



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
MEDIANTE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA EL GRUPO 2 DE
VEHÍCULOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO
DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

BRIAN LUIS CORONADO VILLACRÉS

ERIK FERNANDO PUMA RIOFRIO

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
MEDIANTE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA EL GRUPO 2 DE
VEHÍCULOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO
DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de: Ingeniero
INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: BRIAN LUIS CORONADO VILLACRÉS

ERIK FERNANDO PUMA RIOFRIO

DIRECTOR: ING. SERGIO RAÚL VILLACRÉS PARRA

Riobamba – Ecuador

2024

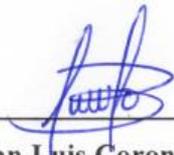
© 2024, **Brian Luis Coronado Villacrés y Erik Fernando Puma Riofrio**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Brian Luis Coronado Villacrés y Erik Fernando Puma Riofrio, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

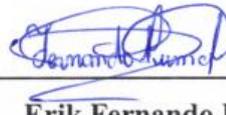
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de diciembre 2024



Brian Luis Coronado Villacrés

060551585-7

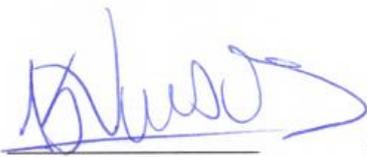
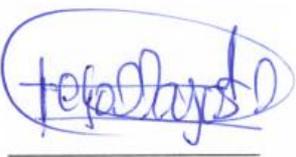


Erik Fernando Puma Riofrio

060464876-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA EL GRUPO 2 DE VEHÍCULOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO**, realizado por el señor/ la señorita: **BRIAN LUIS CORONADO VILLACRÉS** y **ERIK FERNANDO PUMA RIOFRÍO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordóñez Viñán MsC PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-12-16
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-12-16
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-12-16

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de integración curricular a Dios que ha sido mi guía para superar cada desafío de vida. A mis dos grandes amores mis madres Marcela y Zoila cuyo cariño, cuidado y apoyo, han sido los pilares fundamentales para cada paso de mi vida. A mi hermana Pamela por ser mi compañera y fuente de inspiración constante. A mis familiares y amigos por sus enseñanzas, apoyo y cariño han sido fundamentales para la culminación de esta etapa de mi vida.

Brian Luis Coronado Villacrés

El presente trabajo de integración curricular, dedico a Dios quien me bendice y me acompaña, a mis padres Fernando Puma y María Riofrío que me han guiado y acompañado en mi preparación académica brindándome su apoyo incondicional día tras día, a mis hermanos Henry e Iván que de una u otra manera han sido parte de este proceso con sus consejos, a mis familiares y amigos que aportaron un granito de arena para alcanzar el éxito en mi vida personal y profesional.

Erik Fernando Puma Riofrío

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a Dios por concedernos la fortaleza y sabiduría necesaria para enfrentar y superar con éxito todos nuestros objetivos propuestos. A nuestras familias que, con su amor y apoyo incondicional, son el pilar y motor de nuestras vidas.

Así también agradecemos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a nuestra querida Escuela de Ingeniería de Mantenimiento Industrial, que por medio de sus docentes hemos adquirido conocimientos valiosos para nuestro desarrollo profesional, y un sincero agradecimiento a los ingenieros Sergio Villacrés y Cesar Gallegos por el constante apoyo, paciencia y orientación, siendo su experiencia y conocimientos fundamentales a lo largo de la elaboración de este trabajo de integración curricular.

Brian Luis Coronado Villacrés y Erik Fernando Puma Riofrio

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xvi
SUMMARY / ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Planteamiento del problema.....	3
1.3	Justificación y actualidad	4
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	<i>Objetivo general</i>	4
1.4.2	<i>Objetivo específico</i>	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	6
2.1	Evaluación del mantenimiento	6
2.1.1	<i>Evaluación de la gestión del mantenimiento mediante el método EEM</i>	6
2.2	Niveles Jerárquicos de activos según la norma ISO 14224	11
2.3	Estructuración del código de los activos.....	12
2.4	Métodos de análisis de criticidad	14
2.4.1	<i>Método semicuantitativo Matriz de criticidad por riesgo (MCR)</i>	14
2.5	Contexto operacional	17
2.6	Información de activos.....	18

2.6.1	<i>Codificación de manuales</i>	19
2.7	Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	19
2.7.1	<i>Definición del RCM</i>	19
2.7.2	<i>Objetivos para realizar un análisis RCM</i>	20
2.7.3	<i>Ventajas y desventajas del RCM</i>	20
2.7.4	<i>Hoja de información</i>	21
2.7.5	<i>Hoja de decisión</i>	21
2.7.6	<i>Preguntas de la hoja de decisión</i>	22
2.7.7	<i>Tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclicos</i>	25
2.7.8	<i>Tareas proactivas</i>	25
2.7.9	<i>Acciones de omisión</i>	25
2.7.10	<i>Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF)</i>	26
2.7.10.1	<i>Funciones</i>	26
2.7.10.2	<i>Fallos funcionales</i>	26
2.7.10.3	<i>Modos de fallo</i>	27
2.7.10.4	<i>Efectos de fallos</i>	27
2.7.10.5	<i>Consecuencias de fallo</i>	28
2.8	Plan de mantenimiento	29
2.8.1	<i>Elaboración del plan de mantenimiento</i>	29
2.8.2	<i>Formato del plan de mantenimiento</i>	29
2.8.2.1	<i>Unidad Operada por Semana (UOPS)</i>	30
2.8.2.2	<i>Frecuencia de mantenimiento</i>	30
2.9	Logística del mantenimiento	30
2.10	Capacitación	31

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	33
3.1	Evaluación de la Gestión del Mantenimiento	33
3.2	Inventario de la flota vehicular grupo 2	37

3.3	Estructura de la codificación.....	39
3.4	Codificación de la flota vehicular grupo 2.....	42
3.5	Análisis de Criticidad según Matriz de Criticidad por Riegos (MCR)	43
3.5.1	<i>Cálculo de la criticidad de Motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.....</i>	<i>43</i>
3.5.2	<i>Categorización de criticidad de la flota vehicular grupo 2.</i>	<i>46</i>
3.6	Contexto Operacional de la maquinaria.	47
3.7	Información de los Activos Por Mantener	50
3.7.1	<i>Codificación de manuales.</i>	<i>50</i>
3.7.2	<i>Especificaciones técnicas y matriculas de la flota vehicular grupo 2.</i>	<i>51</i>
3.8	Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)	51
3.8.1	<i>Hoja de Información</i>	<i>52</i>
3.8.2	<i>Hoja de decisión.</i>	<i>65</i>
3.8.3	<i>Plan de Mantenimiento.</i>	<i>69</i>
3.8.3.1	<i>UOPS de la flota vehicular.....</i>	<i>69</i>
3.8.3.2	<i>Cálculo del UOPS de la Motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.</i>	<i>71</i>
3.8.3.3	<i>Cálculo de la frecuencia para la Motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.</i>	<i>71</i>
3.8.3.4	<i>Desarrollo del plan de mantenimiento</i>	<i>72</i>
3.8.4	<i>Rutina de mantenimiento</i>	<i>77</i>
3.8.5	<i>Logística de mantenimiento</i>	<i>79</i>
3.9	Análisis de costos de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.....	84
3.10	Resultado económico para el RCM	90
3.11	Capacitación.....	91
3.11.1	<i>Modalidad de la capacitación.....</i>	<i>91</i>
3.11.2	<i>Temario de la capacitación</i>	<i>91</i>

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	93
4.1	Resultados obtenidos de la evaluación EEM.....	93
4.2	Resultados del análisis de criticidad	97

4.3	Resultados del plan de mantenimiento	99
4.3.1	<i>Resultados de presupuestos de repuestos, horas de parada y horas hombre.....</i>	105
4.4	Resultado de la capacitación	107

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
5.1	Conclusiones.....	111
5.2	Recomendaciones	112

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Tipos de auditoría.	6
Tabla 2-2: Calificación de la auditoría.	7
Tabla 2-3: Rangos de puntuación de la gestión de mantenimiento.	7
Tabla 2-4: Preguntas relacionadas a Recursos Gerenciales.	8
Tabla 2-5: Preguntas de gerencia de la información.	8
Tabla 2-6: Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo.	9
Tabla 2-7: Preguntas de planificación.	10
Tabla 2-8: Preguntas de soporte, calidad y motivación.	10
Tabla 2-9: Tabla de resultados de la evaluación.	11
Tabla 2-10: Familia y tipo de equipos automotrices.	13
Tabla 2-11: Métodos para el análisis de criticidad.	14
Tabla 2-12: Escala frecuencia de fallos (FF).	15
Tabla 2-13: Escala impacto en producción (IO).	15
Tabla 2-14: Escala de mantenibilidad (FO).	15
Tabla 2-15: Escala de costos de mantenimiento (CM).	15
Tabla 2-16: Escala de impacto a la seguridad, higiene y medio ambiente (SHA).	16
Tabla 2-17: Ventajas y desventajas del RCM.	20
Tabla 2-18: Tipos de tareas de acciones de omisión.	25
Tabla 2-19: Descripción de funciones principales y secundarias.	26
Tabla 2-20: Definición de falla parcial y total.	27
Tabla 2-21: Consecuencia de fallos de las máquinas.	29
Tabla 2-22: Preguntas referenciales para realizar una capacitación.	32
Tabla 3-1: Personal al que se realizó la evaluación a la gestión del mantenimiento.	33
Tabla 3-2: Encuesta realizada al coordinador del área de talleres.	34
Tabla 3-3: Inventario de la flota vehicular grupo 2.	38
Tabla 3-4: Codificación del primer nivel: Planta.	39
Tabla 3-5: Codificación del segundo nivel: Área.	39
Tabla 3-6: Codificación del tercer nivel: Sistema.	39
Tabla 3-7: Codificación del cuarto nivel: Equipo.	40
Tabla 3-8: Codificación de la flota vehicular grupo 2.	42
Tabla 3-9: Puntuación para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).	43
Tabla 3-10: Matriz de criticidad por riesgo de la flota vehicular.	45
Tabla 3-11: Categorización de criticidad de la flota vehicular grupo 2.	46

Tabla 3-12: Contexto operacional de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).	48
Tabla 3-13: Información de la codificación de manuales.	50
Tabla 3-14: Hoja de Información de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.	52
Tabla 3-15: Hoja de decisión para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.	65
Tabla 3-16: UOPS de la flota vehicular grupo 2.	69
Tabla 3-17: Información del plan de mantenimiento.	73
Tabla 3-18: Cronograma de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).	75
Tabla 3-19: Rutina de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).	77
Tabla 3-20: Logística de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).	80
Tabla 3-21: Costo anual de repuestos de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).	84
Tabla 3-22: Tiempo de inactividad anual de la motoniveladora.	87
Tabla 3-23: Tiempo de horas/hombre para la motoniveladora.	88
Tabla 3-24: Análisis económico de una tarea de mantenimiento de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).	90
Tabla 4-1: Resultados del área de planificación.	95
Tabla 4-2: Ítems con oportunidad de mejora.	96
Tabla 4-3: Matriz de análisis de criticidad para el grupo 2 de vehículos del GADPCH.	98
Tabla 4-4: Tabla de resultados de CTR.	99
Tabla 4-5: Asignación de tareas para cada maquinaria.	100
Tabla 4-6: Resultado del plan de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.	102
Tabla 4-7: Presupuesto anual de repuestos.	105
Tabla 4-8: Tiempo anual de inactividad.	106
Tabla 4-9: Tiempo anual hora/hombre.	106

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Niveles jerárquico según la norma ISO 14224.	12
Ilustración 2-2: Forma de codificar de la empresa.	13
Ilustración 2-3: Matriz de criticidad	16
Ilustración 2-4: Diseño del formato del Contexto Operacional.....	17
Ilustración 2-5: Matricula Motoniveladora DOOSAN.....	18
Ilustración 2-6: Formato de codificación de manuales.....	19
Ilustración 2-7: Hoja de información del RCM	21
Ilustración 2-8: Formato hoja de decisiones RCM	22
Ilustración 2-9: Diagrama de decisión del RCM	24
Ilustración 2-10: Categorización de consecuencias de falla.	28
Ilustración 2-11: Diseño del plan de mantenimiento	30
Ilustración 2-12: Diseño del formato de logística de mantenimiento.....	31
Ilustración 3-1: Nivel de criticidad para la Excavadora DOOSAN (PA-MQ-M7).....	44
Ilustración 3-2: Estantería de manuales codificada.	51
Ilustración 3-3: Capacitación al personal de mantenimiento.....	91
Ilustración 3-4: Capacitación al personal de mantenimiento.	92
Ilustración 4-1: Matriz de resultados de la evaluación.	93
Ilustración 4-2: Interpretación de resultados de la evaluación.	94
Ilustración 4-3: Resultados obtenidos del área de Planificación.	96
Ilustración 4-4: Resultados del análisis de criticidad	99
Ilustración 4-5: Distribución del presupuesto anual de repuestos.	105
Ilustración 4-6: Distribución anual de inactividad.	106
Ilustración 4-7: Distribución anual de hora/hombre.	107
Ilustración 4-8: Lista de asistentes a la capacitación.....	108
Ilustración 4-9: Capacitación al personal de mantenimiento de los resultados obtenidos	109
Ilustración 4-10: Capacitación del personal de mantenimiento.	109

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: EVALUACIÓN A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

ANEXO B: CODIFICACIÓN 4 NIVEL: EQUIPOS

ANEXO C: CODIFICACION DE LA FLOTA VEHICULAR.

ANEXO D: ANÁLISIS DE CRITICIDAD MÉTODO MCR.

ANEXO E: CONTEXTO OPERACIONAL DE LA MAQUINARIA CRITICA.

ANEXO F: CODIFICACIÓN DE MANUALES

ANEXO G: HOJA DE INFORMACIÓN Y DECISIÓN DEL RODILLO CATERPILLAR CS533E

ANEXO H: HOJA DE INFORMACIÓN Y DECISIÓN DE LA EXCAVADORA DOOSAN DX225LCA

ANEXO I: HOJA DE INFORMACIÓN Y DECISIÓN DE LA VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC

ANEXO J: HOJA DE INFORMACIÓN Y DECISIÓN DEL TANQUERO DE AGUA NISSAN PKC 212

ANEXO K: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL RODILLO CATERPILLAR CS533E

ANEXO L: LOGISTICA PARA EL RODILLO CATERPILLAR CS533E

ANEXO M: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EXCAVADORA DE ORUGA DOOSAN DX225LCA

ANEXO N: LOGISTICA PARA LA EXCAVADORA DE ORUGA DOOSAN DX225LCA

ANEXO O: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC

ANEXO P: LOGISTICA DE LA VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC

ANEXO Q: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL TANQUERO DE AGUA NISSAN PKC 212

ANEXO R: LOGISTICA DE MANTENIMIENTO PARA EL TANQUERO DE AGUA NISSAN PKC 212

ANEXO S: RESULTADOS DE LA MATRIZ DE ANALISIS DE CRITICIDAD DEL MCR.

ANEXO T: RESULTADO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL RODILLO CATERPILLAR CD533E

ANEXO U: RESULTADOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EXCAVADORA DOOSAN DX225LCA

ANEXO V: RESULTADO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC

ANEXO W: RESULTADOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL TANQUERO DE AGUA NISSAN PKC 212

ANEXO X: PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA VEHICULAR GRUPO 2

ANEXO Y: COSTOS DE REPUESTOS, TIEMPO DE INACTIVIDAD Y TIEMPO H/H DE LA FLOTA VEHICULAR GRUPO 2

RESUMEN

El objetivo del proyecto técnico es la “Elaboración de un plan de mantenimiento mediante la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el grupo 2 de vehículos del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo”, para ello se analizó la gestión de mantenimiento actual mediante una auditoria de Encuesta de Efectividad de Mantenimiento “EEM”, demostrando que se encuentra en la categoría de “Nivel aceptable de mantenimiento”, identificando que el área de “Planificación” cuenta con una oportunidad de mejora tras obtener el puntaje más bajo. La propuesta de mejora abarca la elaboración del Plan de Mantenimiento, partiendo de la actualización de la información del inventario técnico, codificación de la flota vehicular según la Norma ISO 14224 e identificación de los principales sistemas de los vehículos. Posteriormente se desarrolló el análisis de criticidad mediante la metodología semicuantitativa matriz de criticidad por riesgo “MCR” para determinar el nivel de cada equipo, de esta manera podemos priorizar estrategias de mantenimiento para los equipos más críticos, para definir las nuevas tareas de mantenimiento se llevó a cabo la metodología del “RCM” y la elaboración del cronograma de mantenimiento anual, tomando en cuenta la hoja de información que menciona la función de 7 sistemas con sus fallas funcionales, modos de fallos, los efectos, causas y consecuencias al producirse dicho fallo, para prevenir las fallas se establecieron 592 tareas basadas en la condición y 540 tareas de reacondicionamiento cíclico. Por último, se capacitó al personal encargado en la gestión y ejecución del mantenimiento con la finalidad de dar a conocer el proyecto realizado, así como dar recomendaciones viables para realizar el mantenimiento, resaltando la factibilidad de la implementación de un software para gestionar correctamente el mantenimiento, logrando así alcanzar la buena práctica de mantenimiento que sobrepasa el 70% en la evaluación a la gestión del mantenimiento.

Palabras clave: <CHIMBORAZO (PROVINCIA)> <GAD PROVINCIAL DE CHIMBORAZO> <EVALUACIÓN DE MANTENIMIENTO> <EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO>
<ANÁLISIS DE CRITICIDAD> <ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)>
<MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCR)> <PLAN DE MANTENIMIENTO >

0148-DBRAI-UPT-2025



SUMMARY / ABSTRACT

This technical project objective is to develop a maintenance plan using the Reliability Maintenance methodology for group 2 vehicles of the Provincial Decentralized Autonomous Government of Chimborazo. For this, the latest maintenance management was analyzed through an audit of the Maintenance Effectiveness Survey (EEM). It demonstrated that it is in the Acceptable category, identifying that the planning area has an opportunity for improvement after obtaining the lowest score. The improvement proposal covers the development of the Maintenance Plan based on updating the technical inventory information, coding the vehicle fleet according to the ISO 14224 Standard, and identifying the principal vehicle systems. Subsequently, the criticality analysis was performed, using the semiquantitative risk criticality matrix “MCR” methodology to determine the level of each equipment so we could prioritize maintenance strategies for the most critical equipment. The “RCM” methodology was carried out to define the new maintenance tasks and the annual maintenance schedule, taking into account the information sheet that mentions seven function systems with their functional failures, failure modes, the effects, causes, and consequences when the failure occurs. To prevent failures 592 condition-based tasks and 540 cyclic reconditioning tasks were established. Finally, the personnel in charge of the management and execution of maintenance were trained to publicize the project carried out, as well as give viable recommendations for carrying out maintenance, highlighting the feasibility of implementing software to manage maintenance correctly, thus achieving good maintenance practices that exceed 70% in the evaluation of maintenance management.

Keywords: <CHIMBORAZO (PROVINCE)> < GAD PROVINCIAL OF CHIMBORAZO>
<MAINTENANCE EVALUATION> <MAINTENANCE EFFECTIVENESS><CRITICITY
ANALYSIS> <FAULT MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)> <RELIABILITY-
CENTERED MAINTENANCE (RCM)> <FAILURE PLAN MAINTENANCE >

INTRODUCCIÓN

La ubicación estratégica de los talleres del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, en el Barrio 9 de octubre en las calles Pallatanga y San Andrés junto al río Chibunga, resalta su importancia como centro clave para el mantenimiento y la gestión de activos esenciales. Estas instalaciones son fundamentales para diversas actividades vitales del gobierno provincial, como el mantenimiento de vehículos, el almacenamiento y distribución de insumos, así como el suministro de combustible y emulsiones asfálticas.

Dada la crítica importancia del mantenimiento eficaz de los activos públicos, en estos talleres se ha adoptado el enfoque del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Esta metodología innovadora prioriza las funciones y necesidades específicas de los activos sobre las tareas de mantenimiento genéricas, lo que implica un análisis detallado de posibles fallos y la estrategia de mantenimiento más adecuada para prevenir problemas.

Actualmente se está llevando a cabo un proyecto crucial: el inventario completo de cada vehículo en la flota del Consejo Provincial de Chimborazo. Este paso esencial busca mejorar la gestión de mantenimiento al proporcionar datos precisos sobre cada vehículo, los cuales serán la base para desarrollar un plan de mantenimiento integral utilizando la metodología RCM. Este plan no solo promete mejorar la eficiencia operativa, sino también facilitar la planificación logística necesaria para su implementación efectiva.

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El gran parte de las industrias ecuatorianas no es evidente la presencia de un plan de mantenimiento adecuado, no obstante, el enfoque de este tipo de mantenimiento es poco confiable porque no tiene un correcto seguimiento al fallo de los activos. Contar con un plan de mantenimiento integral facilitaría cualquier tarea relacionada con el mantenimiento de los equipos o maquinaria, de lo contrario se enfrentaría a procedimientos que consumirían tiempos de producción, operación e inactividad de la planificación, por consecuencia de falta de repuestos o mano de obra. Para ello un plan de mantenimiento contempla el seguimiento de los fallos que contribuye a evitar contratiempos como fallas o averías, en los equipos más críticos. Sin embargo, el mantenimiento adecuado depende directamente de llevar un historial de actividad de cada equipo para realizar el pedido preciso de los repuestos necesarios disminuyendo los costos de mantenimiento. (Ramos Sandoval, 2022a, pág. 1)

El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo (GADPCH) como principal objetivo es el bienestar de la provincia para fomentar el crecimiento del comercio, el turismo y la agricultura de los diferentes cantones. Por ello se presenta con el impulsor del desarrollo regional, siguiendo las políticas promovidas desde el gobierno nacional.

El GADPCH presta sus servicios a la provincia por medio de varias áreas. En esta entidad destaca una de ellas que es la unidad de mantenimiento y maquinaria, cuya estructura jerárquica comprende la jefatura y el personal técnico, siendo los principales reconocedores de las carencias que afectan la ejecución del mantenimiento correctivo y preventivo dentro de su flota vehicular de comprendida por equipos livianos, pesados y maquinaria.

Para el desarrollo provincial el parque automotor contempla un papel crucial en los proyectos de transporte de personal y el de material pétreo para la elaboración y mantenimiento de las carreteras por medio de sus maquinarias, y también la movilización de equipos de desarrollo social como unidades móviles de salud y unidades tecnológicas para la mejora de la educación de niñas, niños y adolescentes.

Según la norma (UNE-EN 13306, 2021) Terminología del Mantenimiento, un plan de mantenimiento es un conjunto estructurado de tareas que comprenden las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar el mantenimiento, esto subraya la importancia de mantener un registro de actividades, rutas de cada vehículo, que contemplan los parámetros básicos necesarios para elaborar la planificación del mantenimiento de la maquinaria, evitando las paradas innecesarias. (Ramos Sandoval, 2022a, pág. 2)

Una de las metodologías que ha cambiado por completo del paradigma de la Ingeniería de Mantenimiento es el “mantenimiento centrado en la confiabilidad” con sus siglas en inglés RCM, que pasa de una cultura reactiva a un componente estratégico en los negocios, considerado como una inversión rentable a corto, mediano y largo plazo. Según (Araujo Parra, 2020, págs. 1-2) al emplear el RCM en la planificación del mantenimiento, es posible establecer tareas y frecuencias de mantenimiento que sean técnicamente viables y muy efectivas para los equipos críticos del área de mezclado.

1.2 Planteamiento del problema

El GADPCH juega un papel vital en el desarrollo y operación de proyectos gubernamentales con su maquinaria, destacando su importancia en la implantación de obras públicas y la prestación de servicios básicos a la comunidad. Los sucesos inesperados de estos procesos, debido a averías o daños en la maquinaria, tienen importantes consecuencias económicas. Esto incluye costos directos relacionados con la reparación y el reemplazo de equipos, así como pérdidas y retrasos al final de los proyectos.

Cuando el método del GADPCH para gestionar el mantenimiento de la flota vehicular queda obsoleto, su eficacia se ve afectada. Esto se debe principalmente a la diversidad de equipos en las diferentes categorías. En el 2017, se registró una tasa promedio de utilización de vehículos del 89,44%, con una efectividad de las acciones correctivas del 41,30 % y una efectividad de las acciones planificadas del 39,83%.

La implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad de la flota ofrece importantes oportunidades para aumentar el tiempo de actividad, reducir los costos de mantenimiento y extender la vida útil de los activos. A través del análisis de datos, la tecnología de monitoreo y un enfoque sistemático para la planificación del mantenimiento, las organizaciones pueden reducir los riesgos asociados con fallas de los equipos y mejorar de manera sostenible el rendimiento de la flota.

1.3 Justificación y actualidad

La gestión de la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo (GADPCH) enfrenta importantes desafíos que requieren de un enfoque profesional y sistemático. En este contexto se reconoció que existe una necesidad urgente de desarrollar e implementar un plan de mantenimiento orientando a los equipos más críticos de la flota vehicular.

Un plan de mantenimiento bien diseñado puede planificar y programar eficazmente las actividades de inspección y mantenimiento preventivo y correctivo. Maximiza la eficiencia de los recursos financieros, humanos y materiales existentes. Optar por una estrategia proactiva para la gestión del mantenimiento le permite identificar y resolver problemas y riesgos potenciales de manera oportuna, reduciendo el tiempo de inactividad no planificada y extendiendo la vida útil de un activo.

Finalmente, la implementación exitosa de un plan de mantenimiento específico para la maquinaria crítica del GADPCH ayuda a garantizar la prestación efectiva de servicios a la comunidad y fortalecer la capacidad del Gobierno Autónomo Descentralizado para cumplir con sus responsabilidades y obligaciones. Según (Mozo Coronel y Méndez Garcés, 2020, pág. 1) la función del mantenimiento en entidades públicas y privadas es realizar tareas de manera más sistemáticas y prolongar la vida ininterrumpida de las maquinarias o equipos, cumpliendo con la definición de mantenimiento preventivo que es no esperar a que una máquina falle para repararlo sino organizar previamente un reemplazo antes que ocurra una falla. Esto se puede lograr conociendo las especificaciones del activo a través del manual.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Elaborar un plan de mantenimiento mediante la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para el Grupo 2 de vehículos del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo.

