.3.9. *Nuevo Programa Dinámico.* Para la realización de este paso, se utilizó una herramienta tecnológica en la cual se ingresa el plan de mantenimiento que se realizó, con todas sus características, inventario de activos, frecuencias, responsable, costos, tiempo, lo cual permitirá que el proceso de ejecución de tareas de mantenimiento sea ágil y que el departamento de mantenimiento analice si es factible establecer indicadores para que en el futuro pueda medir que tanto ha mejorado su gestión de mantenimiento, esto gracias a que la herramienta tecnológica también servirá para tener toda la información ordenada y detallada.

3.4. Logística de mantenimiento

Una vez elaborado y aprobado el plan de mantenimiento, se definen los recursos de la logística de mantenimiento para cada tarea, como: materiales y repuestos, cantidades, responsable por especialidad (horas hombre) y un presupuesto estimado. Es importante recalcar que estos recursos requeridos, se han establecidos acorde a lo que posee el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba.

En la tabla 25-3 se muestra el paso seis analizado al *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N*, el análisis para el resto de las máquinas se muestra en el *anexo K*, los recursos de mantenimiento que se muestran aquí son:

- Tareas de mantenimiento
- Tiempo estimado
- Consumible
- Cantidad
- Responsable
- Costo por unidad y costo total

Tabla 27-3: Logística de mantenimiento

TRACTOR CATERPILLAR D6N / CÓDIGO DE MANTENIMIENTO: T002	LOGÍSTICA							
Tareas de mantenimiento	Tiempo Estimado	Frec. h	Consumibles	Cantidad	Unidad	Responsable	Costo x Unidad \$	Costo Total \$
Inspeccionar el nivel de aceite del motor	10 min	8	SAE 15W40		Lt	Operador		
Inspeccionar el nivel de refrigerante del motor	10 min				Lt	Operador		
Inspeccionar el nivel aceite del sistema hidráulico	10 min	40	SI-10W		Lt	Operador		
Purgar la presencia de agua en el combustible	10 min					Operador		
Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión de potencia	15 min	250	SAE 15W40		Lt	Lavador y lubricador		
Cambiar aceite del motor	30 min		SAE 15W40	17	Lt	Lavador y lubricador	5.95	101.15
Cambiar de filtros de combustible	10 min		326-1644	1	Und	Lavador y lubricador	25	25
	10 min		5810	1	Und	Lavador y lubricador	15	15
Cambiar filtro de aceite del motor	5 min		269/8325	1	Und	Lavador y lubricador	12.83	12.83
Lubricar pines del tren de rodaje	20 min		NLGI 2	2	Lb	Lavador y lubricador	3.25	6.5
Cambiar de filtro de aire de la cabina	10 min		SC-90240	1	Und	Lavador y lubricador	22.1	22.1
Lubricar pines de la herramienta de trabajo	20 min		NLGI 2	1	Lb	Lavador y lubricador	3.25	3.25
Lubricar pines del sistema de transmisión de potencia	20 min		NLGI 2	2	Lb	Lavador y lubricador	3.25	6.5
Cambiar aceite del sistema de transmisión de potencia	30 min		1000	SAE 15W40	50	Lt	Lavador y lubricador	5.95