1.4.2 Objetivo específico

Realizar una evaluación a la gestión del mantenimiento de la flota de vehículos del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Provincial de Chimborazo.

Determinar la criticidad de la flota 2 de vehículos del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Provincial de Chimborazo para priorizar el plan de mantenimiento.

Diseñar un plan de mantenimiento integral basado en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad Grupo 2 de vehículos del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Provincial de Chimborazo.

Desarrollar capacitaciones dirigidas al personal del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Provincial de Chimborazo, con el fin garantizar una comprensión integral del plan de mantenimiento ayudando a promover el uso eficiente de los recursos disponibles.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Evaluación del mantenimiento

Se realiza la evaluación de la gestión de mantenimiento a una organización para determinar su eficacia y eficiencia en la planificación, control y uso de los recursos. Además, se realiza para determinar si los recursos se utilizan de manera correcta o no. La contribución de la evaluación de la gestión del mantenimiento es fundamentalmente beneficiosa para el progreso de la organización, ya que identifica las principales fallas que lo impiden.

La norma ISO 19011 define a auditoría o evaluación como un “proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva con misión de determinar el grado en que se cumple cada uno de los criterios de auditoría. (ISO 19011, 2018, pág. 1) Dicha norma clasifica la auditoría como se muestra en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Tipos de auditoría.

Auditoría de primera parte	Auditoría de segunda parte	Auditoría de tercera parte
Auditoría interna	Auditoría externa	Auditoría de certificación y/o acreditación
	Otra auditoría externa de parte interesada	Auditoría legal, reglamentaria o similar

Fuente: (ISO 19011, 2018)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.1.1 Evaluación de la gestión del mantenimiento mediante el método EEM

La evaluación es una herramienta que analiza el estado actual de la gestión del mantenimiento para verificar el cumplimiento de los objetivos planteados por la institución. El objetivo principal de la evaluación es determinar la efectividad de la política de mantenimiento implantada.

El método semicuantitativo que se describe a continuación es el EEM “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento” que se realiza al personal de diferentes áreas de trabajo relacionados con el mantenimiento para así obtener resultados reales y confiables, la calificación de cada criterio varía según la escala detallada en la tabla 2.2 obteniendo una puntuación máxima de 300 y mínima de 60 puntos. (Parra y Crespo, 2012, pág. 43-44)

Tabla 2-2: Calificación de la auditoria.

Escala	Interpretación de escala
1	Nunca
2	A veces
3	Ocasionalmente
4	Frecuentemente
5	Muy frecuentemente

Fuente:(Guerrero Altamirano, 2022, pág. 5)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Como resultado de la evaluación de la gestión del mantenimiento se obtendrá la suma total de cada área promediado para el número total de encuestados, con el resultado obtenido se halla la categoría en la que se encuentra la gestión de mantenimiento de la planta, los rangos de calificación se especifican en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Rangos de puntuación de la gestión de mantenimiento.

Rango de la puntuación total	Categoría de la gestión de mantenimiento
261-300	Nivel de excelencia en mantenimiento
201-260	Nivel de buenas prácticas de mantenimiento
141-200	Nivel aceptable de mantenimiento
81-140	Nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidad para mejorar.
Menos de 80	Nivel muy malo de mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar.

Fuente:(Guerrero Altamirano, 2022, pág. 6)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

El método de evaluación EEM cuenta con 60 preguntas divididas en 5 áreas las cuales han sido modificadas según la necesidad del encuestador y el campo de aplicación, en este caso va a ser aplicado al personal que interviene directamente en las actividades de mantenimiento que se realiza a la maquinaria y vehículos pesados en el GADPCH. La tabla 2-4 hasta la tabla 2-9 detallan las preguntas que involucra cada área evaluada. (Guerrero Altamirano, 2022, pág. 6) Cada pregunta tiene una orientación y puntuación la cual va a ser analizada y evaluada posteriormente para determinar fortalezas y debilidades presentes en el área de mantenimiento.

Tabla 2-4: Preguntas relacionadas a Recursos Gerenciales.

RECURSOS GERENCIALES						
N.	Preguntas para evaluar	1	2	3	4	5
1	¿Usted considera que los talleres del GADPCH cuenta con infraestructura y equipos para realizar su trabajo en los talleres de mantenimiento? 1(no), 5(sí)					
2	¿Usted cree que la estructura organizativa del mantenimiento es favorable para el cumplimiento de las tareas de mantenimiento? 1(no), 5(sí)					
3	¿El coordinador establece que mantenimiento colabore con técnicos para alcanzar las metas?					
4	¿El coordinador de mantenimiento establece técnicos, que ayude en la realización de las actividades de mantenimiento?					
5	¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y técnicos), para resolver problemas que afecten a la disponibilidad de los vehículos y maquinaria?					
6	¿El coordinador de mantenimiento promueve al personal (supervisores, técnicos y operarios), a que trabajen en conjunto para resolver problemas?					
7	¿El departamento de coordinación de talleres da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y operación, a lo largo del ciclo de vida de los activos?					
8	¿El coordinador de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?					
9	¿El personal de mantenimiento de los talleres del GADPCH recibe capacitaciones para actualizar sus conocimientos técnicos de mantenimiento?					
10	¿El coordinador involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?					
11	¿El coordinador revisa y da seguimiento a los objetivos de los talleres del GADPCH en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y técnicos?					
12	¿Usted considera que los objetivos de mantenimiento están alineados con los objetivos del GADPCH?					
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO						

Fuente: (Guerrero Altamirano, 2022, pág. 6)

Realizado por: Coronado B, Puma E., 2024.

Tabla 2-5: Preguntas de gerencia de la información.

GERENCIA DE LA INFORMACIÓN						
N.	Preguntas para evaluar	1	2	3	4	5
13	¿El departamento de mantenimiento cuenta con manuales de todos los vehículos y maquinaria existentes en los talleres del GADPCH? 1(no), 5(sí)					
14	¿Está cada vehículo y maquinaria de los talleres del GADPCH identificado y codificado? 1(no), 5(sí)					
15	¿Se encuentran identificados y codificados los manuales de los talleres del GAPCH, acorde a la codificación de los vehículos y maquinaria? 1(no), 5(sí)					
16	¿El departamento de mantenimiento genera órdenes y solicitudes de trabajo?					
17	¿Los equipos cuentan con planes de mantenimiento? 1(no), 5(sí)					

Tabla 2-5 (continuación): Preguntas de gerencia de la información.

18	¿Se realizan las planificaciones para ejecutar el Mantenimiento Preventivo?						
19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas al personal de mantenimiento de los talleres del GADPCH tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?						
20	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?						
21	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?						
22	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?						
23	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH tiene un inventario de repuestos de los vehículos críticos? 1(no), 5(sí)						
24	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH se compara con otros departamentos técnicos para medir su desempeño?						
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO							

Fuente: (Guerrero Altamirano, 2022, págs. 6-7)

Realizado por: Coronado B, Puma E., 2024

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

EQUIPOS Y TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
N.	Preguntas para evaluar	1	2	3	4	5
25	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza órdenes de trabajo para realizar las actividades de mantenimiento preventivo?					
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, en función al inventario?					
27	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH tiene personal exclusivo para las tareas de mantenimiento preventivo?					
28	¿Con que frecuencia los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?					
29	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH con qué frecuencia utiliza técnicas predictivas?					
30	¿El personal de mantenimiento de la entidad recibió una instrucción adecuada en sus áreas de trabajo?					
31	¿Qué tan probable es que los talleres del GADPCH permita al personal de mantenimiento tener acceso a los equipos para realizar las tareas programadas?					
32	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?					
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y técnicos en el proceso de selección de nuevos vehículos o maquinaria?					
34	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH capacita al personal operario para el uso correcto de nuevos vehículos o maquinaria?					
35	¿Los proveedores externos capacitan al personal de los talleres del GADPCH que va a mantener los nuevos vehículos o maquinaria?					
36	¿Considera que el personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?					
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO						

Fuente: (Guerrero Altamirano, 2022, pág. 7)

Realizado por: Coronado B, Puma E., 2024.

Tabla 2-7: Preguntas de planificación.

PLANIFICACIÓN						
N.	Preguntas para evaluar	1	2	3	4	5
37	¿Es asignado el personal a las actividades de mantenimiento según sus conocimientos y habilidades?					
38	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH desarrolla los procedimientos a seguir para la ejecución de las actividades de mantenimiento?					
39	¿Son prioridades las tareas de mantenimiento correctivo?					
40	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza los ordenes de trabajo para las actividades correctivas?					
41	¿Se da seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo?					
42	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH asigna y controla las horas asignadas para las actividades de mantenimiento?					
43	¿Existe un cronograma de actividades de mantenimiento planificadas? 1(no), 5(sí)					
44	¿El departamento utiliza planificadores para preparar el alcance de mantenimientos mayores (“shutdowns, overhauls”)?					
45	¿Los talleres del GADPCH planifica con contratistas calificados para realizar labores de mantenimiento?					
46	¿Los talleres del GADPCH participa en la designación de actividades y la estimación de los tiempos de ejecución de los contratistas?					
47	¿Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y viabilidad) que tiene el sistema sobre el cual se va a ejecutar la planificación del mantenimiento?					
48	¿Se define el cambio crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos de manera planificada?					
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO						

Fuente: (Guerrero Altamirano, 2022, págs. 7-8)

Realizado por: Coronado B, Puma E., 2024.

Tabla 2-8: Preguntas de soporte, calidad y motivación.

SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN						
N.	Preguntas para evaluar	1	2	3	4	5
49	¿Bodega dispone de repuestos y materiales a la hora de ejecutar las actividades de mantenimiento?					
50	¿Bodega da una respuesta eficiente a las solicitudes de repuestos?					
51	¿Se lleva un registro de salida y retorno de los repuestos de los vehículos, usados por los contratistas para mantenimiento correctivo?					
52	¿Se tiene una actividad de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en bodega?					
53	¿Se tiene identificado los tiempos de reparación y los costos de los repuestos? 1(no), 5(sí).					
54	¿El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento correctivo está por encima de criterio de rapidez?					
55	¿Se tiene una actividad de auditoría que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas?					
56	¿Qué tan importante es la calidad en el área de talleres?					

Tabla 2-8 (continuación): Preguntas de soporte, calidad y motivación.

57	¿Tiene el GADPCH un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus colaboradores de mantenimiento en los talleres técnicos?								
58	¿Considera usted que el desempeño de los operarios de mantenimiento es bien reconocido por GADPCH?								
59	¿Considera que el personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo?								
60	¿Considera que el personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?								
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO									

Fuente: (Guerrero Altamirano, 2022, pág. 8)
 Realizado por: Coronado B, Puma E., 2024.

La interpretación de los resultados obtenidos de la auditoria se evidencia en la tabla 2-9 mediante la ponderación de valores de cada área analizada los mismos que serán representados en una ilustración de radar.

Tabla 2-9: Tabla de resultados de la evaluación.

Tabla de resultados de la evaluación		Puntaje total por áreas de cada encuesta								Total, de las puntuaciones por área	Límite de referencia	Puntaje máximo
		1	2	3	4	5	6	7	8			
Áreas	Recursos Gerenciales											
	Gerencia de la Información											
	Equipos y técnicos de mantenimiento											
	Planificación											
	Soporte, calidad y motivación											
Suma Total												
Resultado												
Categoría actual de la gestión de mantenimiento según el rango de estimación												

Fuente: (Guerrero Altamirano, 2022, pág. 8)
 Realizado por: Coronado B, Puma E., 2024.

2.2 Niveles Jerárquicos de activos según la norma ISO 14224

Según la Norma (ISO 14224, 2016, pág. 30) que nos establece los niveles jerárquicos para la taxonomía de los equipos la cual muestra 9 niveles. La norma realiza una división en dos grupos, el primero permite la identificación de la ubicación del equipo y el segundo permite observar los subniveles como se aprecia en la ilustración 2-1. (Cabezas Orozco, 2022, pág. 8)

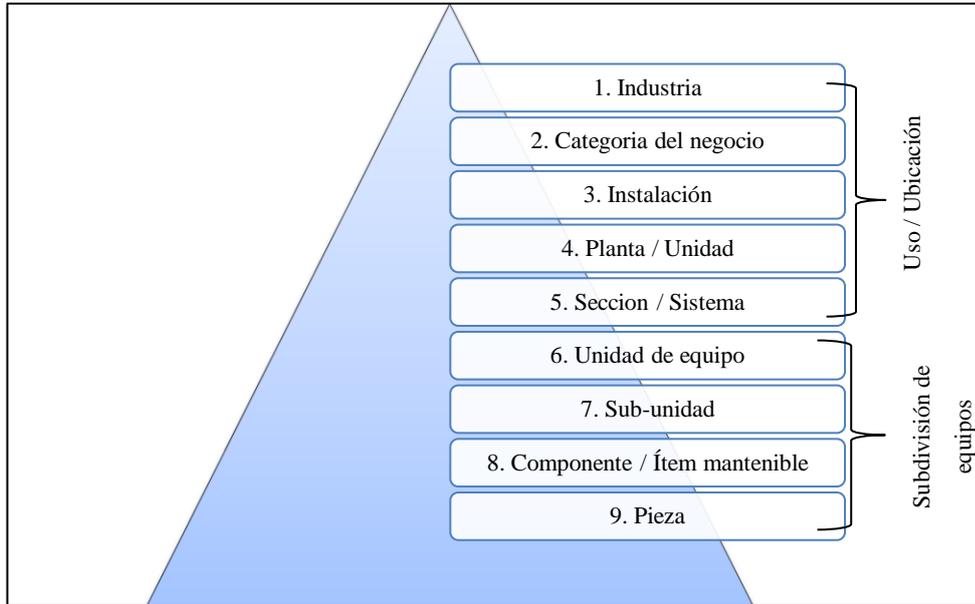


Ilustración 2-1: Niveles jerárquico según la norma ISO 14224.

Fuente: (ISO 14224, 2016, pág. 30)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Los datos agregados deben estar relacionados a algún nivel jerárquico. Por ejemplo, un modo de falla deberá relacionarse con el equipo mientras que un mecanismo de falla deberá relacionarse con el nivel alcanzable más bajo en la jerarquía del ítem. (ISO 14224, 2016, pág. 40)

2.3 Estructuración del código de los activos

Codificar los equipos es parte fundamental del proceso del plan de mantenimiento, tiene como objetivo facilitar la ubicación exacta de cada activo en la empresa y por tal motivo se genera muchas ventajas que ayudan a ahorrar tiempo con la logística de la organización. Una vez definido los niveles jerárquicos se procede a establecer una codificación única para cada activo.

La ilustración 2-2 detalla de manera desglosada como se va a llevar a cabo la codificación de la maquinaria que pertenece al grupo 2 de la flota vehicular. De esta manera se facilita la identificación de cada equipo al momento del estudio.

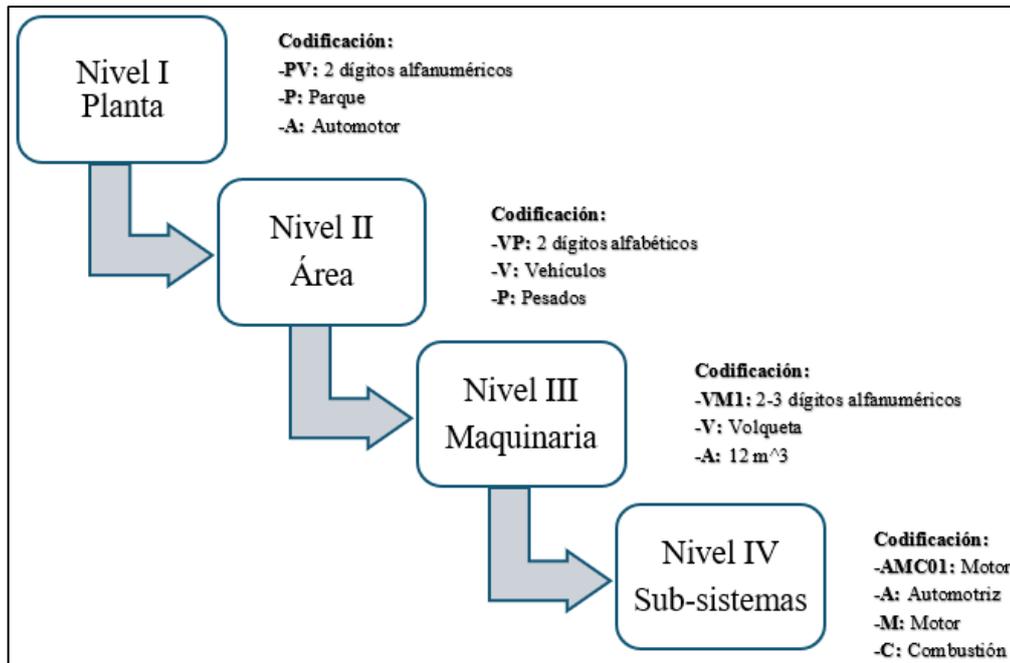


Ilustración 2-2: Forma de codificar de la empresa.

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Para la codificación del Nivel 4, el primer dígito corresponde a equipos, los dos siguientes dígitos dependerá al tipo de equipos que se encuentran dentro de una familia de equipos, tal y como se observa en la tabla 2-10.

Tabla 2-10: Familia y tipo de equipos automotrices.

FAMILIA DE EQUIPOS AUTOMOTRIZ (A)			
Código	Descripción	Código	Descripción
AC	Aire acondicionado	SC	Sistema de Combustible
CB	Cama baja	SE	Sistema Eléctrico
CC	Carrocería y Chasis	SH	Sistema Hidráulico
DR	Dirección	SN	Sistema Neumático
FR	Frenos	SU	Suspensión
HB	Habitáculo y Bastidor	SV	Sistema Vibratorio
HT	Herramienta de trabajo	TA	Tándem
LL	Llantas	TM	Tornamesa
MC	Motor de combustión	TP	Trasmisión de Potencia
MF	Mandos Finales	TR	Tren de rodaje
SAC	Sistema de acople	CH	Chasis

Fuente:(«SisMac», 2021, págs. 1-2)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.4 Métodos de análisis de criticidad

El análisis de criticidad puede ser analizado de diferentes maneras para lo cual se desarrollaron diferentes métodos de estudio, en la tabla 2-11 se evidencia los diferentes métodos.

Tabla 2-11: Métodos para el análisis de criticidad.

Método	Descripción
Cualitativa	Método del flujograma de análisis de criticidad
Semicuantitativa	Criticidad total por riesgo “CTR” Matriz de criticidad por riesgo “MCR”
Cuantitativa	Procese de análisis jerárquico “AHP”

Fuente: (Cabezas Orozco, 2022, pág. 12)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.4.1 Método semicuantitativo Matriz de criticidad por riesgo (MCR)

Es un concepto de análisis simple y practico que consiste en calcular la criticidad total por riesgo al multiplicar su frecuencia por su consecuencia. La ecuación descrita en (Betancourt Basallo y Trebilcock Castillo, 2018, pág. 67) para el cálculo de la criticidad total por riesgo es la siguiente:

$$Riesgo = FF \times C$$

Donde:

- Riesgo: criticidad total por riesgo.
- FF: frecuencia de fallos.
- C: consecuencia de los eventos de fallos.

La consecuencia de los eventos de fallo se obtiene a través de la ecuación:

$$C = FF * [(SHA * 0,2) + (IP * 0,2) + (FO * 0,2) + (CM * 0,2)]$$

- IP: factor de impacto en la producción.
- FO: factor de flexibilidad operacional.
- CM: factor de costes de mantenimiento.
- SHA: factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente.

Una vez desteterminado el grado de impacto presente en los activos de interés y la frecuencia de fallo que se analizan por medio de las fórmulas matemáticas se determina el grado de criticidad, a continuación, se muestra los factores ponderados para cada uno de los criterios que deben ser evaluados.

Tabla 2-12: Escala frecuencia de fallos (FF).

Criterio	Valoración
Sumamente improbable: menos de 1 evento en 5 años.	1
Improbable: 1 evento en 5 años.	2
Posible: 1 evento en 3 años.	3
Probable: entre 1 y 3 eventos al año.	4
Frecuente: más de 3 eventos por año.	5

Fuente: (Betancourt Basallo y Trebilcock Castillo, 2018, pág. 67)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Tabla 2-13: Escala impacto en producción (IO).

Criterio	Valoración
Pérdidas de operatividad superiores al 75% (no hay unidades de reserva).	5
Pérdidas de operatividad entre el 50% y el 74% (unidades de reserva parcial).	4
Pérdidas de operatividad entre el 25% y el 49%.	3
Pérdidas de operatividad entre el 10% y el 24%.	2
Pérdidas de operatividad menor al 10%.	1

Fuente: (Betancourt Basallo y Trebilcock Castillo, 2018, pág. 68)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Tabla 2-14: Escala de mantenibilidad (FO).

Criterio	Valoración
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la operatividad, tiempos de reparación y logística muy grandes.	5
Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de operatividad, tiempos de reparación y logística intermedios.	3
Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.	1

Fuente: (Betancourt Basallo y Trebilcock Castillo, 2018, pág. 68)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Tabla 2-15: Escala de costos de mantenimiento (CM).

Costo de Mantenimiento (CM)	Valoración
Daños irreversibles al sistema, costos de reparación incluyendo repuestos supera en un 75% el valor del vehículo y/o maquinaria.	5
Costos de reposición incluyendo materiales se ubican entre un 50% y el 74% del valor del vehículo y/o maquinaria.	4

Tabla 2-15 (continuación): Escala de costos de mantenimiento (CM).

Costos de reparación incluyendo materiales se ubican entre un 25% y el 49% del valor del vehículo y/o maquinaria.	3
Costos de reparación incluyendo materiales se ubican entre un 10% y el 24% del valor del vehículo y/o maquinaria.	2
Costos de reparación incluyendo materiales se ubican por debajo del 10% del valor del vehículo y/o maquinaria.	1

Fuente: (Betancourt Basallo y Trebilcock Castillo, 2018, pág. 69)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Tabla 2-16: Escala de impacto a la seguridad, higiene y medio ambiente (SHA).

Criterio	Valoración
Alto riesgo de vida del personal, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico), derrames y fugas que exceden los límites permitidos.	5
Riesgo de vida del personal o daños menores a la salud del personal y/o incidente ambiental menor, derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.	3
No existe ningún riesgo de salud ni de daños ambientales.	1

Fuente: (Betancourt Basallo y Trebilcock Castillo, 2018, pág. 68)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Una vez obtenido los resultados de criticidad los datos serán ubicados en la matriz de la ilustración 2-3 los cuales se manifiestan por una gama de colores dependiendo el grado de criticidad: (Arroyo Bautista, 2021a, pág. 24)

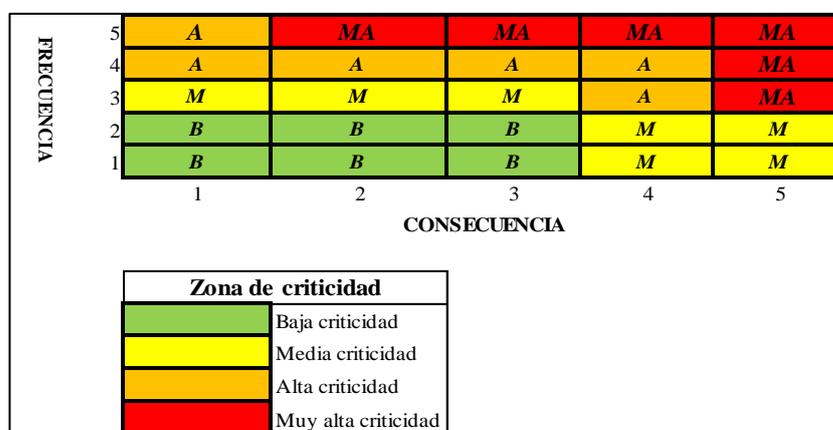


Ilustración 2-3: Matriz de criticidad

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.5 Contexto operacional

Para implementar la metodología RCM, es esencial establecer el entorno operativo del activo a analizar. Esto implica comprender la función esperada del activo según lo indique el usuario sin tener en cuenta los aspectos de diseño, pero teniendo en cuenta el entorno en el que operará. (Arroyo Bautista, 2021b, pág. 15)

El primer paso para aplicar el RCM es establecer el contexto operativo de un activo dentro del proceso productivo. En la ilustración 2-4, se presenta el formato en el que se registrarán detalles sobre su funcionamiento, condiciones climáticas, cumplimiento normativo, proceso de operación, impacto ambiental, riesgos de seguridad asociados a las máquinas, etc. (Guamán Anasicha y Moposita Toapanta, 2022b, págs. 15-16)

En general, el contexto operacional se refiere al entorno físico, ambiental y organizativo en el que opera un activo físico o sistema, tratándose de las condiciones que lo rodean y que le permiten cumplir con la función requerida, sin exceder las especificaciones de diseño.

				
CONTEXTO OPERACIONAL FLOTA DE VEHICULOS				
Código del vehículo:		Descripción del vehículo:		
IMAGEN REFERENCIAL DEL VEHICULO				
Funcionamiento:				
Aspectos climáticos:				
Procesos y operación:				
Redundancia:				
Afectaciones medioambientales:				
Riesgos a la seguridad:				

Ilustración 2-4: Diseño del formato del Contexto Operacional.

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.6 Información de activos

La información recabada en el GADPCH de la maquinaria, vehículos pesados, vehículos livianos son documentos entregados por el fabricante para el usuario/operador del activo la misma que es almacenada en estantes.