Tabla 27-3 (Continua): Logística de mantenimiento

Cambiar aceite de los mandos finales	30 min	1000	SAE 85W-140	4	Lt	Lavador y lubricador	5.25	21
Cambiar aceite hidráulico	30 min		SI-10W	60	Lt	Lavador y lubricador	6.12	367.2
Limpiar rejilla magnética de la transmisión	20 min					Lavador y lubricador		
Cambiar filtro de aceite hidráulico	10 min	2000	9T-8578	1	Und	Lavador y lubricador	18.3	18.3
	10 min		1R-0770	1	Und	Lavador y lubricador	13.15	13.15
Cambiar filtro de aire	10 min		2525002	1		Lavador y lubricador	25.41	25.41
Reparar puntas y cuchillas de la herramienta de trabajo	60 min	250	Electrodo UTP621	1	Lb	Técnico de mantenimiento	14.21	14.21
Ajustar terminales de la batería	10 min					Técnico de mantenimiento		
Inspeccionar el funcionamiento de ventilador del motor	5 min					Técnico de mantenimiento		
Inspeccionar mangueras y abrazaderas del motor	10 min					Técnico de mantenimiento		
Inspeccionar banda del alternador	5 min					Técnico de mantenimiento		
Inspeccionar banda del ventilador	5 min					Técnico de mantenimiento		
Inspeccionar cadenas de tren de rodaje	10 min					Técnico de mantenimiento		
Limpiar el respiradero del cárter	20 min	500				Técnico de mantenimiento		
Ajustar válvulas de admisión y escape	60 min	2000				Técnico de mantenimiento		

Realizado por: Autores

- Cálculo del presupuesto por rutinas de mantenimiento para el año

El horómetro del *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N* se encontró en 8,820 horas operada al 26 de enero del 2018, el 30 de noviembre del 2018 se encuentra en 9955 horas operadas, por lo que se estima un promedio de 5 horas diarias de trabajo en los 231 días o 46 semanas laborables que se contabilizan entre esas fechas, con este valor se estiman 25h de trabajo semanal.

Para calcular el número de veces que se realizará cada rutina en el año, primero se determina la frecuencia en semanas, este valor se lo relaciona con las 52 semanas del año, obteniendo el resultado en semanas con la ecuación 1,

$$N^{\circ} \text{ de veces al año} = \frac{52 \text{ semanas}}{\frac{\text{Frec de rutinas}(h)}{25(h)}} \quad (1)$$

Para el cálculo del costo de la hora hombre se divide la remuneración del personal técnico para los 22 días que se laboran en el mes y este resultado se lo relaciona para las 8 horas diarias de trabajo del GADM Riobamba, obteniendo un valor de 3.69 dólares la hora, utilizando la ecuación 2.

$$\text{Costo } H/H = \frac{\text{Remuneración básica}}{\frac{\text{Días de trabajo al mes}}{\text{Horas de trabajo al día}}} \quad (2)$$

El costo de la hora-hombre (rutina), resulta de multiplicar el costo hora-hombre con el tiempo que ocupa cada rutina, este valor se multiplica por el número de veces que se realizara en el año la rutina y se obtiene un costo anual. Estos valores se obtienen con las ecuaciones 3 y 4.

$$\text{Costo } H/H \text{ (rutina)} = H/H * \frac{T \text{ Rutina [min]}}{60} \quad (3)$$

$$\text{Costo } H/H \text{ anual (rutina)} = H/H \text{ (rutina)} * N^{\circ} \text{ de veces al año} \quad (4)$$

El costo de consumibles de Rutinas se obtiene de la tabla 27-3, en donde se muestra el costo de los consumibles de cada tarea. Sumando el valor económico de todas las tareas que tengan la misma frecuencia, este valor se multiplica por el número de veces que se realizará en el año la rutina y se obtiene un costo anual.

Para el costo total de rutinas, se realiza la sumatoria de Costo anual H/H (rutina) y Costo de consumibles anual de rutinas, como se muestra en la ecuación 5.

$$\text{Costo total de rutinas} = H/H \text{ anual (rutina)} + \text{Costo de consumibles anual} \quad (5)$$

En la tabla 28-3, se muestra el presupuesto estimado anual del TO02, el análisis del presupuesto para el resto de las máquinas se presenta en el *anexo L*.

Tabla 28-3: Costo de rutinas de mantenimiento

Horas promedio de trabajo al día		5						
Horas promedio de trabajo a la semana		25						
Costo H/H		\$3.69						
Rutinas (h)/ Semanas	T Rutinas (min)	Nº de veces al año	Costo H/H (rutina)	Costo anual H/H (rutina)	Costo de consumibles de Rutinas	Costo de consumibles anual de rutinas	Costo total de rutinas	
8	1 día	20	249	\$1.23	\$306.53	\$0	\$0	\$306.53
40	1.6 semanas	20	33	\$1.23	\$40.01	\$0.00	\$0	\$40.01
250	10 semanas	245	5	\$15.08	\$78.42	\$209.79	\$1,091	\$1,169.33
500	20 semanas	20	3	\$1.23	\$3.20	\$0.00	\$0	\$3.20
1000	40 semanas	110	1	\$6.77	\$8.80	\$685.70	\$891	\$900.21
2000	80 semanas	90	1	\$5.54	\$3.60	\$56.86	\$37	\$40.56
Total, presupuesto estimado anualmente								\$2459.84

Realizado por: Autores

El presupuesto estimado anual para *TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N* es de 2459.84 dólares.

3.5. Diseño de documentos

La información que se maneja en los Talleres 03 del GADMR es de forma verbal para realizar cualquier actividad de mantenimiento. Por lo que es necesario el diseño de documentos para mejorar la gestión de información y sustentar actividades. Es recomendable que todo documento tenga la información necesaria en un modelo fácil de entender y completar por los técnicos de mantenimiento y su procesamiento de la información, los documentos básicos son:


- Solicitud de trabajo
- Orden de trabajo

- Solicitud de repuestos

Con las tareas de mantenimiento programadas o no programadas inicia el flujo de documentos, la solicitud de trabajo, orden de trabajo y si es necesario la solicitud de repuestos.

3.5.1. *Solicitud de trabajo.* La solicitud de trabajo se emite por el operador, dicho documento se dirige hacia el Especialista de los Talleres Municipales, quien aprobará y emitirá la orden de trabajo. La tabla 29-3, muestra los campos básicos de una solicitud de trabajo.

Tabla 29-3: Solicitud de Trabajo

		<i>Solicitud de Mantenimiento</i>	
N° de Solicitud de Mantenimiento:	00010	Código del Equipo:	TO02
Descripción del Equipo:	TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N (EC-OPM-027)	Fecha de Solicitud:	14/11/2018
Solicitante:	Operador	Horómetro:	9890
Prioridad:		Urgente: <input type="checkbox"/>	Importante: <input checked="" type="checkbox"/>
Descripción del Mantenimiento:	Cambio de Bomba ...	Ejecutante:	Lavador y Lubricador
Firma Solicitante: Operador		Firma de quién recibe: Especialista de los Talleres Municipales	

Realizado por: Autores


3.5.2. *Orden de trabajo.* Es el documento válido para realizar cualquier trabajo de mantenimiento programado o no programado, se emitirá por el Servidor Municipal 5, quien está encargado de planificar y programar las rutinas de mantenimiento, hacia el Especialista de los Talleres Municipales quien aprobará la OT y se dirigirá hacia los diferentes responsables (técnico de mantenimiento, vulcanizador, lavador y lubricador) de ejecutar las tareas de mantenimiento. Para el diseño de la orden de trabajo se revisó la normativa de documentación de mantenimiento 13460. La tabla 30-3, es la orden de trabajo.

Flujo de la Orden de Trabajo.

- Emisión. Emite la orden de trabajo el servidor municipal 5, también pueden emitir los técnicos si el trabajo es por mantenimiento correctivo.
- Aprobación. Aprueba la orden de trabajo el Especialista de los Talleres Municipales.

- Ejecución. Los técnicos de mantenimiento, vulcanizador, lavador y lubricador son quienes pueden ejecutar la orden de trabajo.
- Cierre. El servidor municipal 5 cierra la orden de trabajo.