- **Manual de operación:** brinda los detalles necesarios para que el equipo cumpla su función requerida de forma segura y describe los peligros en la manipulación de este.
- **Manual de mantenimiento:** describe las reglas, regulaciones, y procedimientos que la empresa utiliza para gestionar el mantenimiento. El manual debe contener información relevante como: código de actividad, equipo o parte a la cual se aplica, instrumentos, herramientas requeridas.
- **Manual de partes y servicios:** detallan los componentes individuales (partes) e instrucciones para el mantenimiento y reparación (servicios), que consta de instrucciones de uso, lista de partes y recambios, información de las partes, etc., esta estructura puede cambiar según el proveedor y lo que contribuya al adecuado desempeño de sus equipos o maquinarias.
- **Matriculas:** es un documento válido que acredita que un vehículo está registrado en la Agencia Nacional de Tránsito (ANT). Dicho documento ayuda al registro del automotor junto al propietario para poder circular y operar dentro del país con total normalidad.

REPÚBLICA DEL ECUADOR MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		21635		A - 0021635	
21635		AÑO: 2023		CLASE: MOTONIVELADOR MARCA: NEW HOLLAND MODELO: RG 170-B	
MATRÍCULA: 6.0-6-000551		SERIE CHASIS: N8AF01598		AÑO FABRIL: 2009	
PROPIETARIO: GAD PROVINCIAL DE CHIMBORAZO		MOTOR: CUMMINS		NÚMERO: 36071331 POTENCIA: 180 HP	
CÉDULA/RUC: 0660000280001		TELÉFONO: 032960208		DIRECTOR DISTRITAL	
DIRECCIÓN: Primera Constituyente y Carabobo		CIUDAD: RIOBAMBA		COORDINADOR DE INFRAESTRUCTURA	
FECHA DE EMISIÓN: 09/08/2023		CADUCA: 31/12/2023		[Firma]	
AVALÚO: 0,00		CONDICIÓN:		[Firma]	

Ilustración 2-5: Matricula Motoniveladora DOOSAN.

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.6.1 Codificación de manuales

La codificación de los distintos manuales existentes de la maquinaria, vehículos pesados y vehículos livianos van a ser registrados en formato que se evidencia en la ilustración 2-6 que cuenta con parámetros importantes para identificar y diferenciar de manera correcta un manual de otro ya que el GADPCH cuenta con una amplia gama de manuales de la maquinaria.

		CODIFICACIÓN DE MANUALES DE LA FLOTA VEHICULAR DEL GAD PROVINCIAL DE CHIMBORAZO										
No	NOMBRE DEL MANUAL	COD.	IDIOMA	No PAGINAS	No DE COPIAS	COD	UBICACION DEL MANUAL	CONTROL	COD.	VEHICULO	MARCA	CÓDIGO

Ilustración 2-6: Formato de codificación de manuales.

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.7 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Originalmente el RCM (Reliability Centred Maintenance) fue desarrollado por la industria comercial de aviación de los Estados Unidos con el propósito de mejorar la seguridad y fiabilidad de sus equipos, la metodología fue conocida como MSG3 que fue concebida por Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978. Esta metodología establece los procesos para la elaboración de programas de mantenimiento y se emplea para determinar estrategias de mantenimiento de activos físicos en una variedad de sectores industriales en todo el mundo. (Moubray John, 2004, págs. 1-21)

Este conocido y extendido método es usada en la elaboración de planes de mantenimiento que incluyen todo tipo de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo, correctivo, etc.). A medida que el mantenimiento evoluciona, este va tomando más responsabilidades dentro de la organización, donde se le exige garantizar la más alta disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad de los activos para de esta manera tener una mayor disponibilidad de estos ahorrando tiempo, y recursos económicos. (Chávez Merino, 2021b, pág. 29)

2.7.1 Definición del RCM

Una definición más amplia echa por John Moubray define al RCM como: “proceso para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier equipo continúe haciendo lo que sus usuarios deseen que haga, en su contexto operacional actual.” (Moubray, 2021, pág. 6)

2.7.2 *Objetivos para realizar un análisis RCM*

Al aplicar la metodología del RCM se busca determinar la necesidad y extensión del estudio, considerando objetivos mínimos como son:

- Identificar y mitigar riesgos relacionados con el mantenimiento de equipos y activos físicos para garantizar un entorno de trabajo seguro.
- Maximizar la disponibilidad operativa de los equipos al reducir las fallas no planificadas.
- Priorizar tareas optimas de mantenimiento para el elemento analizado utilizando los recursos de manera más eficiente.
- Evaluar si las tareas actuales de mantenimiento cumplen con las normativas y estándares aplicables en cuanto a seguridad, calidad y medio ambiente.
- Mejorar la gestión de activos físicos.

2.7.3 *Ventajas y desventajas del RCM*

De acuerdo con el trabajo de (Ramos Sandoval, 2022b, pág. 6) nos establece una tabla 2-17 comparativa entre las ventajas y desventajas que presenta este método que se detalla a continuación.

Tabla 2-17: Ventajas y desventajas del RCM.

Ventajas	Desventajas
La mejora en la seguridad y el impacto ambiental	Es un método que se basa en la experiencia de los participantes, por lo que se puede complicar al llevarlo a cabo en equipos y sistemas nuevos.
El aumento de la producción	El éxito del proceso depende de la capacidad de liderazgo del guía y de la predisposición al cambio.
El aumento de la fiabilidad de la instalación.	Es un proceso lento por lo que las estrategias de implementación deben implementarse con precaución.
La disminución de los costos de mantenimiento y la dependencia de los fabricantes	Conocer nuevas tecnologías es de suma importancia para no caer en un plan preventivo sistemático.

Fuente: (Ramos Sandoval, 2022b, pág. 23)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.7.4 Hoja de información

(Moubray John, 2004) presenta en la matriz “Análisis de modos de falla y sus efectos AMFE”, la misma que se obtiene de la investigación y determinación de funciones la siguiente información, falla funcional para cada función, modos de falla relacionados con las fallas funcionales, se determinan los afectos de la falla, que describen lo que sucede cuando ocurre un modo de falla; es decir se trata de realizar un análisis completo, de la forma de trabajo, las características de un activo, sobre todo que pasa cuando el activo falle además se establece un costo de repuesto referencial. (p. 92)

En la ilustración 2-7 se muestra una plantilla de hoja de información, donde detalla la información mínima que debe ser llenada en base al activo analizado. Después de llenar la tabla cada modo de fallo adquiere un código alfanumérico, estos están conformados de la siguiente manera; el primero viene a ser el número de función del sistema, la segunda es la letra de la falla funcional y el ultimo es el número del modo de falla. (Ramos Sandoval, 2022b, pág. 15-16) La información recabada en este formato es de suma relevancia en el proceso del RCM porque de esta manera identificamos las posibles fallas y determinamos las tareas para prevenir la ocurrencia de estas.

		RCM II HOJA DE INFORMACIÓN GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO							
Área:		Código:		Realizado por:		Hoja:			
Equipo:		Sistema:		Revisado por:		Fecha:			
Función	Falla funcional	Modo de falla		Efecto de la falla		Frecuencia	Consecuencia		
1	A	1							
		2							
		3							

Ilustración 2-7: Hoja de información del RCM

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.7.5 Hoja de decisión

Es un proceso de toma de decisiones dentro de una estructura estratégica única donde los parámetros se integran en las tareas que abordan las últimas tres de las siete preguntas planteadas por RCM.

Esta hoja permite asentar las preguntas formuladas en el diagrama de decisión y en función de las respuestas se obtendrá:

- Que mantenimiento de rutina, si lo hay, con qué frecuencia será realizado y quien lo hará.

- Que fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los cuales se opta por tomar la estrategia de trabajar hasta el fallo.

La ilustración 2-7, muestra una plantilla de hoja de decisión para la validación de la información, las columnas: F, FF y MF identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Se utilizan como referencia las hojas de información y las hojas de decisión.

Los encabezamientos de las próximas diez columnas se refieren a las preguntas del diagrama de decisión de RCM el cual sigue le siguiente orden:

- Las columnas: H, S, E, O registran las respuestas a preguntas referentes a las consecuencias de cada modo de falla.
- Las tres columnas siguientes: H1, H2, H3, etc., registran si se ha sido seleccionado una tarea proactiva y si es así, que tipo de tarea.
- Si se necesita responder cualquiera de las preguntas “a falta de” en las columnas encabezadas con H4 y H5 o la S4 realizarlo y evidenciar las respuestas. (Ramos Sandoval, 2022b, págs. 15-16)
- Las 3 columnas faltantes corresponden a asignar la tarea de mantenimiento, frecuencia y el personal encargado de realizar dicha actividad. (Cabezas Orozco, 2022, pág. 25)

			RCM II HOJA DE DECISIÓN GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO												
Hoja de decisión RCM			Sistema:						Sistema N.	Fecha:	Hoja N:				
			Subsistema:						Subsistema:	Facilitador:					
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de:	Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por:		
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			

Ilustración 2-8: Formato hoja de decisiones RCM

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.7.6 Preguntas de la hoja de decisión

Posterior al llenado de la hoja de información de cada activo se debe llenar la hoja de decisión, en la cual se hacen varias preguntas secuenciales, con una respuesta sí o no dependiendo cual sea el caso hasta evaluar completamente el modo de fallo.

La primera pregunta que se hace es de la letra H que dice ¿Será evidente para los operarios la pérdida de la función causada por este modo de fallo en circunstancias normales?, así al responder la pregunta se obtiene una respuesta positiva “SI” se debe dirigir a la pregunta de S (seguridad) seguido E (medio ambiente), caso contrario, al obtener una respuesta negativa “NO” se debe seguir las flechas del flujograma como se muestra en la ilustración 2-8, hasta determinar el tipo de tarea a realizarse al activo las cuales pueden ser: tarea a condición, tarea de reacondicionamiento cíclico o tarea de sustitución cíclica, si no se puede realizar ninguna de estas tareas se puede decidir por tarea de búsqueda de fallas, rediseño obligado o ningún mantenimiento programado. (Ramos Sandoval, 2022b, págs. 16-17)

Siguiendo de manera subsecuente al diagrama de decisiones, detalla preguntas de seguridad y medio ambiente, si se obtuvo “SI”, se procede a contestar las preguntas ¿Produce este modo de fallos pérdida de función u otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien? o ¿Produce este modo de falla una pérdida de función que pueda infringir alguna normativa ambiental? si obtenemos una respuesta negativa “NO” se sigue la flecha de guía hacia la pregunta O (operacional) caso contrario si se obtiene “SI” de respuesta se debe seleccionar una tarea a condición, tarea de reacondicionamiento cíclico, tarea de sustitución cíclica o tareas a condición, de no obtener una tarea se opta por combinación de tareas y rediseño obligatorio. (Ramos Sandoval, 2022b, pág. 18)

En continuidad a la ilustración 2-8, se detalla la pregunta correspondiente a la letra O (operación), aquí se realiza la pregunta ¿Ejerce el modo de falla de un efecto adverso directo la capacidad operacional (producción, calidad, servicios o costos operativos además de los de reparación)?, si obtenemos una respuesta negativa “NO” o si se debe elegir una de las tres tareas: tareas a condición, tarea de reacondicionamiento cíclico o tarea de sustitución cíclica, si no existe ninguna tarea de mantenimiento el activo trabaja hasta el fallo. (Ramos Sandoval, 2022b, pág. 18)

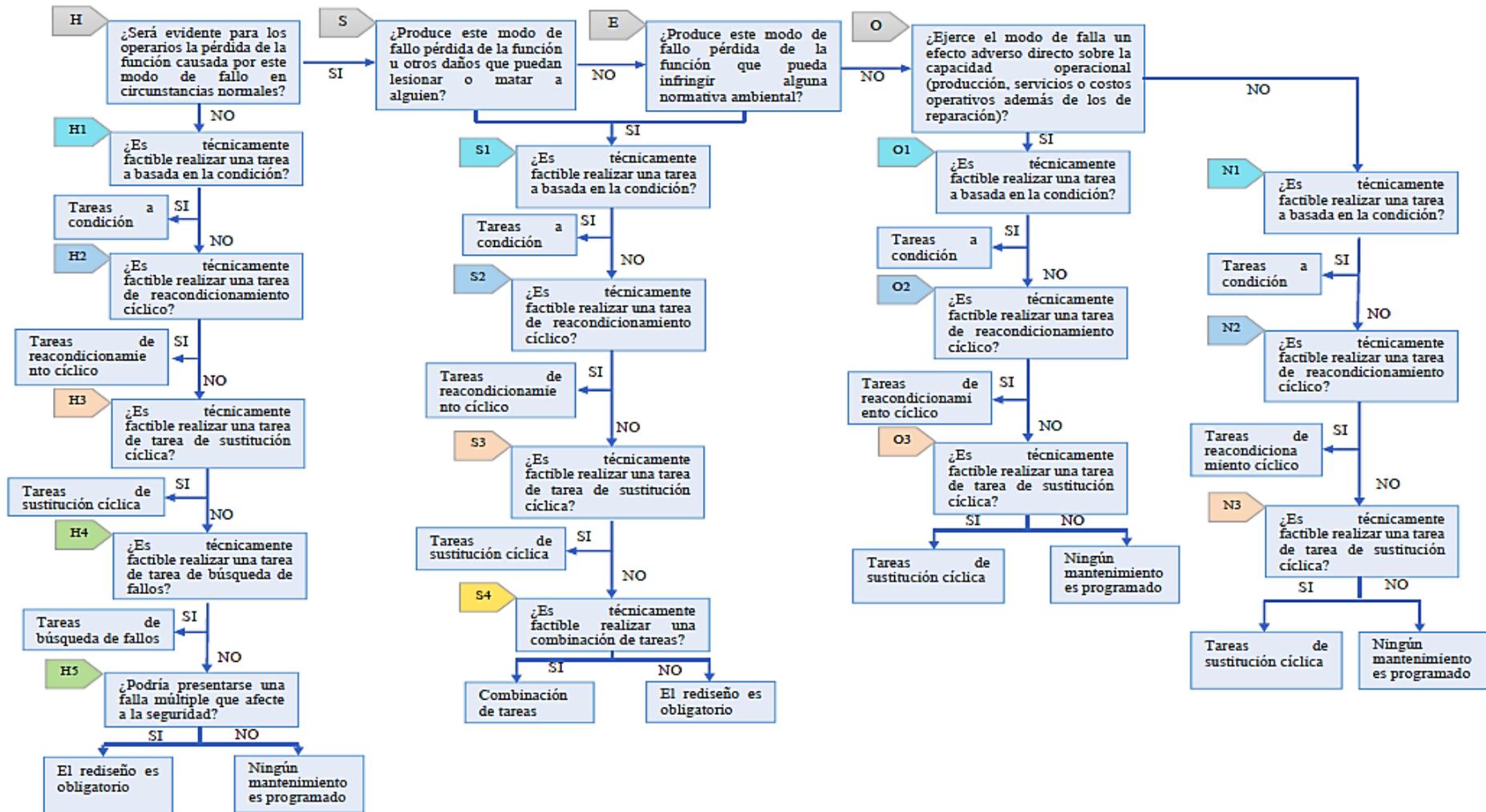


Ilustración 2-9: Diagrama de decisión del RCM

Fuente: (Ramos Sandoval, 2022b, págs. 19-22)

2.7.7 *Tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclicas*

Como menciona (Moubray John, 2004) “el reacondicionamiento cíclico consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento”. Las tareas de reacondicionamiento cíclico incluyen revisiones o cambios completos hechos a intervalos preestablecidos de esta manera se prevé fallas relacionadas con la edad del activo. En algunos casos es imposible recuperar la capacidad inicial del elemento una vez que ha alcanzado su vida útil. (pág. 138)

Si el elemento es reemplazado por uno nuevo a intervalos fijos sin evaluar la condición de mismo se conoce como sustitución cíclica. (Moubray John, 2004) lo define como “las tareas de sustitución cíclica consisten en descartar un elemento o componente antes, o en el límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento”. (pág. 139)

2.7.8 *Tareas proactivas*

Hace referencia a trabajos realizados antes de que ocurra el fallo en un activo abarcando así el mantenimiento preventivo. Aunque en la metodología del RCM se ocupa el termino de restauración programada, descarte programado o mantenimiento en condición.

2.7.9 *Acciones de omisión*

Son las encargadas del estado de falla y son empleadas cuando no se puede establecer una actividad proactiva efectiva. Las acciones de omisión incluyen actividades como: búsqueda de falla, rediseño y acudir a la falla. (Moubray John, 2004, pág. 15) En la tabla 2-18, se define cada una de las actividades de las tareas de acciones de omisión.

Tabla 2-18: Tipos de tareas de acciones de omisión.

Tarea	Descripción
Trabajar al fallo	Después del análisis la mejor alternativa es trabajar al fallo que esperar que los componentes o elementos lleguen al fin de su vida útil.
Rediseño	Es la sustitución de cualquier componente o equipo del activo.
Tarea de búsqueda de fallos	Se basa en verificar una función oculta a intervalos reguladores para ver si ha fallado, el objetivo es dar la seguridad que un dispositivo de protección está funcionando correctamente.

Fuente: (Ramos Sandoval 2022b, p. 24)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.7.10 Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF)

2.7.10.1 Funciones

Para garantizar el buen funcionamiento de un activo físico o sistema, se debe identificar correctamente las funciones que proporciona el mismo, para ello la Norma (SAE JA1011, 1999) nos indica para que una función este correcta debe contener un verbo, un objeto y un estándar de desempeño cuantificado dependiendo el caso que se pueda hacer. (pág. 6)

Para la mayoría de los activos o sistemas se pueden identificar función/es primaria(s) y funciones secundarias, que están presentes en los equipos para que puedan cumplir su función requerida, para ello la tabla 2-19, describe que cada una de ellas:

Tabla 2-19: Descripción de funciones principales y secundarias.

Funciones	Descripción
Primaria(s)	Cada organización adquiere un activo o sistema para realizar una función o funciones específicas estas son las funciones primarias del activo.
Secundarias	La mayoría de los activos se espera que desarrolle otras funciones además de sus funciones primarias, estas se denominan funciones secundarias que tienen una incidencia en la perdida de la función primaria de un activo, siendo que en ocasiones se les preste mayor atención que las funciones primarias.

Fuente: (SAE JA1012, 2002, págs. 9-10)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.7.10.2 Fallos funcionales

En la norma (UNE-EN 13306) determina al fallo como el cese de la aptitud de un elemento para realizar una función requerida, siendo que después del fallo el elemento presenta una avería, que puede ser total o parcial, y para esto la misma norma nos establece que el fallo es un evento mientras la avería es un estado.

Con lo mencionado anteriormente para el RCM, el fallo se hace más específica a una terminología de fallo funcional, siendo determinada por la (SAE JA1011, 1999) para describir el estado de falla, y con esto se divide en dos campos de que se deben considerar para establecer las fallas funcionales que son fallas parciales y totales la misma que se encuentra explicada en la tabla 2-20. (pág. 6)

Tabla 2-20: Definición de falla parcial y total.

Falla	Definición
Parcial	Es cuando la máquina pierde total mente su función principal, lo que significa que, el activo no es capaz de cumplir su función para la cual fue diseñada.
Total	Estado de falla en la cual la máquina cumple sus funciones principales fuera de sus especificaciones técnicas, es decir que trabaja a un nivel de desempeño inferior.

Fuente: (Chávez Merino, 2021a, págs. 15-16)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.7.10.3 Modos de fallo

Para continuar en el RCM luego de haber identificado las fallas funcionales es establecer los modos de falla, que según (Moubray John, 2004) en su libro RCM II, un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional.

Dado que es imposible determinar las causas de una falla sin haber definido primero con precisión la falla, el proceso RCM se enfoca en identificar fallas funcionales antes de abordar la definición de modos de falla. Esta metodología busca comprender primero cómo el sistema puede fallar en su función principal antes de profundizar en las posibles causas específicas de tales fallas. (SAE JA1012, 2002, pág. 15)

Los modos de falla deben describirse con al menos un sustantivo y un verbo. La explicación debe ser detallada para asegurar su comprensión, pero no tan extensa como para retrasar su entendimiento en atacar al modo de falla. (Cabezas Orozco, 2022, pág. 19)

2.7.10.4 Efectos de fallos

“Los efectos de falla deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla”. (SAE JA1011, 1999, pág. 7)

Es una lista de descripciones de lo que sucede cuando un modo falla ocurre. Esta descripción debe proporcionar toda la información necesaria para evaluar adecuadamente el impacto de la falla, (Guamán Anasicha y Moposita Toapanta, 2022b, pág. 33) tales como:

- ¿Cómo se puede apreciar que la incidencia ha ocurrido, en el caso de funciones ocultas que podría suceder si existe una incidencia múltiple?
- ¿Qué acciones hace para matar o dañar a alguien, o para tener consecuencias adversas en el entorno?
- ¿Qué acciones tomar si se tiene un impacto adverso en la producción o en las operaciones?
- ¿Qué daño físico puede provocar si ocurre la falla?

2.7.10.5 Consecuencias de fallo

Una vez que los modos de falla y sus efectos en cada uno han sido adecuadamente identificados, el siguiente paso en RCM es analizar las repercusiones de un modo de falla. La descripción de los efectos de falla es la fuente de información básica acerca de la cual se realiza esta evaluación. (SAE JA1012, 2002, pág. 12)

Para poder determinar las consecuencias del fallo se debe determinar si el equipo puede tener posibles fallas evidentes u ocultas, pues con esto podemos establecer que tan grave son sus consecuencias, en la siguiente ilustración 2-9 detalla los tipos de falla. (SAE JA1012, 2002, pág. 23)

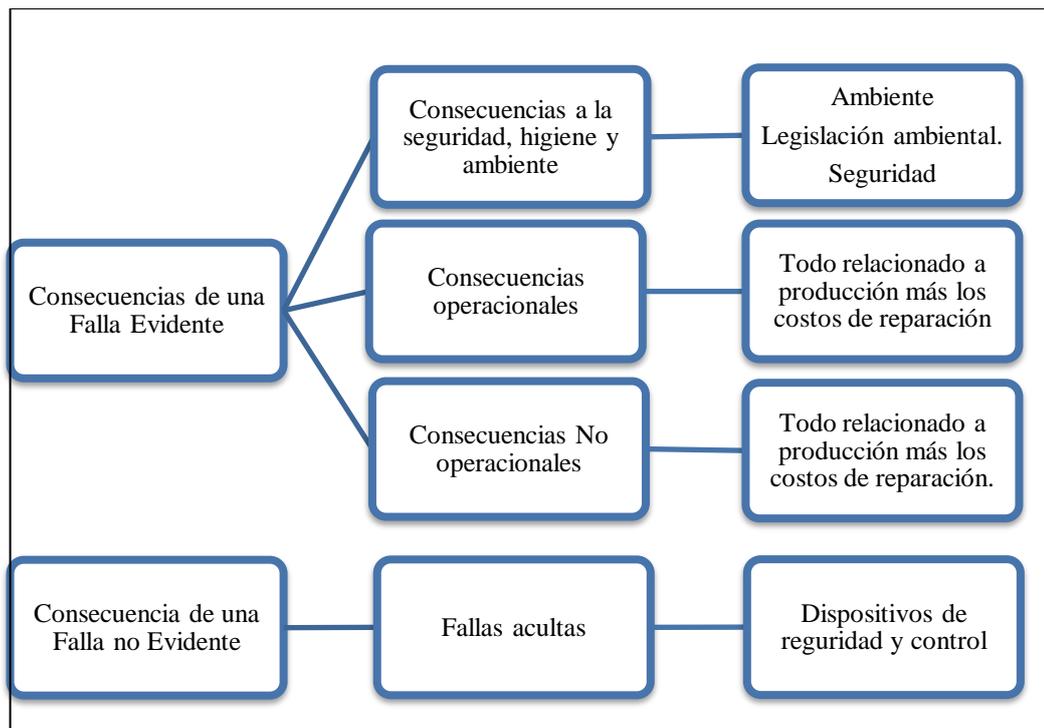


Ilustración 2-10: Categorización de consecuencias de falla.

Fuente: (Cabezas Orozco, 2022, pág. 18)

Una vez comprendido que es una falla oculta y evidente podemos determinar con mayor claridad las consecuencias que pueden surgir en un equipo o sistema, para ello en la tabla 2-21, se explica cada una de las consecuencias en orden categorizado de mayor a menor afectación.

Tabla 2-21: Consecuencia de fallos de las máquinas.

Consecuencias	Definición
A la seguridad	Una falla tiene consecuencias en la seguridad si existe una probabilidad intolerable de que pueda matar o dañar a un ser humano.
Ambientales	Se refiere al bienestar o a la seguridad de la sociedad en general siguiendo un régimen de normas que tienen alcances desde las corporativas hasta nacionales
Operacionales	La mayoría de los equipos industriales tiene como finalidad generar ingresos, teniendo en cuenta algunos factores, como: la producción total, la calidad del producto, incrementos de los costos operacionales y reparación
No operacionales	Estas consecuencias son falla evidente que no tienen efectos adversos directos a los mencionados anteriormente y las únicas consecuencias asociadas con estas fallas son los costos directos de reparación.

Fuente: (SAE JA1012, 2002, págs. 25-26)

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.8 Plan de mantenimiento

2.8.1 Elaboración del plan de mantenimiento

En la actualidad existen diferentes metodologías para la elaboración de planes de mantenimiento, entre ellas podemos mencionar: Plan de mantenimiento basado en catálogos de los equipos, plan de mantenimiento basado en protocolos genéricos y plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad. La estrategia más usada en las industrias para el diseño de planes de mantenimiento es la última mencionada (RCM) el cual es un método sumamente usado que permite determinar las necesidades de mantenimiento de cualquier activo físico en su entorno y operación.

2.8.2 Formato del plan de mantenimiento

Mientras que en la ilustración 2-11, se observa un modelo de formato para introducir la información correspondiente al plan de mantenimiento donde se muestra los campos mínimos que debe poseer.

 PLAN DE MANTENIMIENTO GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO																		
Nº	Código	Sistema/ Equipo	Tarea de mantenimie o	Frecuenci a (meses)	Frecuencia (horas)	Ultima fecha/ Ultimo contador	UOP S	Frec. en Semanas	Cronograma (semanas)					No. de veces	Tiempo de parada por tarea (horas)	Tiempo de parada total (horas)	Costo por tarea	Costo total
									Ene	Ene	Ene	Dic						
									1	2	3	...	52					

Ilustración 2-11: Diseño del plan de mantenimiento

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.8.2.1 *Unidad Operada por Semana (UOPS)*

El cálculo del UOPS es de suma importancia en la planificación del mantenimiento ya que nos permite calcular la siguiente fecha en la que se va a realizar la tarea de mantenimiento, para el cálculo de esta se debe tomar en cuenta las lecturas de la maquinaria expresada en horas y las fechas de estas. A continuación, se detalla la fórmula para el cálculo del UOPS.

$$UOPS = \frac{L_2 - L_1}{F_2 - F_1} \left[\frac{\text{horas}}{\text{Semanas}} \right]$$

2.8.2.2 *Frecuencia de mantenimiento*

Es fundamental definir la frecuencia de mantenimiento para cada equipo. Al crear la planificación se debe considerar las tareas y las frecuencias para ejecutarlas las mismas que buscan anticiparse a las fallas. La frecuencia de mantenimiento es la cantidad de tareas que se deben ejecutar en un determinado tiempo la cual puede ser: diaria, semanal, mensual, trimestral, etc. El cálculo de la frecuencia en semanas se basa en la siguiente formula.

$$Frec. Semana = \frac{Frecuencia}{UOPS}$$

2.9 **Logística del mantenimiento**

Al coordinar todos los recuerdos que intervienen en cualquier práctica de mantenimiento sea programada o no programada, tiene una gran importancia al momento de ejecutar la tarea, al designar correctamente los recursos permite agilizar procesos, disminuyendo el tiempo de ejecución de las tareas preventivas o correctivas, por ende, habrá un aumento de la disponibilidad de los activos. (Mayorga Mayorga y Olmedo Jumbo, 2019, pág. 18)

La logística de mantenimiento es un proceso de planeación requerido para la correcta ejecución de las tareas que se llevan a cabo, con las siguientes provisiones: materiales, repuestos, mano de obra, etc. (UNE-EN 13306, 2021, pág. 23)

En la ilustración 2-12, se detalla la manera en que se debe registrar la información de los activos para cada una de las tareas de mantenimiento.

LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO	Área:	Código:	Fecha:	 Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo Unidad de Gestión de Mantenimiento y Talleres		
	Equipo:	Realizado por:		Materiales y Repuestos	Equipos y Herramientas	
Sistema	Descripción de tarea	Frecuencia	Descripción	Cantidad	Descripción	Descripción

Ilustración 2-12: Diseño del formato de logística de mantenimiento

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

2.10 Capacitación

La capacitación consiste en que el personal encargado de operación y mantenimiento de los activos tengan conocimiento y se familiaricen con el plan de mantenimiento desarrollado, teniendo como objetivo mejorar el desempeño individual y colectivo, así como promover el desarrollo profesional y el crecimiento organizacional.

Los métodos más usados para realizar la capacitación del personal son de forma: física o presencial y virtual. La metodología que se utilizara es de forma física o presencial que consiste en reunir en un determinado lugar a los responsables de los talleres de mantenimiento de la flota vehicular de GADPCH y se impartirá los resultados obtenidos del análisis de toda la información los cuales están plasmados en el trabajo de integración curricular. Para la capacitación se usará diferente material de apoyo como:

- presentaciones audiovisuales
- trípticos

Para realizar la capacitación es importante responder las preguntas de la tabla 2-22 relacionadas a la metodología a usarse en la capacitación del personal de mantenimiento para garantizar un mejor entendimiento por parte del personal capacitado.

Tabla 2-22: Preguntas referenciales para realizar una capacitación.

Pregunta	Interpretación
¿Lugar de capacitación?	Es importante definir un lugar o ubicación adecuado para que la capacitación se desarrolle de forma óptima.
¿Personal a capacitar?	Identificar al personal que se va a capacitar.
¿Tema de capacitación?	Se describe los temas que va a incluir la capacitación.
¿Como se va a capacitar?	Se debe seleccionar el método que se va a utilizar ya sea de forma física o virtual.
¿Cuándo se va a realizar la capacitación?	Se define la fecha exacta en la que se va a realizar la capacitación.

Fuente: (Guamán Anasicha y Moposita Toapanta, 2022a, pág. 38)

Realizado por: Coronado B, Puma E., 2024.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Evaluación de la Gestión del Mantenimiento.

La evaluación a la gestión del mantenimiento se realizó mediante la metodología “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento” (EEM) lo que permite conocer la situación actual de mantenimiento en los talleres del GADPCH. Los resultados nos permitirán tomar las decisiones correctas para orientar las tareas a cumplir los objetivos planteados.

La encuesta se realizó a siete personas de diferentes áreas de trabajo involucradas directamente con el mantenimiento, para esto se consideró el cargo, el tiempo de la empresa y la experiencia laboral. El registro de las personas encuestadas se muestra en la tabla 3-1 que detalla más a discreción la información de cada una de las personas evaluadas. El tiempo de estancia en la institución brinda un factor relevante en la evaluación ya que la persona evaluada conoce perfectamente el área de mantenimiento tanto su gestión como su ejecución.

Tabla 3-1: Personal al que se realizó la evaluación a la gestión del mantenimiento.

No. Encuestado	Cargo	Tiempo en la institución	Experiencia laboral
1	Coordinador de talleres	1 año	10 años
2	Técnico de talleres	2 años	5 años
3	Analista de talleres	18 años	25 años
4	Analista de talleres	16 años	23 años
5	Mecánico de vehículos pesados	5 años	15 años
6	Mecánico de maquinaria	12 años	30 años
7	Mecánico de equipo caminero	21 años	32 años
8	Chofer de vehículo liviano	3 años	10 años

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

La evaluación a la gestión del mantenimiento realizada al coordinador del área de talleres del GADPCH se detalla en la tabla 3-2. La cual refleja de manera clara las puntuaciones que da a cada pregunta establecida en la evaluación propuesta, de esta manera tendremos la puntuación necesaria para continuar con el análisis respectivo.

Tabla 3-2: Encuesta realizada al coordinador del área de talleres.

RECURSOS GERENCIALES						
N.	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
1	¿Usted considera que los talleres del GADPCH cuenta con infraestructura y equipos para realizar su trabajo en los talleres de mantenimiento? 1(no), 5(sí)					X
2	¿Usted cree que la estructura organizativa del mantenimiento es favorable para el cumplimiento de las tareas de mantenimiento? 1(no), 5(sí)	X				
3	¿El coordinador establece que mantenimiento colabore con técnicos para alcanzar las metas?			X		
4	¿El coordinador de mantenimiento establece técnicos, que ayude en la realización de las actividades de mantenimiento?				X	
5	¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y técnicos), para resolver problemas que afecten a la disponibilidad de los vehículos y maquinaria?					X
6	¿El coordinador de mantenimiento promueve al personal (supervisores, técnicos y operarios), a que trabajen en conjunto para resolver problemas?				X	
7	¿El departamento de coordinación de talleres da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y operación, a lo largo del ciclo de vida de los activos?					X
8	¿El coordinador de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?			X		
9	¿El personal de mantenimiento de los talleres del GADPCH recibe capacitaciones para actualizar sus conocimientos técnicos de mantenimiento?	X				
10	¿El coordinador involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?				X	
11	¿El coordinador revisa y da seguimiento a los objetivos de los talleres del GADPCH en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y técnicos?	X				
12	¿Usted considera que los objetivos de mantenimiento están alineados con los objetivos del GADPCH?	X				
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO		4	0	6	12	15
GERENCIA DE LA INFORMACIÓN						
N.	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
13	¿El departamento de mantenimiento cuenta con manuales de todos los vehículos y maquinaria existentes en los talleres del GADPCH? 1(no), 5(sí)					X
14	¿Está cada vehículo y maquinaria de los talleres del GADPCH identificado y codificado? 1(no), 5(sí)					X
15	¿Se encuentran identificados y codificados los manuales de los talleres del GAPCH, acorde a la codificación de los vehículos y maquinaria? 1(no), 5(sí)	X				

Tabla 3-2 (continuación): Encuesta realizada al coordinador del área de talleres.

16	¿El departamento de mantenimiento genera órdenes y solicitudes de trabajo?					X
17	¿Los equipos cuentan con planes de mantenimiento? 1(no), 5(sí)	X				
18	¿Se realizan las planificaciones para ejecutar el Mantenimiento Preventivo?			X		
19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas al personal de mantenimiento de los talleres del GADPCH tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?			X		
20	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?	X				
21	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?	X				
22	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?	X				
23	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH tiene un inventario de repuestos de los vehículos críticos? 1(no), 5(sí)	X				
24	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH se compara con otros departamentos técnicos para medir su desempeño?					X
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO		6	0	6	0	20
EQUIPOS Y TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
N.	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
25	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza órdenes de trabajo para realizar las actividades de mantenimiento preventivo?			X		
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, en función al inventario?	X				
27	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH tiene personal exclusivo para las tareas de mantenimiento preventivo?				X	
28	¿Con que frecuencia los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?			X		
29	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH con qué frecuencia utiliza técnicas predictivas?	X				
30	¿El personal de mantenimiento de la entidad recibió una instrucción adecuada en sus áreas de trabajo?	X				
31	¿Qué tan probable es que los talleres del GADPCH permita al personal de mantenimiento tener acceso a los equipos para realizar las tareas programadas?			X		
32	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?			X		
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y técnicos en el proceso de selección de nuevos vehículos o maquinaria?	X				

Tabla 3-2 (continuación): Encuesta realizada al coordinador del área de talleres.

34	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH capacita al personal operario para el uso correcto de nuevos vehículos o maquinaria?	X				
35	¿Los proveedores externos capacitan al personal de los talleres del GADPCH que va a mantener los nuevos vehículos o maquinaria?					X
36	¿Considera que el personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?					X
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO		5	0	12	4	10
PLANIFICACIÓN						
N.	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
37	¿Es asignado el personal a las actividades de mantenimiento según sus conocimientos y habilidades?			X		
38	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH desarrolla los procedimientos a seguir para la ejecución de las actividades de mantenimiento?	X				
39	¿Son prioridades las tareas de mantenimiento correctivo?	X				
40	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza las ordenes de trabajo para las actividades correctivas?				X	
41	¿Se da seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo?	X				
42	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH asigna y controla las horas asignadas para las actividades de mantenimiento?	X				
43	¿Existe un cronograma de actividades de mantenimiento planificadas? 1(no), 5(sí)	X				
44	¿El departamento utiliza planificadores para preparar el alcance de mantenimientos mayores (“shutdowns, overhauls”)?	X				
45	¿Los talleres del GADPCH planifica con contratistas calificados para realizar labores de mantenimiento?				X	
46	¿Los talleres del GADPCH participa en la designación de actividades y la estimación de los tiempos de ejecución de los contratistas?	X				
47	¿Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y viabilidad) que tiene el sistema sobre el cual se va a ejecutar la planificación del mantenimiento?	X				
48	¿Se define el cambio crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos de manera planificada?	X				
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO		9	0	3	8	0
SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN						
N.	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
49	¿Bodega dispone de repuestos y materiales a la hora de ejecutar las actividades de mantenimiento?			X		
50	¿Bodega da una respuesta eficiente a las solicitudes de repuestos?		X			

Tabla 3-2 (continuación): Encuesta realizada al coordinador del área de talleres.

51	¿Se lleva un registro de salida y retorno de los repuestos de los vehículos, usados por los contratistas para mantenimiento correctivo?	X					
52	¿Se tiene una actividad de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en bodega?			X			
53	¿Se tiene identificado los tiempos de reparación y los costos de los repuestos? 1(no), 5(sí).						X
54	¿El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento correctivo está por encima de criterio de rapidez?						X
55	¿Se tiene una actividad de auditoría que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas?	X					
56	¿Qué tan importante es la calidad en el área de talleres?			X			
57	¿Tiene el GADPCH un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus colaboradores de mantenimiento en los talleres técnicos?			X			
58	¿Considera usted que el desempeño de los operarios de mantenimiento es bien reconocido por GADPCH?	X					
59	¿Considera que el personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo?			X			
60	¿Considera que el personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?			X			
PUNTUACIÓN TOTAL POR CRITERIO		3	4	15	0	10	

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Las siete evaluaciones completas a la gestión del mantenimiento realizadas al distinto personal de mantenimiento se encuentran en el anexo A.

3.2 Inventario de la flota vehicular grupo 2.

La flota vehicular analizada en el presente trabajo de integración curricular está conformada por 40 vehículos, la misma que está conformada por maquinaria y vehículos pesados los cuales son distribuidos a nivel provincial para realizar las distintas tareas asignadas para el mejoramiento de la provincia.

La tabla 3-3 muestra la flota vehicular completa con la información más relevante del equipo, la cual es de suma importancia para la identificación de cada uno los mismos que posteriormente van a ser codificados según la norma. (ISO 14224, 2016)

Tabla 3-3: Inventario de la flota vehicular grupo 2.

N.	VEHÍCULO	Nro. Ítem	PLACA/MATRICULA	MODELO	AÑO
1	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND	7	6.0-6-000551	RG 170-B	2009
2	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND	8	6.0-6-000550	RG 170-B	2009
3	MOTONIVELADORA KOMATSU	14	6.0-06-002447	GD555-5	2019
4	MOTONIVELADORA KOMATSU	15	6.0-06-002445	GD555-5	2019
5	MOTONIVELADORA KOMATSU	16	6.0-06-002446	GD555-6	2019
6	EXCAVADORA DOOSAN	4	7.1-6-000573	DX225LCA	2009
7	EXCAVADORA DOOSAN	5	7.1-6-000572	DX225LCA	2009
8	EXCAVADORA DOOSAN	8	7.1-6-001805	DX225LCA	2015
9	EXCAVADORA DOOSAN	9	7.1-6-002335	DX225LCA	2017
10	EXCAVADORA DOOSAN	10	7.1-6-002334	DX225LCA	2017
11	EXCAVADORA DOOSAN	11	7.1-06-002399	225LCA	2018
12	EXCAVADORA KOMATSU	12	7.1-06-002490	PC210LC	2021
13	CARGADORA HYUNDAI	7	4.1-6-000559	HL757-7	2009
14	CARGADORA KOMATSU	9	4.1-6-000558	WA380-6	2013
15	RODILLO CATERPILLAR	6	8.2-6-000566	CS533E	2009
16	RODILLO BOMAG	9	8.2-6-000594	BW211D-40	2013
17	RODILLO HAMM	10	8.2-06-002448	3411	2019
18	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2	HEA0677	PKC212EHLB	2006
19	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	3	HEA0671	PKC212EHLB	2006
20	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	4	HEA0678	PKC212EHLB	2006
21	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	5	HEA0673	PKC212EHLB	2006
22	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	6	HEA0674	PKC212EHLB	2006
23	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	8	HEA0672	PKC212EHLB	2006
24	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	11	HEA0664	PKC212EHLB	2006
25	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	13	HEA0675	PKC212EHLB	2006
26	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	19	HSA1014	PKC212EHLB	2010
27	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	20	HSA1028	PKC212EHLB 6.9 2P 4X	2013
28	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	23	HSA1047	PKC212EHLB 6.9 2P 4X2 TM	2015
29	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	24	HSA4014	PKC212EHLB 6.9 2P 4X2 TM	2015
30	VOLQUETA NISSAN UD TRUCKS	27	HSA1037	CWB6BLLDL3 AC 12.8 2P TM DIESEL	2015
31	VOLQUETA NISSAN UD TRUCKS	28	HSA1043	CWB6BLLDL3 AC 12.8 2P TM DIESEL	2015
32	VOLQUETA NISSAN UD TRUCKS	30	HSA1040	CWB6BLLDL3 AC 12.8 2P TM DIESEL	2015
33	VOLQUETA HINO FM2 501	33	HMA1547	FM2PL7D-SG3 AC 10.5 2P 6X4 TM	2019
34	VOLQUETA HINO FM2 502	34	HMA1546	FM2PL7D-SG3 AC 10.5 2P 6X4 TM	2019
35	VOLQUETA HINO FM2 503	35	HMA1549	MQ FM2	2019
36	TANQUERO DE AGUA NISSAN PKC 212	6	HSA1011	PKC212MHLB	2009
37	TANQUERO DE AGUA HINO GH 500	7	HMA1611	GH8JM7A-XG3 AC 7.7 2P 4X2 TM	2020

Tabla 3-3 (continuación): Inventario de la flota vehicular grupo 2

38	TANQUERO DE AGUA HINO GH 500	8	HMA1612	MQ GH8JM7A	2020
39	TRAILER INTERNACIONAL	72	HEI1594	WORKSTAR 7600 AC 11.0 2P 6X4	2022
40	TRAILER INTERNACIONAL	73	HEI1595	WORKSTAR 7600 AC 11.0 2P 6X4 TM	2021

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

3.3 Estructura de la codificación.

En el capítulo dos se definió los niveles jerárquicos según la norma ISO 14224 la cual se usó de referencia para la codificación de la flota vehicular grupo 2 del GADPCH, a continuación, se detalla cada nivel codificado respectivamente.

Tabla 3-4: Codificación del primer nivel: Planta.

Código	Descripción
PA	Patio Automotor del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Tabla 3-5: Codificación del segundo nivel: Área.

Nivel 1	Nivel 2	Descripción
	Código	
PA	VL	Vehículos Livianos
	VP	Vehículos Pesados
	MQ	Maquinaria

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Tabla 3-6: Codificación del tercer nivel: Sistema.

Nivel 1	Nivel 2	Descripción	Nivel 3	Descripción
	Código		Código	
PA	VL	Vehículos Livianos	GW	Camionera Great Wall
			CA	Camioneta Chevrolet
			CT	Camioneta Toyota Hilux
			CN	Camioneta Nissan
			AB	Ambulancia
			BU	Buseta

Tabla 3-6 (continuación): Codificación del tercer nivel: Sistema.

	VP	Vehículos Pesados	VS	Volqueta de 8 m ³
			VM	Volqueta de 12 m ³
			TQ	Tanquero de agua
			LL	Tráiler internacional
			CG	Camión grúa
			EA	Tanquero de emulsión asfáltica
			TFUEL	Tanquero de combustible
	MQ	Maquinaria	M	Motoniveladora
			EX	Excavadora oruga
			C	Cargadora
			R	Rodillo
			T	Tractor de oruga
			MC	Minicargador
			EA	Micro pavimentadora
			EA	Distribuidor de agregados
			BM	Barredora mecánica
			FR	Fresadora asfaltadora
			EA	Selladora grieta
			CF	Franjadora portátil
			COMP	Compresor

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Tabla 3-7: Codificación del cuarto nivel: Equipo.

Nivel 3		Nivel 4	
Código	Familia	Código	Descripción
EXCAVADORA			
EX4	A	TR01	Tren de rodaje
	A	FR01	Frenos
	A	MC01	Motor de combustión
	A	SC01	Sistema de combustible
	A	SE01	Sistema eléctrico
	A	SH01	Sistema hidráulico
	A	SN01	Sistema neumático
	A	HT01	Herramienta de trabajo

Tabla 3-7 (continuación): Codificación del cuarto nivel: Equipo.

MOTONIVELADORA			
M7	A	DR01	Dirección
	A	FR01	Frenos
	A	FR01	Llantas
	A	MC01	Motor de combustión
	A	SC01	Sistema de combustible
	A	SE01	Sistema eléctrico
	A	SH01	Sistema hidráulico
	A	TP01	Trasmisión de potencia
	A	HT01	Herramienta de trabajo
CARGADORA DE RUEDAS			
C7	A	DR01	Dirección
	A	FR01	Frenos
	A	FR01	Llantas
	A	MC01	Motor de combustión
	A	SC01	Sistema de combustible
	A	SE01	Sistema eléctrico
	A	SH01	Sistema hidráulico
	A	TP01	Trasmisión de potencia
	A	HT01	Herramienta de trabajo
RODILLO LISO			
R6	A	DR01	Dirección
	A	FR01	Frenos
	A	FR01	Llantas
	A	MC01	Motor de combustión
	A	SC01	Sistema de combustible
	A	SE01	Sistema eléctrico
	A	SN01	Sistema neumático
	A	TP01	Trasmisión de potencia
	A	HT01	Herramienta de trabajo

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

La codificación completa a nivel de equipos de la flota vehicular del grupo 2 se encuentra en el anexo B.

3.4 Codificación de la flota vehicular grupo 2.

Con la explicación de la codificación según la norma ISO 14224 se procede a la codificación de la flota vehicular como lo indica la tabla 3-8.

Tabla 3-8: Codificación de la flota vehicular grupo 2.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4		Código final
Código	Código	Código	Familia	Código	
PA	MQ	EX4	A	TR01	PA-MQ-EX4-TR01
			A	FR01	PA-MQ-EX4-FR01
			A	MC01	PA-MQ-EX4-MC01
			A	SC01	PA-MQ-EX4-SC01
			A	SE01	PA-MQ-EX4-SE01
			A	SH01	PA-MQ-EX4-SH01
			A	SN01	PA-MQ-EX4-SN01
			A	HT01	PA-MQ-EX4-HT01
PA	VP	VS2	A	DR01	PA-VP-VS2-DR01
			A	FR01	PA-VP-VS2-FR01
			A	LL01	PA-VP-VS2-LL01
			A	MC01	PA-VP-VS2-MC01
			A	SC01	PA-VP-VS2-SC01
			A	SE01	PA-VP-VS2-SE01
			A	SH01	PA-VP-VS2-SH01
			A	SN01	PA-VP-VS2-SN01
			A	TP01	PA-VP-VS2-TP01
			A	SU01	PA-VP-VS2-SU01
PA	MQ	C7	A	DR01	PA-MQ-C7-DR01
			A	FR01	PA-MQ-C7-FR01
			A	LL01	PA-MQ-C7-LL01
			A	MC01	PA-MQ-C7-MC01
			A	SC01	PA-MQ-C7-SC01
			A	SE01	PA-MQ-C7-SE01
			A	SH01	PA-MQ-C7-SH01
			A	SN01	PA-MQ-C7-SN01
			A	TP01	PA-MQ-C7-TP01
			A	HT01	PA-MQ-C7-HT01

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

La codificación de todos los vehículos pertenecientes a la flota vehicular grupo 2 se encuentra en el anexo C.

3.5 Análisis de Criticidad según Matriz de Criticidad por Riesgos (MCR)

Al determinar el inventario y la codificación de la maquinaria del grupo 2 del GADPCH se procede con el análisis de criticidad mediante el método semicuantitativo CTR “Criticidad Total por Riesgo” para establecer los equipos más críticos del grupo analizado, los mismos que serán representados en el MCR “Matriz de Criticidad de Riesgo”, de esta manera se establece los activos de mayor criticidad que serán analizados y aplicados en el RCM “Mantenimiento Basado en la Confiabilidad”.

3.5.1 Cálculo de la criticidad de Motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

Las puntuaciones para cada maquinaria evaluada se establecieron diferentes criterios para un mejor análisis. La tabla 3-9 muestra un ejemplo de la Motoniveladora NEW HOLLAND (PA-MQ-M7) con su puntaje obtenido en cada criterio.

Tabla 3-9: Puntuación para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

Factor	Valoración	Criterio	
FF	5	Frecuente: más de 3 eventos por año.	
C	IP	0.8	Pérdidas de operatividad entre el 50% y el 74% (unidades de reserva parcial).
	FO	0.2	Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.
	CM	0.6	Costos de reparación incluyendo materiales se ubican entre un 25% y el 49% del valor del vehículo y/o maquinaria
	SHA	0.6	Riesgo de vida del personal o daños menores a la salud del personal y/o incidente ambiental menor, derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Determinados los valores de la frecuencia de fallo (FF) y la consecuencia (C) se multiplican los valores finales y se obtiene la criticidad total por riesgo mediante la metodología de matriz de criticidad por riesgo (MCR). Los valores serán registrados en la matriz de la tabla 3-9.

A continuación, se detalla el procedimiento para calcular el riesgo de un equipo el cual va a ser de suma importancia para determinar el rango en la matriz de criticidad.

$$Riesgo = FF * C$$

$$Riesgo = FF * [(SHA * 0,2) + (IP * 0,2) + (FO * 0,2) + (CM * 0,2)]$$

$$Riesgo = 5 * [(0,6 * 0,2) + (0,8 * 0,2) + (0,2 * 0,2) + (0,6 * 0,2)]$$

$$Riesgo = 5 * [2.20]$$

$$Riesgo = 11$$

La criticidad se estableció mediante ingresando la frecuencia de fallo (FF=5) y la consecuencia (C=2.2) para la Motoniveladora NEW HOLLAND (PA-MQ-M7) del grupo 2 de la flota vehicular del GADPCH en la matriz como se muestra en la ilustración 3-1.

FRECUENCIA	5	A	MA	MA	MA	MA
	4	A	A	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	M
	1	B	B	B	M	M
		1	2	3	4	5
		CONSECUENCIA				

Ilustración 3-1: Nivel de criticidad para la Excavadora DOOSAN (PA-MQ-M7).

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Con las respuestas obtenidas en las operaciones se procede a llenar la matriz de criticidad por riesgo de cada uno de los equipos como se representa en la tabla 3-10, la cual detalla el tipo de criticidad que tiene cada equipo siendo representadas por diferentes colores para una mejor interpretación entre cada equipo. Como se visualiza tenemos color rojo que representa muy alta criticidad, amarillo, alta criticidad, naranja media criticidad y verde baja criticidad, de esta manera cada equipo pertenece a un grupo distinto y se prioriza el RCM a los equipos de alta criticidad presentes en la flota vehicular.

Tabla 3-10: Matriz de criticidad por riesgo de la flota vehicular.