Tabla 30-3: Orden de Trabajo

		ORDEN DE TRABAJO		Nº OT 022
Descripción del Equipo: TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N (EC-OPM-027)		Código del Equipo:	TO02	
Título de la OT: Rutina de Mantenimiento de 250 Horas				
Fecha de Emisión: 14/11/2018		Fecha de Cierre:		
Tipo de Orden de Trabajo: Preventiva: <input checked="" type="checkbox"/> Correctiva: <input type="checkbox"/>				
Prioridad: Urgente: <input type="checkbox"/>		Importante: <input checked="" type="checkbox"/>		
Finalizado <input type="checkbox"/>	Pendiente <input checked="" type="checkbox"/>	Horómetro		9890
Tareas:		H/H	Materiales y Repuestos	Responsable
Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión de potencia		2	SAE 15W40	Cristian Morales Francisco Guacho
Cambiar aceite del motor			SAE 15W40	
Cambiar de filtros de combustible			326-1644	
Cambiar filtro de aceite del motor			5810	
Lubricar pines del tren de rodaje			269/8325	
Limpiar o cambiar de filtro de aire de la cabina			NLGI 2	
Lubricar pines de la herramienta de trabajo			SC-90240	
Lubricar pines del sistema de transmisión de potencia			NLGI 2	
F. de Quién Emite: Servidor Municipal 05		F. de Quién Aprueba: Especialista de los Talleres Municipales		F. Quién Recibe: Técnico de Mantenimiento

Realizado por: Autores

3.5.3. *Solicitud de repuestos.* El Especialista de los Talleres Municipales genera la solicitud de repuestos hacia el departamento de bodega. La tabla 31-3, es el diseño de la solicitud de repuestos.

Tabla 31-3: Solicitud de repuestos

		Solicitud de Repuestos		Nº De Solicitud de Repuestos 025
Descripción del Equipo: TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6N (EC-OPM-027)		Código del Equipo:	TO02	
Nº OT que hace Referencia: # OT 010		Fecha: 15/11/2018		
Solicitante: Lavador y lubricador				
Materiales y Repuestos		Cantidad	Unidad	
SAE 15W40			Lt	
SAE 15W40		17	Lt	
326-1644		1	Und	
5810		1	Und	
269/8325		1	Und	
NLGI 2		2	Lb	
SC-90240		1	Und	
NLGI 2		1	Lb	
NLGI 2		2	Lb	
F. de Solicita: Servidor Municipal 05		F. de Quién Aprueba: Especialista de los Talleres		F. Quién Recibe: Responsable de Bodega

Realizado por: Autores

3.6. Capacitación

La capacitación se realizó el día martes 31 de octubre del 2018, en las instalaciones de Talleres 03 del GAMR, tomando como patrones las debilidades detectadas en el análisis de situación inicial.

3.6.1. Generalidades

Tabla 32-3: Generalidades de la capacitación

Dependencia	Talleres 03
Departamento	Mantenimiento
Tema	Capacitación sobre el trabajo de titulación realizado
Duración	180 min
Dirigido a	Personal Administrativo Personal Técnico
Responsables	Olger Mayorga Javier Olmedo

Realizado por: Autores

3.6.2. Objetivos de la capacitación

- Capacitar al personal administrativo y técnico sobre el trabajo realizado.
- Proponer recomendaciones para la correcta implementación del trabajo de titulación.

3.6.3. Estructura y desarrollo

Tabla 33-3: Estructura y desarrollo

Tema:	Duración	Responsable
Mantenimiento	25 min	Javier Olmedo
Inventario Técnico jerárquico	15 min	Olger Mayorga
Metodología PMO	45 min	Javier Olmedo
Plan de Mantenimiento	45 min	Olger Mayorga
Rutinas de Mantenimiento	15 min	Javier Olmedo
Logística	15 min	Olger Mayorga
GMAO	20 min	Javier Olmedo

Realizado por: Autores

3.6.4. *Metodología.* Con el fin de que la capacitación sea eficaz y entendible se utilizó metodologías pedagógicas y didácticas como:

Exposición: Declarar, interpretar, explicar el sentido genuino de una palabra o texto que puede tener varios o es difícil de entender. DRAE