  					
ANÁLISI DE CRITICIDAD MÉTODO DE MATRIZ DE CRITICIDAD POR RIESGO (MCR)					
Código	Equipo	Consecuencia	Frecuencia	Riesgo	Criticidad
PA-MQ-M7	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND	2,20	5	11	MA
PA-MQ-M8	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND	2,20	4	8,8	A
PA-MQ-M14	MOTONIVELADORA KOMATSU	2,40	4	9,6	A
PA-MQ-M15	MOTONIVELADORA KOMATSU	2,20	3	6,6	A
PA-MQ-M16	MOTONIVELADORA KOMATSU	2,40	4	9,6	A
PA-MQ-EX4	EXCAVADORA DOOSAN	2,20	5	11	MA
PA-MQ-EX5	EXCAVADORA DOOSAN	2,20	4	8,8	A
PA-MQ-EX8	EXCAVADORA DOOSAN	2,40	3	7,2	M
PA-MQ-EX9	EXCAVADORA DOOSAN	2,20	4	8,8	A
PA-MQ-EX10	EXCAVADORA DOOSAN	2,20	4	8,8	A
PA-MQ-EX11	EXCAVADORA DOOSAN	2,20	3	6,6	M
PA-MQ-EX12	EXCAVADORA KOMATSU	2,20	3	6,6	M
PA-MQ-C7	CARGADORA HYUNDAI	2,20	3	6,6	M
PA-MQ-C9	CARGADORA KOMATSU	2,20	3	6,6	M
PA-MQ-R6	RODILLO CATERPILLAR	2,20	5	11	MA
PA-MQ-R9	RODILLO BOMAG	2,40	2	4,8	B
PA-MQ-R10	RODILLO HAMM	1,80	2	3,6	B
PA-VP-VS2	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,20	3	6,6	M
PA-VP-VS3	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,20	3	6,6	M
PA-VP-VS4	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,00	3	6	M
PA-VP-VS5	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,00	3	6	M
PA-VP-VS6	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,00	3	6	M
PA-VP-VS8	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,00	2	4	B
PA-VP-VS11	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,20	3	6,6	M
PA-VP-VS13	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,00	5	10	MA
PA-VP-VS19	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,00	2	4	B

Tabla 3-10 (continuación): Matriz de criticidad por riesgo de la flota vehicular.

PA-VP-VS20	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,00	2	4	B
PA-VP-VS23	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,20	4	8,8	A
PA-VP-VS24	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	2,00	1	2	B
PA-VP-VM27	VOLQUETA NISSAN UD TRUCKS	2,00	1	2	B
PA-VP-VM28	VOLQUETA NISSAN UD TRUCKS	2,00	1	2	B
PA-VP-VM30	VOLQUETA NISSAN UD TRUCKS	2,00	4	8	A
PA-VP-VM33	VOLQUETA HINO FM2 501	2,00	1	2	B
PA-VP-VM34	VOLQUETA HINO FM2 502	2,00	1	2	B
PA-VP-VM35	VOLQUETA HINO FM2 503	1,60	1	1,6	B
PA-VP-TQ6	TANQUERO DE AGUA NISSAN PKC 212	2,20	5	11	MA
PA-VP-TQ7	TANQUERO DE AGUA HINO GH 500	2,20	2	4,4	B
PA-VP-TQ8	TANQUERO DE AGUA HINO GH 500	1,60	1	1,6	B
PA-VP-LL72	TRAILER INTERNACIONAL	2,20	3	6,6	M
PA-VP-LL73	TRAILER INTERNACIONAL	1,80	2	3,6	B

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

3.5.2 Categorización de criticidad de la flota vehicular grupo 2.

Una vez determinado la criticidad de la flota vehicular se puede categorizar cada nivel como se muestra en la tabla 3-11, en la cual se categoriza cada vehículo según el nivel de criticidad calculado.

Tabla 3-11: Categorización de criticidad de la flota vehicular grupo 2.

Tabla de resultados		
Criticidad	Código	Descripción del sistema
Baja criticidad (B)	PA-MQ-R10	RODILLO HAMM
	PA-VP-VS8	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC
	PA-VP-VM33	VOLQUETA HINO FM2 501
	PA-VP-TQ7	TANQUERO DE AGUA HINO GH 500
Media criticidad (M)	PA-MQ-EX8	EXCAVADORA DOOSAN
	PA-MQ-C7	CARGADORA HYUNDAI
	PA-VP-VS2	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC
Alta criticidad (A)	PA-MQ-M8	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND
	PA-MQ-M14	MOTONIVELADORA KOMATSU
	PA-MQ-EX5	EXCAVADORA DOOSAN

Tabla 3-11 (continuación): Categorización de criticidad de la flota vehicular grupo 2.

Muy alta criticidad (MA)	PA-MQ-M7	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND
	PA-VP-VS13	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC
	PA-MQ-EX4	EXCAVADORA DOOSAN
	PA-MQ-R6	RODILLO CATERPILLAR
	PA-VP-TQ6	TANQUERO DE AGUA NISSAN PKC 212

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

La categorización completa de la criticidad de la flota vehicular se puede encontrar en el anexo D.

3.6 Contexto Operacional de la maquinaria.

El contexto operacional se estableció para los cinco equipos más críticos de la flota vehicular según el análisis de criticidad MCR realizado. A continuación, se detalla el contexto operacional de la Motoniveladora New Holland (PA-MQ-M7) detallando más a profundidad cada aspecto que influye en el desenvolvimiento de esta como puede ser:

- Funcionamiento
- Aspectos climáticos
- Afectaciones medioambientales
- Riesgos a la seguridad

Más detalles se presentan en la tabla 3-13 para de esta manera tener un mejor conocimiento de la maquinaria analizada abarcando los aspectos antes mencionados.

Tabla 3-12: Contexto operacional de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

		<p>Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo Unidad de Gestión de Mantenimiento y Talleres</p>			
<p>CONTEXTO OPERACIONAL</p> <p>FLOTA DE VEHICULOS</p>					
<p>Código del vehículo:</p>		<p>PA-MQ-M7</p>	<p>Descripción del vehículo:</p>		<p>Motoniveladora New Holland RG170.B</p>
<p>FOTOGRAFIA DE LA MAQUINARIA</p>					
					
<p>Funcionamiento:</p>		<p>La motoniveladora New Holland es un equipo de trabajo tipo maquinaria de construcción con un peso de 14743 kg que está diseñada para la nivelación de terrenos, carreteras y mantenimiento de caminos, que son las funciones principales dentro del GADPCH.</p> <p>Este equipo está conformado por un motor New Holland Turbodiésel de 6 cilindros que genera una potencia de 190 HP y un torque de 830 Nm, que genera la fuerza suficiente para realizar este trabajo, y con ello un complemento es su sistema hidráulico para el control preciso de sus herramientas de trabajo las cuales son la hoja o vertedera que tiene como función cortar, esparcir y nivelar el material terreo a demisiones 444 mm de elevación, 711 mm de profundidad de corte y un ángulo de giro de 90°, en cambio su otra herramienta de trabajo denominada Ripper ayuda a la penetración de los suelos compactos luego de la nivelación posterior de la hoja con una profundidad de 252 ms. Para facilitar el trabajo de la motoniveladora la dirección de las ruedas tiene un sistema hidrostático que entrega un ángulo de giro de 42° y un ángulo de articulación de 25°.</p>			

Tabla 3-12 (continuación): Contexto operacional de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

<p>Aspectos climáticos:</p>	<p>La motoniveladora no posee un lugar de trabajo preciso, ya que depende del área de coordinación de talleres para ubicarlos donde se necesita su servicio, no obstante, su trabajo se limita a la provincia de Chimborazo donde se tiene un rango de temperatura de 6 a 20 grados Celsius, con una humedad que oscila entre 45 a 55% y una altitud de 2750 metros sobre el nivel de mar, así mismo por las funciones que desempeña está expuesto al polvo.</p>
<p>Procesos y operación:</p>	<p>La motoniveladora tiene una jornada laboral de lunes a viernes en un horario de 07:00h a 17:00h con un tiempo de descanso de 13:00h a 14:00 de lunes a sábado, así mismo en ocasiones cuando existe emergencias viales como derrumbes o desastres naturales su jornada laboral puede extenderse dependiendo de la gravedad de la emergencia.</p>
<p>Redundancia:</p>	<p>La motoniveladora no tiene equipos redundantes, no obstante si tiene algún fallo se ve que tan prioritario es su trabajo, y se la reemplaza por una maquinaria de similares características que se encuentre en trabajos de menor prioridad.</p>
<p>Afectaciones medioambientales:</p>	<p>Dentro del GADPCH no se realizan estudios de los impactos medio ambientales que genera la maquinaria, sin embargo, se rigen mediante los reglamentos impuestos por el ANT en donde se detalla que los vehículos pesados con un peso bruto mayor a 3860 kg no deben exceder una contaminación del aire de 15.5 g/km de CO, 1.3 g/km de HC y 0.10 partículas contaminantes g/km. Así mismo esta entidad regula la contaminación acústica que para vehículos pesados mayores a 12,0 toneladas no deben generar Niveles de Presión Sonora (NPS) mayor a 88 dBA, y para la protección de medio ambiente el GADPCH debe crear un estudio de impacto ambiental para proyectos nuevos que se rigen mediante las leyes que aplican el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.</p>
<p>Riesgos a la seguridad:</p>	<p>La Motoniveladora New Holland RG170.B puede presentar varios riesgos a la seguridad como puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riesgos a volcamientos debido a terrenos irregularidades, pendientes o malas maniobras • Riesgos de ruido • Riesgos químicos (smog, polvo o aceites)

Tabla 3-12 (continuación): Contexto operacional de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

Normativas y reglamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Norma Técnica Ecuatoria NTE INEN 2 207 – 2002. • Norma Técnica Ecuatoria NTE INEN 2 204 – 2002. • Limites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles y para vibraciones – ANEXO V • Ley de gestión ambiental R.O. 418 y sus reformas • Ley de prevención y control de contaminación ambiental R.O. 374 y sus reformas
---------------------------------	--

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

El contexto operacional de la maquinaria crítica se encuentra en el anexo E.

3.7 Información de los Activos Por Mantener

3.7.1 Codificación de manuales.

Los manuales existentes de la maquinaria del GADPCH de igual manera ha sido codificados siguiendo una identificación: Manual de servicio “S”, Manual de partes “P” y Manual de mantenimiento “M”, Operación “O”, la tabla 3-13 detalla información relevante cada manual.

Tabla 3-13: Información de la codificación de manuales.

No	NOMBRE DEL MANUAL	COD.	UBICACIÓN DEL MANUAL	VEHÍCULO	CÓDIGO
2	SERVICE MANUAL TRUCK (CHASIS) MODEL MK, LK, PK, CDA AND CWA SERIES	S	COORDINACIÓN DE TALLERES-STANTERIA 1	VOLQUETA UD NISSAN DIESEL	S-2-E1
3	SERVICE MANUAL TRUCK (CHASIS) PARTE II MODEL MK, LK, PK, CDA AND CWA SERIES	S	COORDINACIÓN DE TALLERES-STANTERIA 1	VOLQUETA UD NISSAN DIESEL	S-3-E1
4	SERVICE MANUAL TRUCK (CHASIS) PARTE III MODEL MK, LK, PK, CDA AND CWA SERIES	S	COORDINACIÓN DE TALLERES-STANTERIA 1	VOLQUETA UD NISSAN DIESEL	S-4-E1
5	SERVICE MANUAL ENGINE FE SERIES FE6, FE6T& FE6TA	S	COORDINACIÓN DE TALLERES-STANTERIA 1	VOLQUETA UD NISSAN DIESEL	S-5-E1
6	SERVICE MANUAL ENGINE CHASIS FE SERIES MODELS: FE6TA	S	COORDINACIÓN DE TALLERES-STANTERIA 1	VOLQUETA UD NISSAN DIESEL	S-6-E1
7	SERVICE MANUAL ENGINE [SUPLEMENT] FE SERIES MODELS: FE6TA	S	COORDINACIÓN DE TALLERES-STANTERIA 1	VOLQUETA UD NISSAN DIESEL	S-7-E1

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

La ilustración 3-2 muestra la estantería 2 de la coordinación de taller codificada con su respectiva identificación para una fácil identificación y acceso a los mismos.



Ilustración 3-2: Estantería de manuales codificada.

En el anexo F se encuentra la tabla completa de la codificación de manuales en la cual se detalla información relevante de los manuales existentes que ayudaran a la fácil identificación de cada uno.

3.7.2 Especificaciones técnicas y matriculas de la flota vehicular grupo 2.

La flota vehicular grupo 2 cuenta con todos los requerimientos necesarios para operar sin ningún inconveniente, los cuales son la revisión técnica y la matricula.

3.8 Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Para continuar con el desarrollo del RCM se toma en cuenta toda la información pertinente de la maquinaria la cual va a ser de suma importancia para el desarrollo de cada ítem a continuación.

3.8.1 Hoja de Información

A continuación, se detalla la hoja de información para la Motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

Tabla 3-14: Hoja de Información de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

								
HOJA DE INFORMACIÓN								
Área:	PA	Código:	PA-MQ-M7	Realizado por:	Coronado Brian & Puma Erik	Hoja:	1	
Equipo:	Motoniveladora New Holland RG170.B		Sistema:	Motor de combustión	Revisado por:		Fecha:	17/6/2024
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto de la falla		Consecuencia
1	Generar a la motoniveladora una potencia de 205 hp.	A	No genera potencia	1	Bandas del motor flojas	<p>Evidencia de fallo: El operador del equipo puede escuchar ruidos anormales o chirriantes dentro del moto, también puede evidenciarse vibraciones excesivas y sobrecalentamiento del motor.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 10 min</p> <p>Consecuencias operacionales: no tiene costos operacionales al estar inactivo la maquinaria.</p> <p>Que debe hacerse: Con la motoniveladora apagada, se localiza la ubicación de las bandas del motor después se procede a aflojar los pernos de fijación de la polea, girando la polea en sentido horario para tensionar la banda o en sentido antihorario para disminuir la tensión realizando este proceso hasta que se tenga la tensión adecuada según el fabricante, posteriormente se aprieta los pernos</p>	Operacional	

					de fijación y se realiza pruebas de funcionamiento. Costo de repuesto: Ninguno	
			2	Descalibración de las válvulas del motor.	<p>Evidencia de fallo: Con esta falla puede existir una pérdida de potencia en el motor, ruidos inusuales como golpeteos y una falta de respuestas del motor.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 1 hora</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora por una hora tiene un valor de 45 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Apagada la motoniveladora se retira la tapa del motor para acceder a las válvulas, medir las holguras y ajustar según las especificaciones del fabricante, luego colocar la tapa del motor con el empaque y asegurar, finalmente realizar la prueba de funcionamiento y verificar las válvulas.</p> <p>Costo del repuesto: Ninguno</p>	Operacional
	B	Genera una potencia menor a 205 hp.	1	Desgaste del aceite del motor	<p>Evidencia de fallo: Con esta falla se genera una alarma en el tablero de control de la motoniveladora donde nos anuncia que el aceite tiene una pérdida de sus propiedades, así mismo el motor genera una baja potencia.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 1 hora</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora por una hora tiene un valor de 45 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Detener la motoniveladora en una posición vertical, retirar el perno del cárter y drenar todo el aceite desgastado, una vez drenado en aceite se vuelve a colocar el perno del cárter y se coloca el nuevo aceite.</p> <p>Costo de repuesto: 91,54 USD</p>	Operacional
			2	Desgaste del filtro de aceite del motor	<p>Evidencia de fallo: El operador al realizar la inspección visual del estado del aceite por medio de la bayoneta observa una contaminación de impurezas en el aceite, un mayor consumo de aceite, baja potencia del motor y hasta ruidos anormales.</p>	Operacional

					<p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 30 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Cuando se esté realizando el cambio de aceite del motor, desenroscar, retirar el filtro y cambiarlo por uno nuevo.</p> <p>Costo de repuesto: 48,45 USD</p>	
			3	Desgaste del filtro de combustibles del motor	<p>Evidencia de fallo: Esta falla produce que para el operador el arranque se dificulte y mientras maneja la motoniveladora exista cortes intermitentes del motor.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 1 hora</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora por una hora tiene un valor de 45 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Detener la motoniveladora y una vez localizado el filtro de combustible drenar el combustible del sistema, retirar el filtro y cambiarlo por uno nuevo, finalmente purgar el sistema y realizar pruebas de funcionamiento en el equipo.</p> <p>Costo de repuesto: 58,28 USD</p>	Operacional
			4	Filtro de aire del motor obstruido	<p>Evidencia de fallo: Este fallo puede evidenciarse cuando la motoniveladora tenga una disminución de rendimiento del motor y a subes tenga dificultades para acelerar por otra parte, el operador se puede percatar que existe un consumo excesivo de combustible por el trabajo que hace el motor al intentar succionar aire limpio.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 20 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 15 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Con la maquinaria apagada se debe localizar</p>	Operacional

					<p>compartimento donde se encuentra el filtro, luego se retira el filtro y si limpia con aire comprimido a baja presión de adentro hacia afuera (no golpear el filtro para evitar el daño del sello), finalmente se instala el filtro.</p> <p>Costo de repuesto: Ninguno</p>	
			5	Pre-filtro de combustible obstruido	<p>Evidencia de fallo: Esta falla produce que para el operador el arranque se dificulte y mientras maneja la motoniveladora exista cortes intermitentes del motor.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla..</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 1 hora</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora por una hora tiene un valor de 45 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Detener la motoniveladora y una vez localizado el pre-filtro de combustible drenar el combustible del sistema, retirar el filtro y cambiarlo por uno nuevo, finalmente purgar el sistema y realizar pruebas de funcionamiento en el equipo</p> <p>Costo de repuesto: 26,72 USD</p>	Operacional
			6	Radiador no baja la temperatura del motor	<p>Evidencia de fallo: Con esta falla salta una alarma en el panel de control indicando que se ha elevado la temperatura del motor y puede existir la presencia de humo saliendo del motor.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 10 min</p> <p>Consecuencias operacionales: Ninguno</p> <p>Que debe hacerse: Apagar la motoniveladora y con aire comprimido a baja presión limpiar el radiador de adentro hacia afuera hasta eliminar la presencia de polvo y partículas en el radiador.</p> <p>Costo de repuesto: Ninguno</p>	Operacional
			7	Perdida de refrigerante	<p>Evidencia de fallo: El operador percibe calentamiento del motor y por medio de inspección visual derrame y pérdida de fluido refrigerante en el tanque de refrigerante</p>	Operacional

					<p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 10 min</p> <p>Consecuencias operacionales: Ninguno</p> <p>Que debe hacerse: Apagar el motor de la motoniveladora, esperar un tiempo prudente de 15 min mínimo para que se enfríe el sistema de refrigeración y con precaución desenroscar la tapa del tanque de refrigerante inspeccionar la holgura de la tapa, verificar el estado del tanque y rellenar el fluido refrigerante en el sistema.</p> <p>Costo de repuesto: 10 USD</p>	
			8	Obstrucción del respiradero del cárter	<p>Evidencia de fallo: Con esta falla se puede detectar una baja potencia en el motor y presencia humo azul o blanco en el escape.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 20 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 15 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Se localiza el respiradero del cárter, se retira y se limpia la acumulación de sedimentos e impurezas, luego se debe reinstalar asegurándose que este bien sellado y finalmente se realiza una prueba de funcionamiento.</p> <p>Costo del repuesto: Ninguno</p>	Operacional
			9	Desgaste del cartucho de corrosión	<p>Evidencia de fallo: Con esta falla salta la alarma de temperatura del motor donde se muestra una elevación de la temperatura y presencia de corrosión en partes del motor</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 30 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD</p> <p>Que debe hacerse: Apagar la motoniveladora y dejar reposar la motoniveladora hasta que se enfríe el motor, localizado el cartucho se retira y se cambia por uno nuevo asegurándolo y sellando,</p>	Operacional

					posteriormente el nivel de refrigerante y pruebas de funcionamiento del sistema refrigeración. Costo del repuesto: 18 USD	
				10	Desgaste del sistema de las líneas de combustible Evidencia de fallo: El operador puede detectar este fallo cuando se siente un olor a combustible en el lugar donde se encuentra operando la máquina, manchas de combustible y disminución inusual del combustible observado en el panel de control. Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla. Tiempo de parada aproximada: 30 min Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD. Que debe hacerse: Se realiza una inspección visual de las líneas de combustible, conexiones y las juntas del tanque de combustible, en busca de presencia de manchas o grietas. Costo del repuesto: Ninguno	Operacional
				11	Acumulación de agua en el tanque de combustible Evidencia de fallo: Con esta falla el operador puede evidenciar humos blancos provenientes del escape, partículas o agua en el combustible y una pérdida de potencia del motor Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla. Tiempo de parada aproximada: 30 min Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD. Que debe hacerse: Localizarla válvula de drenaje del tanque de combustible y purgar el sistema, hasta verificar que no exista agua ni sedimentos en el tanque de combustible. Costo del repuesto: Ninguno	Operacional
Sistema: Eléctrico						
	Función		Falla funcional		Modo de falla	Efecto de la falla
						Consecuencia
1	Suministrar a la motoniveladora	A	No suministra energía eléctrica	1	Batería agotada	Evidencia de fallo: Esta falla se puede detectar cuando hay intermitencia en el sistema eléctrico, baja potencia en las luces y existe dificultades de arranque del motor Operacional

	energía eléctrica en DC a 24 V					<p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 30 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD</p> <p>Que debe hacerse: Localizar las baterías debajo de la cabina, desconectar la batería del sistema eléctrico, retirar las tapas de cada celda de la batería, realizar una inspección con un hidrómetro para comprobar el nivel electrolítico (rellenar si es necesario), luego se tapa las celdas de la batería y por último conectar nuevamente al sistema eléctrico.</p> <p>Costo del repuesto: Ninguno</p>	
		B	Suministra energía eléctrica menor a 24 V	1	Banda del alternador floja	<p>Evidencia de fallo: Con este fallo se puede evidenciar ruidos extraños y dificultades para arrancar el motor, así como una alarma en el tablero sobre la revisión del sistema eléctrico.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta peligro a la seguridad del operador o medio ambiente al darse el modo de falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 30 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD</p> <p>Que debe hacerse: Con la motoniveladora encendida con un multímetro revisar el voltaje de salida del alternador con 24 V en DC, luego realizar pruebas de arranque verificando que el motor arranque normalmente</p> <p>Costo del repuesto: Ninguno</p>	Operacional
Sistema: Frenos							
	Función		Falla funcional		Modo de falla	Efecto de la falla	Consecuencia
1	Detener la velocidad de la motoniveladora a una distancia máxima de 5 m	A	No detiene la motoniveladora	1	Desgaste del disco de frenos	<p>Evidencia de fallo: Con esta falla el operador puede evidenciar disminución de la capacidad de frenado con respuesta lenta de frenado, sensación blanda en el pedal de freno y ruidos al momento de frenar</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: al darse el modo por mal accionamiento del freno puede generar lesiones graves hasta</p>	Seguridad

					<p>la muerte en el operador. Tiempo de parada aproximada: 30 min Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD Que debe hacerse: Se debe colocar la motoniveladora en una posición vertical y verificar el nivel de líquido de frenos, inspeccionar el disco y las pastillas de freno para detectar desgaste, luego realizar una prueba frenado en condiciones controladas. Costo del repuesto: Ninguno</p>	
		B	Detiene a la motoniveladora a una distancia mayor a 5 m.	1	<p>Desgaste del líquido frenos Evidencia de fallo: Esta falla puede manifestarse a través de una reducción en la eficacia del frenado, una respuesta más lenta al pisar el pedal de freno, una sensación de pedal de freno menos firme y la presencia de ruidos al aplicar los frenos. Amenaza a la seguridad o medio ambiente: al darse el modo puede generar lesiones graves hasta la muerte en el operador. Tiempo de parada aproximada: 1 hora Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 45 USD Que debe hacerse: se localiza el tanque de líquido de freno y se drena el líquido antiguo, se purga el sistema y se coloca el nuevo líquido de freno, luego se revisa el nivel de líquido de freno y se realiza pruebas de funcionamiento. Costo del repuesto: 13 USD</p>	Seguridad
2	Mantener a la motoniveladora estacionada en pendientes mayores a 10°	A	La motoniveladora no se mantiene estacionada	1	<p>Tensión del cable de freno de parqueo floja Evidencia de fallo: El operador puede detectar que al momento de accionar el freno de parqueo la motoniveladora no se mantiene estacionada. Amenaza a la seguridad o medio ambiente: al darse el modo por mal funcionamiento del freno puede generar lesiones graves hasta la muerte en el operador. Tiempo de parada aproximada: 30 min Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD Que debe hacerse: Se debe inspeccionar los componentes del sistema de freno de parqueo como la tensión del cable del freno de parqueo y el funcionamiento del actuador del freno y una prueba</p>	Seguridad

						de funcionamiento en un ambiente controlado. Costo del repuesto: Ninguno	
Sistema: Transmisión de potencia							
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto de la falla	Consecuencia
1	Transmitir potencia del motor hacia los neumáticos con un par motor de 880 Nm	A	No trasmite potencia	1	Desgaste de los engranes del Tándem	Evidencia de fallo: Se evidencia con el fallo ruidos provenientes del Tándem, disminución de la transferencia de potencia y el indicador de nivel de aceite se encuentra bajo. Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla. Tiempo de parada aproximada: 10 min Consecuencias operacionales: Ninguna Que debe hacerse: Localizar del Tándem, retirar el tapón. inspeccionar el estado del aceite y verificar el nivel de aceite. Costo del repuesto: Ninguno	Operacional
		B	Trasmite un par motor menor a 880 Nm.	1	Desgaste del aceite de la transmisión	Evidencia de fallo: Con esta falla se muestra una dificultad en el cambio de marchas o una respuesta lenta del sistema de transmisión Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla. Tiempo de parada aproximada: 1 hora Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 45 USD. Que debe hacerse: Estacionar y esperar que la motoniveladora se enfríe para que el aceite se asiente, procediendo a drenar el aceite aflojando y retirando el tapón de drenaje, luego reinstalamos el tapón de drenaje y agregamos el aceite nuevo, se verifica el nivel de aceite y realizar una prueba de funcionamiento. Costo del repuesto: 81,26 USD	Operacional
				2	Obstrucción del filtro de aceite de la transmisión.	Evidencia de fallo: Este fallo se puede evidenciar con una disminución del rendimiento de la potencia y mayor esfuerzo al realizar la transmisión de potencia Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla. Tiempo de parada aproximada: 20 min Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la	Operacional

					<p>motoniveladora por una hora tiene un valor de 15 USD.</p> <p>Que debe hacerse: En el momento que se realiza el cambio del aceite de transmisión se localiza el filtro y se lo debe cambiar por uno nuevo asegurándose que se encuentre sellado correctamente.</p> <p>Costo del repuesto: 41,30 USD</p>		
				3	<p>Filtro de malla de la transmisión obstruida</p> <p>Evidencia de fallo: Con esta falla se puede observar sedimentos y acumulación de partículas en el filtro que lleva a un mayor esfuerzo al momento de realizarse la transmisión de potencia.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 10 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora es de un valor de 4 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Localizar el filtro de malla de la transmisión, retirarlo y limpiarlo con un solvente adecuado para eliminar cualquier tipo de sedimento o partículas</p> <p>Costo del repuesto: Ninguno</p>	Operacional	
				4	<p>Desgaste del aceite del tándem</p> <p>Evidencia de fallo: Con esta falla se puede evidenciar una pérdida de transferencia de potencia, una degradación de las propiedades del aceite y ruidos anormales provenientes del tándem</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 1 hora</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora por una hora tiene un valor de 45 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Se localiza el tándem y se deja reposar el aceite, luego se drena el aceite usado purgando el sistema, luego se coloca el nuevo aceite, se revisa el nivel de aceite y se realiza pruebas de funcionamiento.</p> <p>Costo del repuesto: 45,69 USD</p>	Operacional	
Sistema: Herramienta de Trabajo							
	Función		Falla funcional		Modo de falla	Efecto de la falla	Consecuencia
1	Nivelar el suelo con la hoja a una	A	No nivela el suelo	1	Hoja de trabajo desgastada	<p>Evidencia de fallo: Con este fallo se puede observar desgaste en la hoja de trabajo y nivelación irregular del suelo</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta</p>	No Operacional

	profundidad máx. 165 mm.					afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla. Tiempo de parada aproximada: 10 min Consecuencias operacionales: el modo de falla no presenta afectaciones al desempeño de la maquinaria. Que debe hacerse: Inspeccionar la hoja en busca de fisuras o desgaste, para rellenar con soldadura o cambiar la hoja. Costo del repuesto: Ninguno	
		B	Nivela el suelo a una profundidad mayor a 165 mm	1	Fallo en el movimiento de la hoja de trabajo	Evidencia de fallo: Cuando se opera la motoniveladora la hoja de trabajo no tiene un buen movimiento y no nivela correctamente el suelo Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla. Tiempo de parada aproximada: 10 min Consecuencias operacionales: el modo de falla no presenta afectaciones al desempeño de la maquinaria. Que debe hacerse: se localiza el depósito de aceite del círculo y de drena el aceite antiguo, se purga el sistema y se coloca el nuevo aceite del círculo, luego se revisa el nivel de aceite del círculo y se realiza pruebas de funcionamiento. Costo del repuesto: Ninguno	Operacional
2	Nivelar el suelo con la hoja a un ángulo de hasta 90°	A	No nivela las irregularidades del suelo	1	Desgaste del lubricante del círculo de giro	Evidencia de fallo: Con esta falla se puede evidenciar golpeteos o ruidos provenientes del círculo de giro así mismo movimiento irregulares o bruscos al momento de girar con dificultad en la rotación del cuerpo de la motoniveladora. Tiempo de parada aproximada: 30 min Consecuencias operacionales: El costo de inactividad del excavadora tiene un valor de 22.5 USD. Que debe hacerse: Estacionar y apagar la excavadora en una superficie plana, localizar los puntos de lubricación del círculo de giro, limpiar las impurezas y aplicar la cantidad especificada por el fabricante y realizar pruebas de funcionamiento Costo del repuesto: 26,12 USD	Operacional
		B	Nivela el suelo con un ángulo mayor a 90°	1	Sobre desplazamiento de la hoja de trabajo	Evidencia de fallo: Con esta falla se puede evidenciar movimiento excesivo, así como baja precisión en la hoja de trabajo y exceso de vibraciones durante la operación. Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta	Operacional

						afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla. Tiempo de parada aproximada: 30 min Consecuencias operacionales: no genera costos operacionales la inactividad de la maquinaria. Que debe hacerse: Se debe elevar la hoja de trabajo realizando una inspección visual del círculo sin carga del juego del círculo y la holgura entre los componentes del círculo. Costo del repuesto: Ninguno	
Sistema: Hidráulico							
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto de la falla	Consecuencia
1	Trasmitir presión al sistema hidráulico a 175kgf/cm ² para el movimiento de la herramienta de trabajo.	A	No transmite presión	1	Desgaste del aceite del sistema hidráulico	Evidencia de fallo: Esta falla se puede evidenciar por el operador al momento de maniobrar las herramientas de trabajo con un funcionamiento errático o disminución en su eficiencia Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla. Tiempo de parada aproximada: 1 hora Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora por una hora tiene un valor de 45 USD. Que debe hacerse: Localizar el depósito del aceite hidráulico y retirar el tapón del depósito, drenar el aceite desgastado luego se purga el sistema y agregamos el aceite nuevo, por último, verificamos el nivel del fluido y realizamos pruebas de funcionamiento. Costo del repuesto: 36,58 USD	Operacional
		B	Transmite una presión menor a 170 kgf/cm ² limitando en movimiento de la herramienta de trabajo	1	Obstrucción del filtro de aceite del sistema hidráulico	Evidencia de fallo: Con esta falla el sistema hidráulico disminuye la eficiencia y sobre calentamiento del sistema. Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla. Tiempo de parada aproximada: 30 min Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD. Que debe hacerse: Al momento de realizar el cambio del aceite del sistema hidráulico se debe localizar el filtro de aceite y reemplazarlo por uno nuevo Costo del repuesto: 48,44 USD	Operacional

Sistema: Dirección							
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto de la falla	Consecuencia
1	Controlar la dirección de la motoniveladora con un ángulo de giro de máx. 42°.	A	No controla la dirección	1	Desgaste del aceite diferencial	<p>Evidencia de fallo: Esta falla se puede detectar por olores fuertes, ruidos anormales y fugas de aceite provenientes del diferencial</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 30 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Apagar la motoniveladora, dejar que se establezca el sistema y localizar el tapón de drenaje del aceite diferencial y drenar el aceite, luego cambiar por un nuevo aceite, purgar el sistema y realizar pruebas de funcionamiento.</p> <p>Costo del repuesto: 104,10 USD</p>	Operacional
				2	Desgaste de la grasa del bearing	<p>Evidencia de fallo: Con esta falla se puede evidenciar ruidos extraños, golpeteos o vibraciones provenientes de las ruedas delanteras.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 30 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Se apaga la motoniveladora, se espera que se establezca el sistema y con un gato hidráulico se eleva el eje delantero, se retira llanta retirando los pernos o tuercas con una pistola de impacto neumática, se limpian y elimina la grasa antigua y residuos, luego se lubrica con un engrasador y asegurándose que el cojinete este bien lubricamos se procede</p> <p>Costo del repuesto: 13 USD</p>	Operacional
		B	Inestabilidad del volante de giro con un ángulo de dirección mayor a 42°.	1	Perdida de elementos de fijación de las llantas	<p>Evidencia de fallo: Con esta falla se aprecia un movimiento en las llantas anormales, así mismo desbalanceo de la motoniveladora.</p> <p>Amenaza a la seguridad o medio ambiente: no presenta afectaciones a la seguridad o medio ambiente al darse la falla.</p> <p>Tiempo de parada aproximada: 30 min</p> <p>Consecuencias operacionales: El costo de inactividad de la</p>	Operacional

						<p>motoniveladora tiene un valor de 22.5 USD.</p> <p>Que debe hacerse: Realizar una inspección visual de las ruedas de la motoniveladora y con una pistola de impacto neumática se procede a ajustar o completar las tuercas.</p> <p>Costo del repuesto: Ninguno</p>	
--	--	--	--	--	--	--	--

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Las hojas de información de la maquinaria critica se encuentra los anexos G, H, I y J.

3.8.2 Hoja de decisión.

A continuación, se detalla la hoja de decisión para a Motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

Tabla 3-15: Hoja de decisión para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

  																
HOJA DE DECISIÓN																
Área:			PA				Código:			PA-MQ-M7			Fecha:		17/6/2024	Hoja N: 1
Equipo:			Motoniveladora New Holland RG170.B				Sistema:			Motor de combustión			Facilitador:		Coronado Brian & Puma Erik	
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de:	Tareas Propuestas				Frecuencia Inicial	A realizarse por:
							S1	S2	S3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3		H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspección visual en el ajuste de las bandas del motor	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Calibración manual las válvulas del motor	2000 h	Mecánico de maquinaria	

Tabla 3-15 (continuación): Hoja de decisión para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de aceite del motor	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de filtro de aceite del motor	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de filtro de combustible del motor	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	4	S	N	N	S	S						Limpiar con aire comprimido el filtro de aire del motor	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	5	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de pre-filtro de combustible	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	6	S	N	N	S	N	S					Limpieza con aire comprimido del radiador	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	7	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado del tanque del refrigerante	500 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	8	S	N	N	S	S						Limpieza con aire comprimido, guaipe y solventes el respiradero del cárter	500 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	9	S	N	N	S	N	N	S				Cambio del cartucho de corrosión	1000 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	10	S	N	N	S	S						Inspección visual de fugas de combustible en el sistema	2000 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	11	S	N	N	S	S						Drenaje de agua y sedimentos del tanque de combustible	250 h	Mecánico de maquinaria	
Sistema Eléctrico																
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de:				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por:
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Comprobar niveles de electrolitos de la batería manualmente con un multímetro.	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar visualmente el alternador y motor de arranque	2000 h	Mecánico de maquinaria	

Tabla 3-15 (continuación): Hoja de decisión para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

Sistema de Frenos																
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de:				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por:
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	S			S						Probar manualmente el sistema de frenos	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	1	S	S			N	N	S				Cambio del líquido de freno	2000 h	Mecánico de maquinaria	
2	A	1	S	S			S						Inspección visual del freno de parqueo	2000 h	Mecánico de maquinaria	
Sistema: Transmisión de Potencia																
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de:				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por:
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Comprobar niveles de aceite del tándem	1000 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de aceite de la transmisión	1000 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de filtro de aceite de la transmisión	1000 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	3	S	N	N	S	S						Limpieza con aire comprimido y solventes la rejilla o filtro de malla de la transmisión	1000 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de aceite del tándem	2000 h	Mecánico de maquinaria	

Tabla 3-15 (continuación): Hoja de decisión para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

Sistema: Herramienta de trabajo																
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de:				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por:
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	N	S						Inspección visual de la hoja de trabajo	150 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	1	S	N	N	S	S						Comprobar el nivel del aceite del circulo	250 h	Mecánico de maquinaria	
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de lubricante del circulo	2000 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	1	S	N	N	S	S						Inspección visual del juego del circulo	500 h	Mecánico de maquinaria	
Sistema: Hidráulico																
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de:				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por:
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio del aceite del sistema hidráulico	2000 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico	2000 h	Mecánico de maquinaria	
Sistema: Dirección																
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de:				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por:
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio del aceite del diferencial	1000 h	Mecánico de maquinaria	
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar grasa en los bearing de las ruedas delanteras	500 h	Mecánico de maquinaria	
1	B	1	S	N	N	S	S						Inspección visual de los elementos de fijación de las llantas	250 h	Mecánico de maquinaria	

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

La información de las hojas de decisión para la maquinaria crítica se encuentra en los anexos G, H, I y J.

3.8.3 Plan de Mantenimiento.

Para realizar el plan de mantenimiento se debe tomar en cuenta los datos de las frecuencias y las fechas, dichos datos han sido tomados de las distintas ordenes de trabajo de cada maquinaria. A continuación, se detalla el proceso que se debe seguir para llenar de manera correcta el plan de mantenimiento.

3.8.3.1 UOPS de la flota vehicular

La tabla 3-16 detalla los UOPS de toda la flota vehicular grupo 2 para establecer correctamente las frecuencias en las que se realizaran las actividades de mantenimiento.

Tabla 3-16: UOPS de la flota vehicular grupo 2.

								
Código	Ultima fecha	Fecha anterior	Diferencias en semanas	Ultimo contador	Contador anterior	Diferencia de lectura	UOPS	Semana de inicio en el cronograma
PA-MQ-M7	4-abr-24	8-mar-24	4	12304	12226	78	20	6
PA-MQ-R6	23-abr-24	4-oct-23	29	10507	10398	109	4	9
PA-MQ-EX4	9-may-24	10-abr-24	4	4453	4395	58	14	12
PA-VP-VS14	1-abr-24	5-mar-24	4	439465	437965	1500	375	6
PA-VP-TQ6	25-may-24	5-mar-24	12	284705	280021	4684	400	13
PA-MQ-M8	15-may-24	8-abr-24	5	16170	16129	41	8	12
PA-MQ-M14	10-may-24	26-mar-24	7	4754	4633	121	18	11
PA-MQ-M15	27-may-24	21-mar-24	10	5150	4951	199	20	7
PA-MQ-M16	9-may-24	10-abr-24	4	4453	4395	58	14	11
PA-MQ-EX5	5-mar-24	6-feb-24	4	16772	16662	110	27	2
PA-MQ-EX8	6-may-24	22-feb-24	11	10521	10243	278	26	9

Tabla 3-16 (continuación): UOPS de la flota vehicular grupo 2.

PA-MQ-EX9	8-mar-24	5-feb-24	5	9241	9124	117	25	2
PA-MQ-EX10	17-abr-24	22-ene-24	12	8710	8428	282	23	9
PA-MQ-EX11	24-abr-24	2-feb-24	12	6885	6636	249	21	10
PA-MQ-EX12	24-abr-24	4-mar-24	7	3536	3362	174	23	10
PA-MQ-R9	15-may-24	21-mar-24	8	7600	7475	125	16	12
PA-MQ-R10	25-mar-24	29-ene-24	8	2371	2248	123	15	5
PA-VP-VS2	15-may-24	15-mar-24	9	372069	368848	3221	364	12
PA-VP-VS3	5-may-24	9-abr-24	4	425431	423748	1683	436	10
PA-VP-VS4	20-may-24	7-mar-24	11	470490	466340	4150	387	12
PA-VP-VS5	23-abr-24	22-mar-24	5	462248	460449	1799	382	10
PA-VP-VS6	17-abr-24	22-feb-24	8	419495	416123	3372	422	9
PA-VP-VS8	21-abr-24	30-ene-24	12	494292	487531	6761	570	9
PA-VP-VS11	29-abr-24	8-mar-24	8	506360	503820	2540	335	11
PA-VP-VS19	7-may-24	8-abr-24	4	386133	384518	1615	377	11
PA-VP-VS20	10-abr-24	20-feb-24	7	225166	222603	2563	352	8
PA-VP-VS23	28-may-24	26-feb-24	13	260796	252876	7920	596	12
PA-VP-VS24	20-may-24	5-mar-24	11	230820	225860	4960	451	13
PA-VP-VM27	23-may-24	20-mar-24	9	192966	187870	5096	549	13
PA-VP-VM28	20-may-24	10-abr-24	6	192071	188269	3802	649	11
PA-VP-VM30	2-may-24	11-mar-24	8	223938	218700	5238	692	10
PA-VP-VM33	2-may-24	27-mar-24	5	107475	104544	2931	555	10
PA-VP-VM34	20-may-24	8-abr-24	6	109854	105727	4127	672	13
PA-VP-VM35	27-may-24	21-mar-24	10	120103	114222	5881	605	14
PA-VP-TQ7	7-may-24	27-abr-24	2	79845	79479	366	233	11
PA-VP-TQ8	16-may-24	23-abr-24	3	65666	64242	1424	415	12
PA-MQ-C7	26-abr-24	15-ene-24	15	16640	16550	90	6	10
PA-MQ-C9	6-abr-24	17-ene-24	12	11300	10930	370	32	6
PA-VP-LL72	4-abr-24	10-ene-24	12	17287	16897	390	32	7
PA-VP-LL73	2-may-24	11-mar-24	8	62520	59830	2690	355	10

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

3.8.3.2 Cálculo del UOPS de la Motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

Para el cálculo del UOPS se toma en cuenta información recabada de las ordenes de trabajo del equipo de esta manera tenemos la información necesaria para realizar el siguiente procedimiento:

Datos:

N.	Fechas	Lectura
1	08 de marzo del 2024	12226 horas
2	04 de abril del 2024	12304 horas

$$UOPS = \frac{L_2 - L_1}{F_2 - F_1} \left[\frac{\text{horas}}{\text{semanas}} \right]$$

$$UOPS = \frac{12304 - 12226}{08/03/2024 - 04/04/2024} \left[\frac{\text{horas}}{\text{semanas}} \right]$$

$$UOPS = \frac{78}{4} \left[\frac{\text{horas}}{\text{semanas}} \right]$$

$$UOPS = 19.5 \approx 20 \left[\frac{\text{horas}}{\text{Semanas}} \right]$$

3.8.3.3 Cálculo de la frecuencia para la Motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

Para el cálculo de la frecuencia por semanas se toma en cuenta cada que tiempo se realiza una tarea, para esta muestra se realizara el cambio de aceite del motor que dentro del GADPCH lo realizan cada 250 h, por lo tanto, el cálculo se realizara de la siguiente manera:

Datos:

- Frecuencia de la tarea: 250 horas
- UOPS: 20 horas/semanas

$$Frec. Semana = \frac{Frecuencia}{UOPS} \left[\frac{horas}{\left(\frac{horas}{semanas} \right)} \right]$$

$$Frec. Semana = \frac{250}{20} \left[\frac{horas}{\left(\frac{horas}{semanas} \right)} \right]$$

$$Frec. Semana = 12.5 \approx 13 [semanas]$$

3.8.3.4 Desarrollo del plan de mantenimiento

Para elaborar el plan de mantenimiento se contó con toda la información necesaria para la elaboración de un cronograma como:

- las frecuencias de tareas
- fechas de las tareas
- inventario
- análisis de criticidad
- tareas de mantenimiento
- recursos y personal de mantenimiento.

De esta manera se logra integrar dicha información en la planificación del mantenimiento. Como resultado del plan de mantenimiento se logró la elaboración de una planificación de tareas con su respectiva frecuencia para cada equipo de la flota vehicular para un año, las mismas que deben ser realizadas por los técnicos de mantenimiento encargados.

El plan de mantenimiento se realizó para los 40 vehículos pertenecientes a la flota vehicular del grupo 2 de GADPCH. A continuación, se detalla el plan de mantenimiento para la Motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7) en la tabla 3-16 donde se encuentra la información más relevante para el desarrollo del cronograma de mantenimiento para un año calendario como se visualiza en la tabla 3-17.

Tabla 3-17: Información del plan de mantenimiento.

  							
PLAN DE MANTENIMIENTO							
Act.	Código	Tarea de mantenimiento	Frec. (Horas)	Ultima fecha	Ultimo contador	UOPS (h/s)	Frec. Sem.
A	PA-MQ-M7-MC01	Inspeccionar el ajuste de las bandas del motor	250	4-abr-24	12304	20	13
B	PA-MQ-M7-MC01	Calibrar las válvulas del motor	2000	4-abr-24	12304	20	104
C	PA-MQ-M7-MC01	Cambiar aceite del motor	250	4-abr-24	12304	20	13
D	PA-MQ-M7-MC01	Cambiar filtro de aceite del motor	250	4-abr-24	12304	20	13
E	PA-MQ-M7-MC01	Cambiar filtro de combustible del motor	250	4-abr-24	12304	20	13
F	PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el filtro de aire del motor	250	4-abr-24	12304	20	13
G	PA-MQ-M7-MC01	Cambiar el pre-filtro de combustible	250	4-abr-24	12304	20	13
H	PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el radiador	250	4-abr-24	12304	20	13
I	PA-MQ-M7-MC01	Inspeccionar el estado del tanque del refrigerante	500	4-abr-24	12304	20	26
J	PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el respiradero del cárter	500	4-abr-24	12304	20	26
K	PA-MQ-M7-MC01	Cambio del cartucho de corrosión	1000	4-abr-24	12304	20	52
L	PA-MQ-M7-MC01	Inspección visual de fugas de combustible en el sistema	2000	4-abr-24	12304	20	104
M	PA-MQ-M7-MC01	Drenaje de agua y sedimentos del tanque de combustible	250	4-abr-24	12304	20	13
N	PA-MQ-M7-SE01	Comprobar niveles de electrolito de las baterías	250	4-abr-24	12304	20	13
Ñ	PA-MQ-M7-SE01	Inspeccionar el alternador y motor de arranque	2000	4-abr-24	12304	20	104
O	PA-MQ-M7-FR01	Probar el sistema de freno	250	4-abr-24	12304	20	13
P	PA-MQ-M7-FR01	Cambio del líquido de frenos	500	4-abr-24	12304	20	26
Q	PA-MQ-M7-FR01	Inspección visual del freno de parqueo	2000	4-abr-24	12304	20	104

Tabla 3-17 (continuación): Información del plan de mantenimiento.

R	PA-MQ-M7-TP01	Comprobar nivel de aceite del tándem	1000	4-abr-24	12304	20	52
S	PA-MQ-M7-TP01	Cambiar aceite de la transmisión	1000	4-abr-24	12304	20	52
T	PA-MQ-M7-TP01	Cambiar filtro de aceite de la transmisión	1000	4-abr-24	12304	20	52
U	PA-MQ-M7-TP01	Limpia la rejilla o filtro de malla de la transmisión	1000	4-abr-24	12304	20	52
V	PA-MQ-M7-TP01	Cambiar aceite del tándem	2000	4-abr-24	12304	20	104
W	PA-MQ-M7-HT01	Comprobar el nivel de aceite del círculo	250	4-abr-24	12304	20	13
X	PA-MQ-M7-HT01	Inspeccionar la hoja de trabajo	250	4-abr-24	12304	20	13
Y	PA-MQ-M7-HT01	Cambiar el lubricante del engranaje del círculo	2000	4-abr-24	12304	20	104
Z	PA-MQ-M7-HT01	Inspeccionar el juego del círculo	500	4-abr-24	12304	20	26
AA	PA-MQ-M7-SH01	Cambiar aceite del sistema hidráulico	2000	4-abr-24	12304	20	104
AB	PA-MQ-M7-SH01	Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico	2000	4-abr-24	12304	20	104
AC	PA-MQ-M7-DR01	Cambiar aceite del diferencial	1000	4-abr-24	12304	20	52
AD	PA-MQ-M7-DR01	Cambiar grasa en los bearing de las ruedas delanteras	500	4-abr-24	12304	20	26
AE	PA-MQ-M7-DR01	Inspección visual de los elementos de fijación de las llantas	250	4-abr-24	12304	20	13

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Se adecuo las frecuencias correctamente para que se realicen varias actividades de mantenimiento en una sola parada de la maquinaria ya que no es factible parar constantemente la maquinaria para realizar una actividad de mantenimiento.

La planificación de las tareas para la maquinaria crítica se puede encontrar en los anexos: K, M, O y Q.

3.8.4 Rutina de mantenimiento

Tabla 3-19: Rutina de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

RUTINA DE MANTENIMIENTO	INTERVALO DE MANTENIMIENTO							
	250 H	500 H	750 H	1000 H	1250 H	1500 H	1750 H	2000 H
Cambio de aceites:								
Cambiar aceite del motor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cambiar aceite de la transmisión	/	/	/	✓	/	/	/	✓
Cambiar aceite del tándem	/	/	/	/	/	/	/	✓
Cambiar aceite del sistema hidráulico	/	/	/	/	/	/	/	✓
Cambiar aceite del diferencial	/	/	/	✓	/	/	/	✓
Cambio del líquido de frenos	/	✓	/	✓	/	✓	/	✓
Reemplazo de filtros:								
Cambiar filtro de aceite del motor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cambiar filtro de combustible del motor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cambiar el pre-filtro de combustible	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cambiar filtro de aceite de la transmisión	/	/	/	✓	/	/	/	✓
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico	/	/	/	/	/	/	/	✓

Tabla 3-19 (continuación): Rutina de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

Inspecciones:								
Inspeccionar el ajuste de las bandas del motor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Inspeccionar el estado del tanque del refrigerante	/	✓	/	✓	/	✓	/	✓
Inspección de fugas de combustible en el sistema	/	/	/	/	/	/	/	✓
Inspeccionar el alternador y motor de arranque	/	/	/	/	/	/	/	✓
Inspección del freno de parqueo	/	/	/	/	/	/	/	✓
Inspeccionar la hoja de trabajo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Inspeccionar el juego del círculo	/	✓	/	✓	/	✓	/	✓
Inspección de los elementos de fijación de las llantas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lubricación:								
Cambiar el lubricante del engranaje del círculo	/	/	/	/	/	/	/	✓
Cambiar grasa en los bearing de las ruedas delanteras	/	✓	/	✓	/	✓	/	✓
Pruebas:								
Probar el sistema de freno	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Varios								
Calibrar las válvulas del motor	/	/	/	/	/	/	/	✓
Limpiar el filtro de aire del motor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Limpiar el radiador	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 3-19 (continuación): Rutina de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

Limpiar el respiradero del Carter	/	✓	/	✓	/	✓	/	✓
Cambio del cartucho de corrosión	/	/	/	✓	/	/	/	✓
Drenaje de agua y sedimentos del tanque de combustible	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Comprobar niveles de electrolito de las baterías	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Comprobar nivel de aceite del tándem	/	/	/	✓	/	/	/	✓
Limpiar la rejilla o filtro de malla de la transmisión	/	/	/	✓	/	/	/	✓
Comprobar el nivel de aceite del circulo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

3.8.5 Logística de mantenimiento

Para la elaboración de la logística se determina los recursos necesarios para realizar cada tarea, incluyendo materiales, repuestos, herramientas, así como también el técnico responsable de ejecutar dicha tarea. Al determinar cada recurso que se va a incluir se elaboró un formato para llevar el registro de la actividad, dicho formato se puede encontrar en los resultados del capítulo IV, en el cual se detalla cada logística a seguir para cada maquinaria crítica y tarea respectivamente.