3.6.5. *Recursos*

- Personas responsables
- Computadora
- Proyector
- Video
- Presentación digital

3.6.6. *Revisado y aprobado*

Tabla 34-3: Revisión y aprobación

Nombre	Cedula	Firma
Ing. César Gallegos	060378285-5	
Ing. Villacrés Sergio	060200160-4	

Realizado por: Autores

En el *anexo M* se presenta la lista de personal administrativo y técnico que fue partícipe de la presentación y capacitación del plan de mantenimiento elaborado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Se analizó el plan de mantenimiento preventivo vigente de maquinaria pesada, en los talleres municipales del GADM Riobamba, con un cuestionario para el personal administrativo y otro para el personal técnico, de los cuales se obtuvo valores de efectividad del cumplimiento de las responsabilidades 46% y 48% respectivamente, encontrando así oportunidades de mejora del 54% (rutinas programadas, codificación de activos para mantenimiento, documentos de mantenimiento, capacitación al personal) para el personal administrativo y 52% (mantenimiento autónomo, históricos de falla, análisis de los modos de fallo) para el personal técnico.

Se realizó el inventario técnico jerárquico y codificación de: 1 planta, 8 áreas, 21 máquinas y 165 subsistemas, lo que permite una agilización en los procesos de mantenimiento.

Se aplicó la metodología PMO sobre los 21 activos de maquinaria pesada, logrando así pasar de un plan de mantenimiento inicial con promedio de 12 tareas por máquina, a un plan de mantenimiento con un promedio de 26 tareas por máquina, lo que indica que el plan de mantenimiento inicial es incipiente.

Se definieron los recursos necesarios para la ejecución de cada tarea, incluyendo un presupuesto estimado de \$ 88,828.33 anual para el mantenimiento preventivo de la flota de maquinaria pesada del GADM Riobamba.

Se capacitó a 13 personas entre personal administrativo y técnico, sobre el correcto manejo del nuevo plan de mantenimiento, el uso de los recursos en cada tarea y tecnologías disponibles en la gestión de mantenimiento.

Recomendaciones.

Luego de los primeros seis meses de implementar el nuevo plan de mantenimiento, se recomienda realizar una nueva evaluación de la situación, para determinar que tanto se ha logrado mejorar.

Se recomienda utilizar la metodología PMO en proceso que se encuentren en operación, por sus resultados a corto plazo. Para procesos críticos se recomienda la metodología RCM.

Se sugiere aplicar la metodología PMO para rediseñar los planes de mantenimiento que posee el GADM Riobamba para el restante de su flota vehicular (vehículos livianos, recolectores de carga lateral, etc.).

Se recomienda etiquetar cada máquina con su respectivo código de mantenimiento con el fin de agilizar los procesos de mantenimiento.

Es necesario la instalación de horómetros en las maquinas que no cuentan con este dispositivo, lo que permitirá controlar el mantenimiento periódico de los equipos y sus recursos.

BIBLIOGRAFÍA

ACIEM PM OPTIMISATION: *Maintenance Analysis of the Future Analysis*, 2012.

Carlos, J, & Holguín, D. El Ciclo Vicioso del Mantenimiento Reactivo, 2012.

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

GARCÍA, S. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. [en línea]. Ediciones Díaz de Santos. 2003. [Consulta: 24 agosto 2018]. ISBN 8499690181. Disponible en: [https:// books.google.com.ec/books?id=PUovBdLioMC&printsec=frontcover &hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=PUovBdLioMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

MOUBRAY, J. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Vol. II. 2004. ISBN 09539603-2-3. pp 89

NTE INEN-EN, 60300-3. *Mantenimiento y logistica del Mantenimiento,*

CAPELO GUIJARRO, Raúl Vicente. Elaboración de un modelo de gestión de mantenimiento mediante la Norma “EN 16646”, para mejorar la eficiencia del departamento de mantenimiento en la Unidad Oncológica SOLCA – Chimborazo. [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 65-75. [Consulta en 2018-07-10]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6490>

UNE-EN 13306. *Terminología del mantenimiento,*

SAE-JA 1012. *Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie. Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). Numeral 3.*