Una vez elaborado el plan de mantenimiento, se determina los recursos logísticos necesarios para cada tarea, incluyendo materiales y repuestos, así como también el técnico responsable de ejecutar dicha tarea. A continuación, se detalla la logística establecida para la Motoniveladora New Holland (PA-MQ-M7).

Tabla 3-20: Logística de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO	Área: PA	Código: PA-MQ-M7	Fecha: 17/6/2024	  		
	Equipo: Motoniveladora New Holland RG170.B	Realizado por: Coronado Brian & Puma Erik	Materiales y Repuestos		Equipos y Herramientas	Mano de obra
Sistema:	Descripción de tarea	Frecuencia	Descripción	Cantidad	Descripción	Descripción
Motor de Combustión	Inspeccionar el ajuste de las bandas del motor	250 h	N/A	N/A	Llaves dinámicas, EPP	Mecánico de maquinaria
	Ajustar las válvulas del motor	2000 h	N/A	N/A	Llave dinámica, calibrador de válvulas, EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambiar aceite del motor	250 h	Aceite de motor 15w40	8 gal	Ratchet, dados, extensión ratchet, embudo, recipiente de aceite usado, guaipe, EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambiar filtro de aceite del motor	250 h	Filtro de aceite de motor 6742-01-4540	1 UND	Llave de filtro, EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambiar filtro de combustible del motor	250 h	Filtro de combustible 6754-71-6130	1 UND	Llave de filtro, EPP	Mecánico de maquinaria
	Limpiar el filtro de aire del motor	250 h	N/A	N/A	Compresos de aire, EPP	Mecánico de maquinaria

Tabla 3-20 (continuación): Logística de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

	Cambiar el pre-filtro de combustible	250 h	Filtro primario 600-311-3600 y secundario 600-311-3700	2 UND	Llaves de filtro, EPP	Mecánico de maquinaria
	Limpiar el radiador	250 h	N/A	N/A	Compresos de aire, EPP	Mecánico de maquinaria
	Inspeccionar del tanque de refrigerante	500 h	Refrigerante	2 lt	EPP	Mecánico de maquinaria
	Limpiar el respiradero del cárter	500 h	N/A	N/A	Compresor de aire, Guaípe, EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambio del cartucho de corrosión	1000 h	Cartucho de corrosión	1 UND	Destornillador plano, llave de filtro, EPP	Mecánico de maquinaria
	Inspección visual de fugas de combustible en el sistema	2000 h	N/A	N/A	EPP	Mecánico de maquinaria
	Drenaje de agua y sedimentos del tanque de combustible	150 h	N/A	N/A	Destornillador plano, recipiente para líquidos, EPP	Mecánico de maquinaria
Sistema eléctrico	Comprobar niveles de electrolito de las baterías	250 h	N/A	N/A	Destornillador plano, EPP	Mecánico de maquinaria
	Chequear alternador y motor de arranque	2000 h	N/A	N/A	Multímetro, EPP	Mecánico de maquinaria

Tabla 3-20 (continuación): Logística de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

Sistema de frenos	Probar el sistema de freno	250 h	N/A	N/A	EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambio del líquido de frenos	500 h	Líquido de frenos	2 lt	Llave de purga, recipiente de líquido usado, guaípe, EPP	Mecánico de maquinaria
	Chequeo freno de parqueo	2000 h	N/A	N/A	EPP	Mecánico de maquinaria
Trasmisión de potencia	Comprobar nivel de aceite del tandem	1000 h	N/A	N/A	EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambiar aceite de la transmisión	1000 h	Aceite de transmisión SAE10	12 gal	Ratchet, dados, extensión ratchet, embudo, recipiente de aceite usado, guaípe, EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambiar filtro de aceite de la transmisión	2000 h	Filtro de aceite de transmisión 714-07-28711	1 UND	Llave de filtro, EPP	Mecánico de maquinaria
	Limpiar la rejilla o filtro de malla de la transmisión	1000 h	N/A	N/A	Compresor de aire, guaípe, EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambiar aceite del tandem	2000 h	Aceite de tandem SAE 30	22 gal	Ratchet, dados, extensión ratchet, embudo, recipiente de aceite usado, guaípe, EPP	Mecánico de maquinaria
Herramienta de trabajo	Comprobar el nivel de aceite del circulo	250 h	N/A	N/A	EPP	Mecánico de maquinaria
	Inspeccionar la hoja de trabajo	150 h	N/A	N/A	EPP	Mecánico de maquinaria

Tabla 3-20 (continuación): Logística de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

	Cambiar aceite del engranaje del circulo	2000 h	Aceite de engrase GO80/SAE80	1.5 gal	Ratchet, dados, extensión ratchet, embudo, recipiente de aceite usado, guaípe, EPP	Mecánico de maquinaria
	Inspeccionar el juego del circulo	500 h	N/A	N/A	EPP	Mecánico de maquinaria
Sistema hidráulico	Cambiar aceite del hidráulico	2000 h	Aceite hidráulico TO10/SAE10	12 gal	Ratchet, dados, extensión ratchet, embudo, recipiente de aceite usado, guaípe, EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambiar filtro de aceite del hidráulico	2000 h	Filtro de aceite hidráulico 07063-51100	1 UND	Llave de filtro, EPP	Mecánico de maquinaria
Dirección	Cambiar aceite del diferencial	1000 h	Aceite hidráulico TO30/SAE30	4 gal	Ratchet, dados, extensión ratchet, embudo, recipiente de aceite usado, guaípe, EPP	Mecánico de maquinaria
	Cambiar grasa en los bearing de las ruedas delanteras	1000 h	Grasa NLGI grado 2	500 gr	Pistola de engrase, EPP	Mecánico de maquinaria
	Chequear las llantas por pérdidas de tuercas o pernos	250 h	N/A	N/A	Pistola de impacto neumática	Mecánico de maquinaria

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

La logística de la maquinaria crítica se encuentra en los anexos: L, N, P y R.

3.9 Análisis de costos de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

La tabla 3-21 detalla el costo anual de repuestos y materiales de igual manera el tiempo de inactividad mientras se realiza las actividades de mantenimiento y el tiempo de horas hombre que se emplean en el desarrollo de las actividades de mantenimiento de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

Tabla 3-21: Costo anual de repuestos de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

  							
COSTOS DE REPUESTOS PA-MQ-M7							
Código	Tarea de mantenimiento	Descripción del repuesto	No. de veces al año	Cantidad	Unidad	Costo repuesto (USD)	Total de repuestos anual (USD)
PA-MQ-M7-MC01	Inspeccionar el ajuste de las bandas del motor		4				
PA-MQ-M7-MC01	Calibrar las válvulas del motor		1				
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar aceite del motor	Aceite de motor 15w40	4	8	gal	208	832
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar filtro de aceite del motor	Filtro de aceite de motor: 6742-01-4540	4	1	UND	48	194
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar filtro de combustible del motor	Filtro de combustible 6754-71-6130	4	1	UND	58	233
PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el filtro de aire del motor		4				
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar el pre-filtro de combustible	Filtro 600-311-3600	4	2	UND	27	107

Tabla 3-21 (continuación): Costo anual de repuestos de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el radiador		4				
PA-MQ-M7-MC01	Inspeccionar el estado del tanque del refrigerante	Refrigerante	2	2	lt	8	16
PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el respiradero del cárter		2				
PA-MQ-M7-MC01	Cambio del cartucho de corrosión	Cartucho de corrosión	1	1	UND	18	18
PA-MQ-M7-MC01	Inspección de fugas de combustible en el sistema		1				
PA-MQ-M7-MC01	Drenaje de agua y sedimentos del tanque de combustible		4				
PA-MQ-M7-SE01	Comprobar niveles de electrolito de las baterías		4				
PA-MQ-M7-SE01	Inspeccionar el alternador y motor de arranque		1				
PA-MQ-M7-FR01	Probar el sistema de freno		4				
PA-MQ-M7-FR01	Cambio del líquido de frenos	Líquido de frenos	2	2	lt	20	40
PA-MQ-M7-FR01	Inspección del freno de parqueo		1				
PA-MQ-M7-TP01	Comprobar nivel de aceite del tándem		1				
PA-MQ-M7-TP01	Cambiar aceite de la transmisión	Aceite de transmisión SAE10	1	12	gal	81	81
PA-MQ-M7-TP01	Cambiar filtro de aceite de la transmisión	Filtro de aceite de transmisión 714-07-28711	1	1	UND	41	41
PA-MQ-M7-TP01	Limpiar la rejilla o filtro de malla de la transmisión		1				

Tabla 3-21 (continuación): Costo anual de repuestos de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

PA-MQ-M7-TP01	Cambiar aceite del tándem	Aceite de tándem SAE 30	1	22	gal	440	440
PA-MQ-M7-HT01	Comprobar el nivel de aceite del circulo		4				
PA-MQ-M7-HT01	Inspeccionar la hoja de trabajo		4				
PA-MQ-M7-HT01	Cambiar el lubricante del engranaje del circulo	Aceite de engrase GO80/SAE80	1	1,5	gal	30	30
PA-MQ-M7-HT01	Inspeccionar el juego del circulo		2				
PA-MQ-M7-SH01	Cambiar aceite del sistema hidráulico	Aceite hidráulico TO10/SAE10	1	12	gal	204	204
PA-MQ-M7-SH01	Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico	Filtro de aceite hidráulico 07063-51100	1	1	UND	48	48
PA-MQ-M7-DR01	Cambiar aceite del diferencial	Aceite del diferencial TO30/SAE30	1	4	gal	80	80
PA-MQ-M7-DR01	Cambiar grasa en los bearing de las ruedas delanteras	Grasa NLGI grado 2	2	2	lb	8	16
PA-MQ-M7-DR01	Inspección de los elementos de fijación de las llantas		4				
COSTOS TOTAL ANUAL DE REPUESTOS							\$ 2.380,80

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

El valor de los costos establecidos en la tabla 3-21 son valores referenciales al mercado, ya que no se contó con los costos exactos para detallar de manera más precisa.

El costo anual de repuestos para la flota vehicular grupo 2 se encuentra en el Anexo Y.

Tabla 3-22: Tiempo de inactividad anual de la motoniveladora

  					
TIEMPO DE INACTIVIDAD PA-MQ-M7					
Código	Tarea de mantenimiento	Tiempo de inactividad (min)	No. de veces al año	Tiempo de inactividad anual (min)	Tiempo de inactividad anual (horas)
PA-MQ-M7-MC01	Inspeccionar el ajuste de las bandas del motor	10	4		
PA-MQ-M7-MC01	Calibrar las válvulas del motor	60	1	60	1,00
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar aceite del motor	60	4	240	4,00
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar filtro de aceite del motor	30	4	120	2,00
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar filtro de combustible del motor	60	4	240	4,00
PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el filtro de aire del motor	20	4	80	1,33
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar el pre-filtro de combustible	60	4	240	4,00
PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el radiador		4		
PA-MQ-M7-MC01	Inspeccionar el estado del tanque del refrigerante		2		
PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el respiradero del cárter	20	2	40	0,67
PA-MQ-M7-MC01	Cambio del cartucho de corrosión	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-MC01	Inspección de fugas de combustible en el sistema	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-MC01	Drenaje de agua y sedimentos del tanque de combustible	30	4	120	2,00
PA-MQ-M7-SE01	Comprobar niveles de electrolito de las baterías	30	4	120	2,00
PA-MQ-M7-SE01	Inspeccionar el alternador y motor de arranque	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-FR01	Probar el sistema de freno	30	4	120	2,00
PA-MQ-M7-FR01	Cambio del líquido de frenos	60	2	120	2,00
PA-MQ-M7-FR01	Inspección del freno de parqueo	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-TP01	Comprobar nivel de aceite del tándem		1		
PA-MQ-M7-TP01	Cambiar aceite de la transmisión	60	1	60	1,00
PA-MQ-M7-TP01	Cambiar filtro de aceite de la transmisión	20	1	20	0,33

PA-MQ-M7-TP01	Limpiar la rejilla o filtro de malla de la transmisión	10	1	10	0,17
PA-MQ-M7-TP01	Cambiar aceite del tándem	60	1	60	1,00
PA-MQ-M7-HT01	Comprobar el nivel de aceite del círculo		4		
PA-MQ-M7-HT01	Inspeccionar la hoja de trabajo		4		
PA-MQ-M7-HT01	Cambiar el lubricante del engranaje del círculo	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-HT01	Inspeccionar el juego del círculo		2		
PA-MQ-M7-SH01	Cambiar aceite del sistema hidráulico	60	1	60	1,00
PA-MQ-M7-SH01	Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-DR01	Cambiar aceite del diferencial	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-DR01	Cambiar grasa en los bearing de las ruedas delanteras	30	2	60	1,00
PA-MQ-M7-DR01	Inspección de los elementos de fijación de las llantas	30	4	120	2,00
TIEMPO TOTAL ANUAL DE INACTIVIDAD					35

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

El tiempo de inactividad para la flota vehicular grupo 2 se encuentra en el Anexo Y.

Tabla 3-23: Tiempo de horas/hombre para la motoniveladora.

  					
TIEMPO DE HORAS/HOMBRE PA-MQ-M7					
Código	Tarea de mantenimiento	Tiempo de h/h (min)	No. de veces al año	Tiempo de h/h anual (min)	Tiempo de h/h anual (horas)
PA-MQ-M7-MC01	Inspeccionar el ajuste de las bandas del motor	10	4	40	0,67
PA-MQ-M7-MC01	Calibrar las válvulas del motor	60	1	60	1,00
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar aceite del motor	60	4	240	4,00
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar filtro de aceite del motor	30	4	120	2,00
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar filtro de combustible del motor	60	4	240	4,00
PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el filtro de aire del motor	20	4	80	1,33
PA-MQ-M7-MC01	Cambiar el pre-filtro de combustible	60	4	240	4,00
PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el radiador	10	4	40	0,67

PA-MQ-M7-MC01	Inspeccionar el estado del tanque del refrigerante	10	2	20	0,33
PA-MQ-M7-MC01	Limpiar el respiradero del cárter	20	2	40	0,67
PA-MQ-M7-MC01	Cambio del cartucho de corrosión	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-MC01	Inspección de fugas de combustible en el sistema	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-MC01	Drenaje de agua y sedimentos del tanque de combustible	30	4	120	2,00
PA-MQ-M7-SE01	Comprobar niveles de electrolito de las baterías	30	4	120	2,00
PA-MQ-M7-SE01	Inspeccionar el alternador y motor de arranque	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-FR01	Probar el sistema de freno	30	4	120	2,00
PA-MQ-M7-FR01	Cambio del líquido de frenos	60	2	120	2,00
PA-MQ-M7-FR01	Inspección del freno de parqueo	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-TP01	Comprobar nivel de aceite del tándem	10	1	10	0,17
PA-MQ-M7-TP01	Cambiar aceite de la transmisión	60	1	60	1,00
PA-MQ-M7-TP01	Cambiar filtro de aceite de la transmisión	20	1	20	0,33
PA-MQ-M7-TP01	Limpiar la rejilla o filtro de malla de la transmisión	10	1	10	0,17
PA-MQ-M7-TP01	Cambiar aceite del tándem	60	1	60	1,00
PA-MQ-M7-HT01	Comprobar el nivel de aceite del circulo	10	4	40	0,67
PA-MQ-M7-HT01	Inspeccionar la hoja de trabajo	10	4	40	0,67
PA-MQ-M7-HT01	Cambiar el lubricante del engranaje del circulo	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-HT01	Inspeccionar el juego del circulo	30	2	60	1,00
PA-MQ-M7-SH01	Cambiar aceite del sistema hidráulico	60	1	60	1,00
PA-MQ-M7-SH01	Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-DR01	Cambiar aceite del diferencial	30	1	30	0,50
PA-MQ-M7-DR01	Cambiar grasa en los bearing de las ruedas delanteras	30	2	60	1,00
PA-MQ-M7-DR01	Inspección de los elementos de fijación de las llantas	30	4	120	2,00
TIEMPO TOTAL ANUAL DE H/H					39

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

El tiempo de horas/hombre para la flota vehicular grupo 2 se encuentra en el Anexo Y.

3.10 Resultado económico para el RCM

Tabla 3-24: Análisis económico de una tarea de mantenimiento de la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B (PA-MQ-M7).

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TAREAS RCM			
TAREA: RE-ENGRASE DE LOS BEARING EJE DELANTERO			
COSTO DE UNA TAREA BASADA EN LA CONDICIÓN		COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO O TRABAJO AL FALLO.	
COSTO TOTAL CBM ANUAL:	USD. 76,75	COSTO TOTAL CBM ANUAL:	USD. 167,60
Costo total tarea CBM anual:	USD. 50	Costo total tarea CBM anual:	USD. 0
Frecuencia de inspección:	2 al año	Frecuencia de Inspección:	0 al año
Costos de una inspección:	USD. 25	Costos de una Inspección:	USD. 0
Costo de reparación:	USD. 15,50	Costo de reparación:	USD. 100,10
Repuestos:	USD. 13	Repuestos:	USD. 87,60
Costos de mano de obra:	USD. 2,50	Costos de mano de obra:	USD. 12,50
Costos de operación:	USD. 11,25	Costos de operación:	USD. 67,50
Duración de la parada:	10 min	Duración de la parada:	30 min
Duración real de la parada	15 min	Duración real de la parada	1:30 min
Costo por hora de no producir:	USD 45	Costo por hora de no producir:	USD 45

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

En la tabla 3-24 se identifica que para un bearing del eje delantero es significativamente más rentable realizar una tarea basada en la condición de re - engrase que realizar un mantenimiento correctivo o hasta el fallo. Ya que la tarea basada en la condición se utiliza una grasa a base de litio NGL2 con un precio promedio de 5 USD por libra, realizando un costo menos e incremento de la vida útil del rodamiento, en cambio realizar mantenimiento correctivo comprende el cambio del bearing de cada eje delantero y comprendido un valor promedio de 43,80 USD de este. Por lo tanto, realizar una tarea preventiva genera costos más económicos y disminución de la parada de la maquinaria.

3.11 Capacitación.

3.11.1 Modalidad de la capacitación.

La capacitación se desarrolló de forma presencial utilizando una presentación en PowerPoint, al personal involucrado en la gestión y ejecución del mantenimiento en el GADPCH para dar a conocer los beneficios del RCM y la implementación de un plan de mantenimiento con la finalidad de mejorar y actualizar el proceso de mantenimiento de la flota vehicular grupo 2.

3.11.2 Temario de la capacitación

Los temas detallados en los capítulos anteriores son relevantes para entender el estudio realizado en los talleres del GADPCH, los mismos que se detallan a continuación:

- Evaluación a la gestión del mantenimiento
- Inventario y codificación del inventario técnico de la flota vehicular grupo 2.
- Análisis de criticidad según la metodología MCR.
- Cálculo de criticidad y categorización para la flota vehicular.
- Contexto Operacional
- Aplicación del RCM (hoja de información, hoja de decisión, plan de mantenimiento, logística de mantenimiento)

Los temas impartidos en la capacitación son relevantes para el entendimiento de la metodología del RCM realizada y de esta manera comparte el conocimiento adquirido.



Ilustración 3-3: Capacitación al personal de mantenimiento.

En el desarrollo de la capacitación el personal fue empapándose del trabajo de integración curricular realizado, el mismo que cuenta con información veraz, el cual puede ser muy útil para un posterior análisis e implementación de este.



Ilustración 3-4: Capacitación al personal de mantenimiento.

La capacitación se desarrolló para todo el personal de mantenimiento, incluyendo a los directores del área de mantenimiento y a todo el personal de mantenimiento inmerso en las labores de las tareas diarias.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos de la evaluación EEM

Para realizar la tabulación de los datos de las encuestas realizadas al personal de mantenimiento se usó el software Microsoft Excel. De esta manera se puede evidenciar en la ilustración 4.1 los resultados obtenidos en cada área evaluada, así como también la suma total y el promedio de cada una. El resultado de la categorización a la gestión del mantenimiento también se evidencia en la tabla de resultados.

Tabla de resultados de la evaluación		Puntaje total por áreas de cada encuesta								Total de las puntuaciones por área	Límite de referencia	Promedio de puntuación	Puntaje máximo
		1	2	3	4	5	6	7	8				
Áreas	Recursos Gerenciales	37	44	45	48	46	46	46	47	359	41	44,9	60
	Gerencia de la Información	32	47	44	45	44	34	42	44	332	41	41,5	60
	Equipos y técnicas de mantenimiento	31	41	45	46	39	44	46	36	328	41	41,0	60
	Planificación	20	35	32	39	38	38	37	20	259	41	32,4	60
	Soporte, calidad y motivación	32	56	48	43	30	30	48	30	317	41	39,6	60
Suma Total =										1595	Porcentaje	66,46	
Resultado										199			
Categoría actual de la gestión de mantenimiento según el rango de estimación				NIVEL ACEPTABLE DE MANTENIMIENTO									

Ilustración 4-1: Matriz de resultados de la evaluación.

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Para el respectivo cálculo se determinó un rango de estimación de acuerdo con el número de preguntas evaluadas y de la misma manera se debe fijar el límite de referencia por cada área.

$$\text{Límite de referencia} = \frac{\text{Límite de referencia de la gestión}}{\text{Número de áreas evaluadas}}$$

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

$$\text{Límite de referencia} = 41$$

Mediante la metodología EEM aplicada en la evaluación de gestión del mantenimiento al personal de talleres se obtuvo un puntaje de 199 (66,46%), lo que indica que el GADPCH tiene defectos

leves en varias áreas. La ilustración 4-2 muestra una visión más entendible gráficamente de los valores obtenidos en la evaluación.

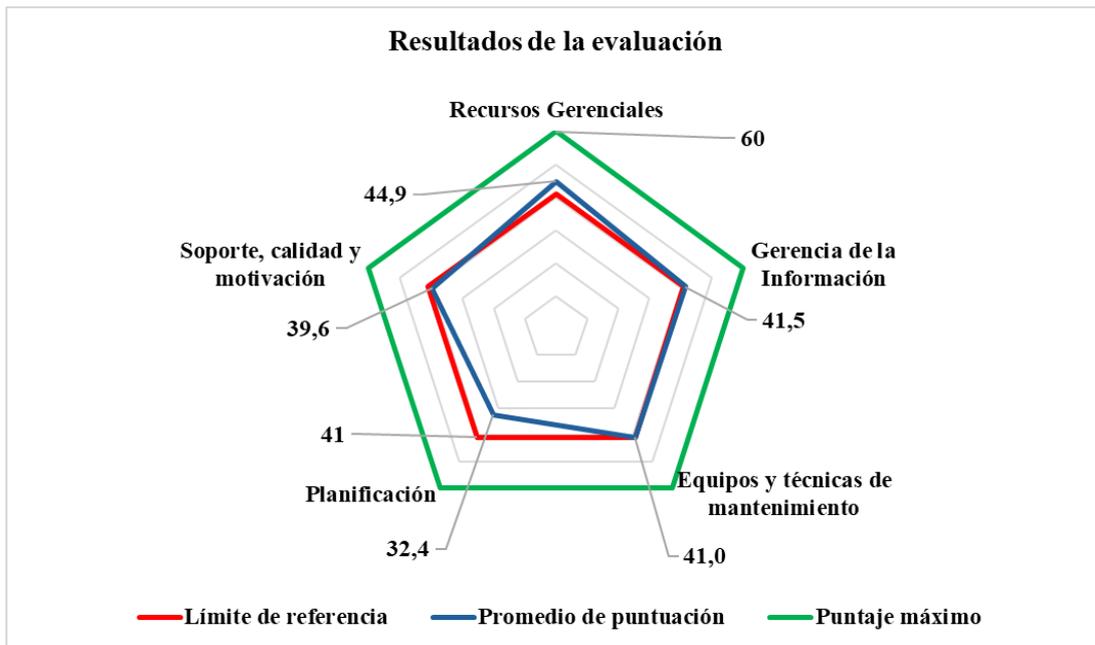


Ilustración 4-2: Interpretación de resultados de la evaluación.

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Se puede evidenciar las puntuaciones obtenidas en cada área evaluada, así como también el límite de referencia. Se evidencia que todas las áreas tienen una puntuación inferior al límite de referencia. El área de planificación con un promedio de puntuación de 32,4 unidades siendo el área más crítica, por tanto todas las áreas cuentan con una oportunidad de mejora, con este antedicho se plantea opciones para tratar de conseguir la categoría de buenas prácticas de mantenimiento que supera el 70 % de la calificación.

Para lograr esta mejora en el área de planificación se realizó un análisis dentro del área respectiva, la misma que cuenta con 12 preguntas las que se representan en la tabla 4-1. Analizando cada respuesta obtenida del personal evaluado se puede evidenciar las preguntas con mayor posibilidad de mejora las mismas que tienen el menor puntaje en la evaluación.

Al establecer una propuesta de mejora se espera que en una próxima evaluación estas tengan una mejor puntuación para de esta manera mejorar el puntaje total del área analizada, la misma que afectara de manera positiva al resultado final de la evaluación.

Se detalla brevemente el área de planificación y su puntuación obtenida.

Tabla 4-1: Resultados del área de planificación.

Ítems	Requisito	Personal encuestado								Total	Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8		
A	¿Es asignado el personal a las actividades de mantenimiento según sus conocimientos y habilidades?	3	5	4	5	5	5	5	3	35	4,38
B	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH desarrolla los procedimientos a seguir para la ejecución de las actividades de mantenimiento?	1	4	5	5	3	3	5	1	27	3,38
C	¿Son prioridades las tareas de mantenimiento correctivo?	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1,00
D	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH utiliza las ordenes de trabajo para las actividades correctivas?	4	4	5	5	5	5	5	4	37	4,63
E	¿Se da seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo?	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1,00
F	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH asigna y controla las horas asignadas para las actividades de mantenimiento?	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1,00
G	¿Existe un cronograma de actividades de mantenimiento planificadas? 1(no), 5(sí)	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1,00
H	¿El departamento utiliza planificadores para preparar el alcance de mantenimientos mayores (“shutdowns, overhauls”)?	1	4	1	4	5	5	4	1	25	3,13
I	¿Los talleres del GADPCH planifica con contratistas calificados para realizar labores de mantenimiento?	4	5	5	5	5	5	4	4	37	4,63
J	¿Los talleres del GADPCH participa en la designación de actividades y la estimación de los tiempos de ejecución de los contratistas?	1	4	5	5	5	5	4	1	30	3,75
K	¿Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y viabilidad) que tiene el sistema sobre el cual se va a ejecutar la planificación del mantenimiento?	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1,00
L	¿Se define el cambio crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos de manera planificada?	1	4	2	5	5	5	5	1	28	3,50

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Se estableció un límite máximo de referencia siendo este valor 5, de la misma manera mediante una regla de tres se estableció el límite mínimo dando como resultado $2,70 \approx 3$. La tabla 4-1

indica de manera más clara todos los promedios obtenidos de las doce preguntas. De esta manera se visualiza las preguntas que están por debajo del límite de referencia. En la ilustración 4-3 se evidencia de manera gráfica y más clara los valores obtenidos en la evaluación.

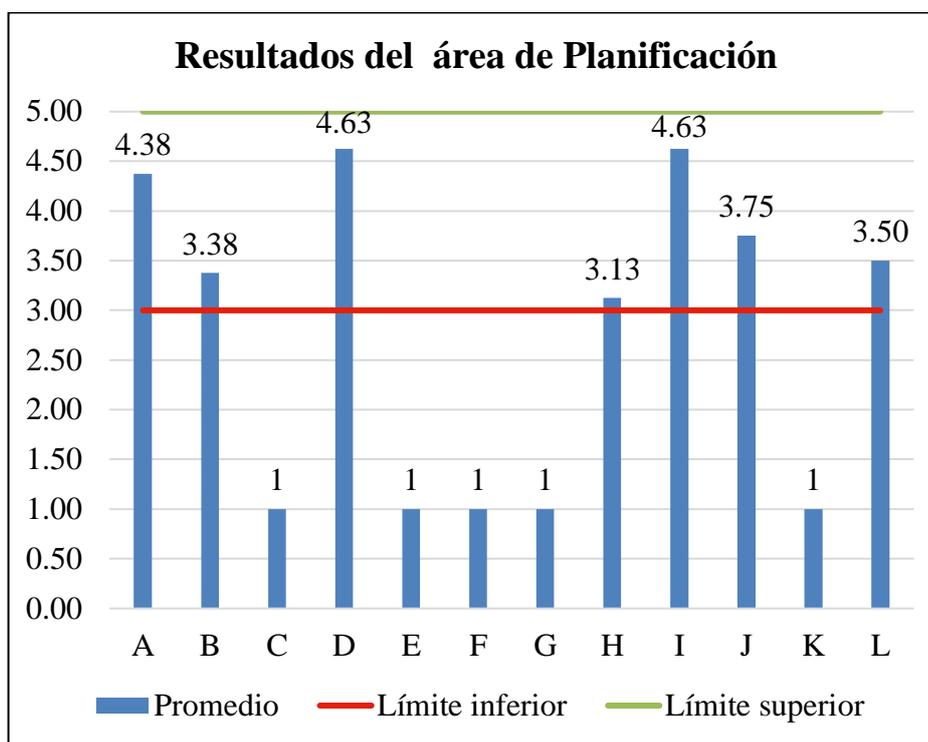


Ilustración 4-3: Resultados obtenidos del área de Planificación.

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Tabla 4-2: Ítems con oportunidad de mejora.

Ítems.	Requisito
C	¿Son prioridades las tareas de mantenimiento correctivo?
E	¿Se da seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo?
F	¿El departamento de coordinación de los talleres del GADPCH asigna y controla las horas asignadas para las actividades de mantenimiento?
G	¿Existe un cronograma de actividades de mantenimiento planificadas? 1(no), 5(sí)
K	¿Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y viabilidad) que tiene el sistema sobre el cual se va a ejecutar la planificación del mantenimiento?

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Las preguntas C, E, F, G y K obtuvieron los puntajes más bajos, siendo de 1 respectivamente, por tal motivo tienen una oportunidad de mejora. Para mejorar estos criterios se plantea dar

seguimiento a las tareas de mantenimiento asignadas, controlar el tiempo de demora mientras se realiza las actividades de mantenimiento, planificar de una manera clara y concisa todo el trabajo que se va a realizar tomando en cuenta las afectaciones medioambientales que estas pueden causar.

4.2 Resultados del análisis de criticidad

Posterior a la codificación de los activos se determina el estado crítico de cada equipo tomando en cuenta cada parámetro a analizar según se estableció en el capítulo 2. Todas las preguntas tienen una ponderadas y los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 4-3. De esta manera se tiene una idea clara del estado en que se encuentran los equipos y se prioriza el plan de mantenimiento a los equipos que más alto nivel de criticidad.

Tabla 4-3: Matriz de análisis de criticidad para el grupo 2 de vehículos del GADPCH.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD MÉTODO DE MATRIZ DE CRITICIDAD POR RIESGO (MCR)		FRECUENCIA A					CONSECUENCIAS															CONSECUENCIA (C)	FRECUENCIA (F)	CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO		
		Frecuencias de fallos (FF)					Impacto en la producción (IP)					Impacto en la mantenibilidad (FO)			Costo de Mantenimiento (CM)					Impacto en la seguridad, higiene y medio ambiente (SHA)				Riesgo	Criticidad	
PONDERACIONES		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	3	1	5	4	3	2	1	5	3	1				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS																									
PA-MQ-M7	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND	5					4					1			3					3			2,2	5	11	MA
PA-MQ-M8	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND		4				4					1			3					3			2,2	4	8,8	A
PA-MQ-M14	MOTONIVELADORA KOMATSU		4				5					1			3					3			2,4	4	9,6	A
PA-MQ-M15	MOTONIVELADORA KOMATSU			3			4					1			3					3			2,2	3	6,6	A
PA-MQ-M16	MOTONIVELADORA KOMATSU		4				5					1			3					3			2,4	4	9,6	A
PA-MQ-EX4	EXCAVADORA DOOSAN	5					4					1			3					3			2,2	5	11	MA
PA-MQ-EX5	EXCAVADORA DOOSAN		4				4					1			3					3			2,2	4	8,8	A

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

La matriz de criticidad de MCR completa se encuentra en el anexo S.

La tabla 4-4 muestra los resultados del análisis de criticidad por el método MCR, en la cual se clasifica cada equipo al nivel de criticidad calculado.

Tabla 4-4: Tabla de resultados de CTR.

Nivel de criticidad	Cantidad
Baja criticidad (B)	14
Media criticidad (M)	12
Alta criticidad (A)	9
Muy alta criticidad (MA)	5
Total	40

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

La ilustración evidencia en porcentaje los resultados obtenidos del análisis de criticidad, cada nivel tiene su color característico.

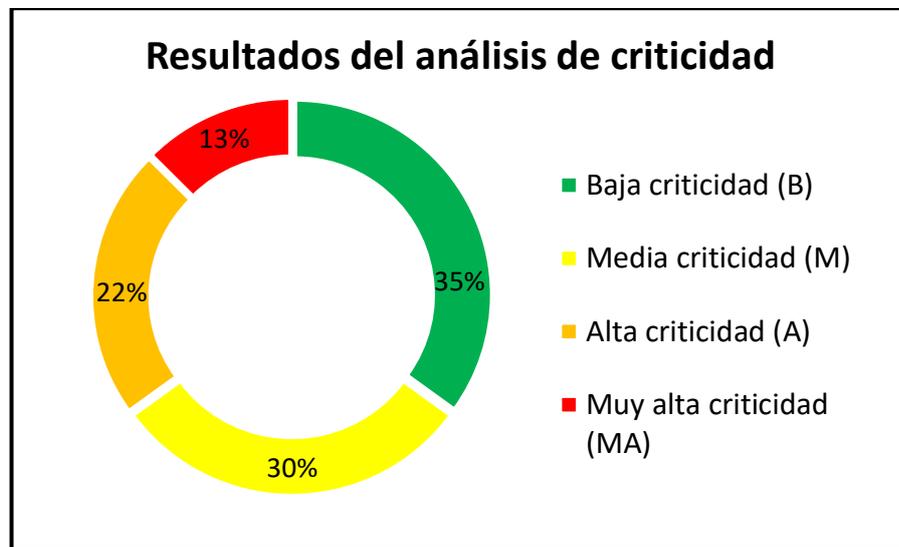


Ilustración 4-4: Resultados del análisis de criticidad

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

4.3 Resultados del plan de mantenimiento

Para un mejor desarrollo en las tareas se dividió diversos sistemas los mismos que son: motor de combustión, transmisión de potencia, sistema de frenado, herramienta de trabajo, sistema hidráulico, sistema de dirección y sistema eléctrico para las diferentes maquinarias.

Para cubrir estos sistemas se desarrolló las tareas adecuadas para cubrir cada sistema. La tabla 4-5 muestra el número de tareas asignadas para cada equipo.

Tabla 4-5: Asignación de tareas para cada maquinaria.

		Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo Unidad de Gestión de Mantenimiento y Talleres			
N.	VEHÍCULO	Código	Tareas basadas en la condición	Tareas de sustitución cíclica	Número de tareas asignados
1	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND	PA-MQ-M7	18	14	32
2	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND	PA-MQ-M8	18	14	32
3	MOTONIVELADORA KOMATSU	PA-MQ-M14	18	14	32
4	MOTONIVELADORA KOMATSU	PA-MQ-M15	18	14	32
5	MOTONIVELADORA KOMATSU	PA-MQ-M16	18	14	32
6	EXCAVADORA DOOSAN	PA-MQ-EX4	12	10	22
7	EXCAVADORA DOOSAN	PA-MQ-EX5	12	10	22
8	EXCAVADORA DOOSAN	PA-MQ-EX8	12	10	22
9	EXCAVADORA DOOSAN	PA-MQ-EX9	12	10	22
10	EXCAVADORA DOOSAN	PA-MQ-EX10	12	10	22
11	EXCAVADORA DOOSAN	PA-MQ-EX11	12	10	22
12	EXCAVADORA KOMATSU	PA-MQ-EX12	12	10	22
13	CARGADORA HYUNDAI	PA-MQ-C7	17	12	29
14	CARGADORA KOMATSU	PA-MQ-C9	17	12	29
15	RODILLO CATERPILLAR	PA-MQ-R6	12	14	26
16	RODILLO BOMAG	PA-MQ-R9	12	14	26
17	RODILLO HAMM	PA-MQ-R10	12	14	26
18	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS2	15	15	30
19	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS3	15	15	30
20	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS4	15	15	30
21	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS5	15	15	30
22	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS6	15	15	30
23	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS8	15	15	30
24	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS11	15	15	30
25	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS13	15	15	30

Tabla 4-5 (continuación): Asignación de tareas para cada maquinaria.

26	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS19	15	15	30
27	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS20	15	15	30
28	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS23	15	15	30
29	VOLQUETA NISSAN DIESEL PKC	PA-VP-VS24	15	15	30
30	VOLQUETA NISSAN UD TRUCKS	PA-VP-VM27	15	15	30
31	VOLQUETA NISSAN UD TRUCKS	PA-VP-VM28	15	15	30
32	VOLQUETA NISSAN UD TRUCKS	PA-VP-VM30	15	15	30
33	VOLQUETA HINO FM2 501	PA-VP-VM33	15	15	30
34	VOLQUETA HINO FM2 502	PA-VP-VM34	15	15	30
35	VOLQUETA HINO FM2 503	PA-VP-VM35	15	15	30
36	TANQUERO DE AGUA NISSAN PKC 212	PA-VP-TQ6	16	12	28
37	TANQUERO DE AGUA HINO GH 500	PA-VP-TQ7	16	12	28
38	TANQUERO DE AGUA HINO GH 500	PA-VP-TQ8	16	12	28
39	TRAILER INTERNACIONAL	PA-VP-LL72	15	14	29
40	TRAILER INTERNACIONAL	PA-VP-LL73	15	14	29

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024.

Con el cronograma de actividades anual establecido en el plan de mantenimiento para la maquinaria crítica, se determina tareas preventivas basados en la condición y de sustitución cíclica enfocados en la lubricación, con estas tareas se identifica la cantidad de materiales y repuestos que se utilizarán en cada actividad en un año calendario y así se puede planificar un stock en bodega permanente. En la tabla 4-6 se evidencia la cantidad aproximada de materiales y repuestos que se usaran en la ejecución de las tareas propuestas.

Tabla 4-6: Resultado del plan de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

RESULTADOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	Área: PA	Código: PA-MQ-M7	Fecha: 17/6/2024	  				
	Equipo: Motoniveladora New Holland RG170.B		Realizado por: Coronado Brian & Puma Erik	Materiales y Repuestos		Cantidad aproximada anual		
Sistema:	Descripción de tarea	Frecuencia	Descripción	Cantidad	Unidad	No. de veces	Cantidad	Unidad
Motor de Combustión	Inspeccionar el ajuste de las bandas del motor	250				4		
	Ajustar las válvulas del motor	2000				1		
	Cambiar aceite del motor	250	Aceite de motor 15w40	8	GAL	4	32	GAL
	Cambiar filtro de aceite del motor	250	Filtro de aceite de motor LFP-3000	1	UND	4	4	UND
	Cambiar filtro de combustible del motor	250	Filtro de combustible FP-586F	1	UND	4	4	UND
	Limpiar el filtro de aire del motor	250				4		
	Cambiar el pre-filtro de combustible	250	Filtro primario 600-311-3600	1	UND	4	8	UND
	Limpiar el radiador	250				4		
	Inspeccionar del tanque de refrigerante	500				2		
	Limpiar el respiradero del cárter	500				2		
	Cambio del cartucho de corrosión	1000	Cartucho de corrosión	1	UND	1	1	UND

Tabla 4-6 (continuación): Resultado del plan de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

	Inspección visual de fugas de combustible en el sistema	2000				1		
	Drenaje de agua y sedimentos del tanque de combustible	150				4		
Sistema Eléctrico	Comprobar niveles de electrolito de las baterías	250				4		
	Chequear alternador y motor de arranque	2000				1		
Sistema de Frenos	Probar el sistema de freno	250				4		
	Cambio del líquido de frenos	500	Líquido de frenos	2	LT	2	4	LT
	Chequeo freno de parqueo	2000				1		
Trasmisión de Potencia	Comprobar nivel de aceite del tándem	1000				1		
	Cambiar aceite de la trasmisión	1000	Aceite de trasmisión SAE 40	8	GAL	1	8	GAL
	Cambiar filtro de aceite de la trasmisión	2000	Filtro de aceite de trasmisión 84476801	1	UND	1	1	UND
	Limpiar la rejilla o filtro de malla de la trasmisión	1000				1		
	Cambiar aceite del tándem	2000	Aceite de tándem SAE 40	36	GAL	1	36	GAL
Herramienta de Trabajo	Comprobar el nivel de aceite del círculo	250				4		
	Inspeccionar la hoja de trabajo	150				6		
	Cambiar aceite del engranaje del círculo	2000	Aceite de engranaje 80W90	2	GAL	1	2	GAL
	Inspeccionar el juego del círculo	500				2		

Tabla 4-6 (continuación): Resultado del plan de mantenimiento para la motoniveladora NEW HOLLAND RG170B.

Sistema Hidráulico	Cambiar aceite del hidráulico	2000	Aceite hidráulico TO10/SAE10	35	GAL	1	35	GAL
	Cambiar filtro de aceite del hidráulico	2000	Filtro de aceite hidráulico 84605017	1	UND	1	1	UND
Dirección	Cambiar aceite del diferencial	1000	Aceite para diferencial TO30/SAE30	7	GAL	1	7	GAL
	Cambiar grasa en los bearing de las ruedas delanteras	2000	Grasa NLGI grado 2	2	LB	1	2	LB
	Chequear las llantas por perdidas de tuercas o pernos	250				4		

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024

Los resultados del plan de mantenimiento para la maquinaria crítica se encuentran en los anexos: T, U, V, W y X.

4.3.1 Resultados de presupuestos de repuestos, horas de parada y horas hombre

En la tabla 4-7 se presenta un análisis del presupuesto anual de los repuestos de la flota vehicular del grupo 2 del GADPCH, que se encuentran destinados para la maquinaria y vehículos pesados., generando un resultado de costo total anual de 99,646.31 USD para los repuestos, designando un monto de 57,811.78 USD para los vehículos pesados representado el 58.04% del presupuesto total y para la maquinaria se destina 41,834.53 USD siendo el 41.96% restante.

Tabla 4-7: Presupuesto anual de repuestos.

Presupuesto Anual de Repuestos para la Flota Vehicular Grupo 2		
Equipo	Monto	Número de vehículos
Maquinaria	\$ 41.834,53	17
Vehículos Pesados	\$ 57.811,78	23
Total	\$ 99.646,31	40

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024

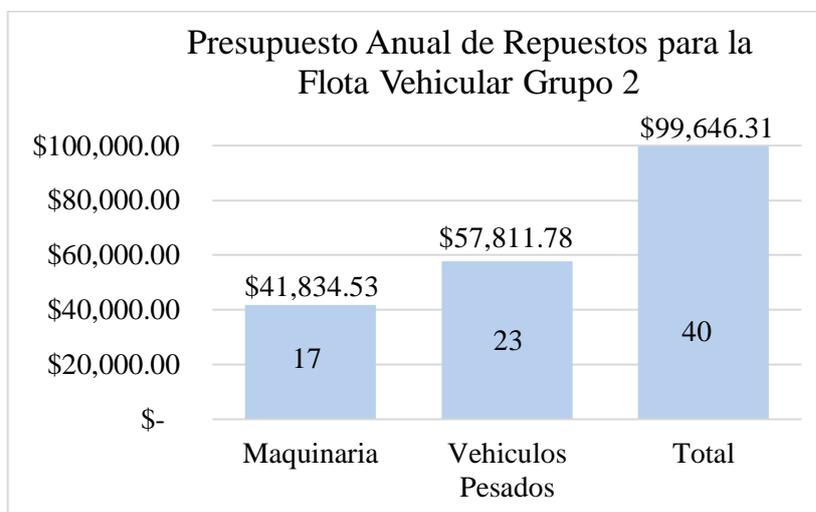


Ilustración 4-5: Distribución del presupuesto anual de repuestos.

El tiempo total anual de inactividad para la maquinaria y los vehículos pesado representada en la tabla 4-8, identifica una inoperatividad de 1164 horas de los equipos, siendo los vehículos pesados los que tienen el mayor tiempo de inactividad con un total de 713 horas al año correspondiendo el 61.25%, por otro lado, la maquinaria genera un 38.75% de inactividad con 451 horas.

Tabla 4-8: Tiempo anual de inactividad.

Tiempo Anual de Inactividad de la Flota Vehicular Grupo 2		
Equipo	Tiempo anual (horas)	Número de vehículos
Maquinaria	451	17
Vehículos Pesados	713	23
Total	1164	40

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024

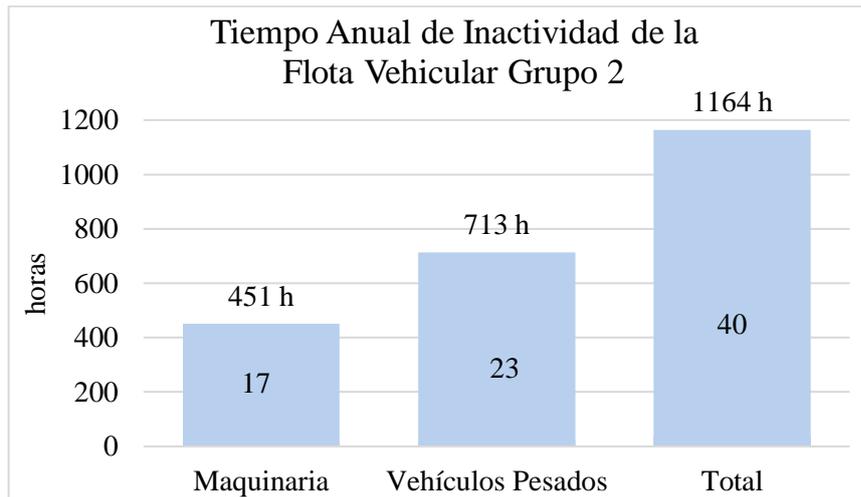


Ilustración 4-6: Distribución anual de inactividad.

La tabla 4.9 analiza el tiempo anual de horas/hombre que se destinan para la maquinaria y vehículos pesados del grupo 2 durante un año, el cual tiene un tiempo total de 1365 h/h, distribuida en 510 h/h para la maquinaria representando el 37.38 % y 855 h/h para los vehículos pesados con un 62.62% de tiempo empleado por los técnicos mecánicos.

Tabla 4-9: Tiempo anual hora/hombre.

Tiempo Anual de hora/hombre para la Flota Vehicular Grupo 2	
Equipo	Tiempo anual h/h (horas)
Mecánico	341.9
Lavador-Lubricador	162.65
Electromecánico	25
Total	366.9

Realizado por: Coronado B., Puma E., 2024

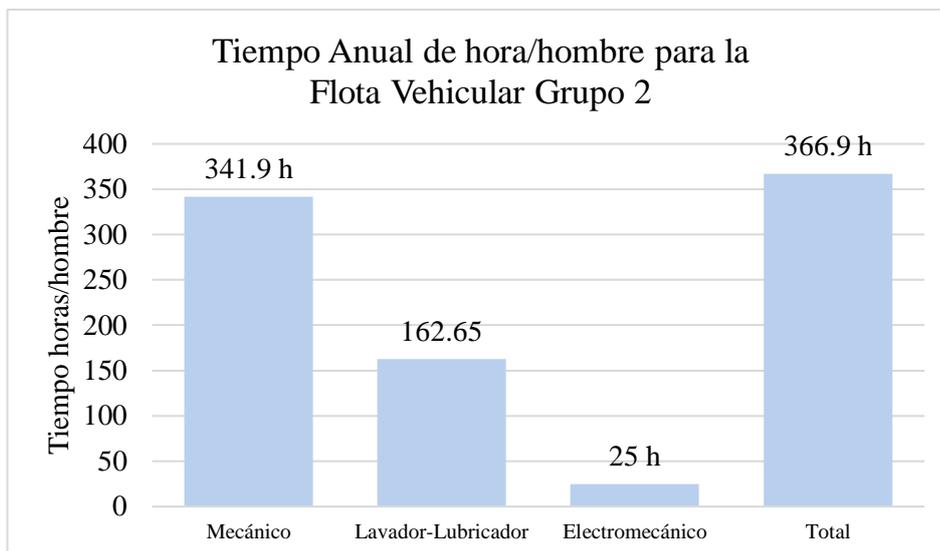


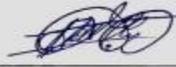
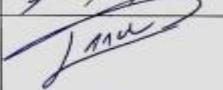
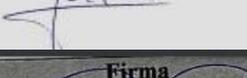
Ilustración 4-7: Distribución anual de hora/hombre.

4.4 Resultado de la capacitación

La capacitación se realizó de manera presencial al personal encargado de la gestión y ejecución de las tareas de mantenimiento y se abarcó los puntos más importantes del trabajo realizado como son:

- Resultados obtenidos de la evaluación a la gestión de mantenimiento: con los datos obtenidos se pudo identificar fortalezas y debilidades en las distintas áreas que involucran el mantenimiento.
- Identificación y familiarización de la flota vehicular para su posterior codificación de acuerdo con la Norma ISO 14224.
- Cálculo de criticidad para la identificación de los equipos más críticos. De esta manera se prioriza las actividades de mantenimiento.
- Elaboración de la hoja de información, hoja de decisión y tareas de mantenimiento para los equipos correspondientes del grupo 2.
- Cálculo de frecuencias para establecer las actividades de mantenimiento.
- Elaboración del plan de mantenimiento de la flota vehicular grupo 2.

La capacitación se llevó a cabo en los patios de los talleres con la asistencia del siguiente personal:

Nombre	Cargo	Firma
Diego Tuxuma	Asistente Talleres	
Doris Guadalupe	Asistente de Talleres	
Francisco Almondo	Analista de Talleres	
Armando Guamba	Mecanico	
Cristian Morano	Electromecanico	
EDWIN TAPIA	AYUDANTE MECANICA	
ALEX VALEJO	COORDINADOR TALLERES	
Wilson Orate	Mecanico	
Jesús Monzano	Mecanico	
Juan Piles	Mecanico	

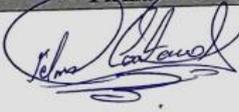
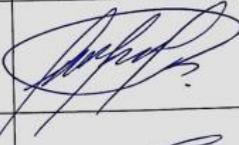
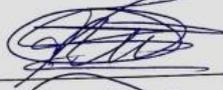
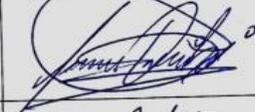
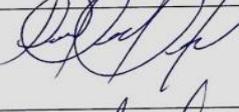
Nombre	Cargo	Firma
NELSON CENTENO	MECANICO	
Fabian Guzman	A. MECANICO	
William Orzco	Soldador	
Jose Quishpe	Ayudante	
Danny Estroza	Mecanico	
Caro Carqueza	Ayudante	
Daniel Viquez	Engrezerador	
Byron Ruz	Soldador	

Ilustración 4-8: Lista de asistentes a la capacitación.

Dentro de la capacitación se logró explicar los resultados alcanzados, así como los beneficios que tendría la implementación de este, ya que para la gestión adecuada del mantenimiento es importante contar con el personal capacitado constantemente y calificado, con la finalidad de llevar a cabo las actividades de mantenimiento de manera segura y adecuada en sus respectivos lapsos de tiempo o frecuencias establecidas.



Ilustración 4-9: Capacitación al personal de mantenimiento de los resultados obtenidos



Ilustración 4-10: Capacitación del personal de mantenimiento.

Al impartir la capacitación se resolvió dudas del trabajo realizado, también se recibió consejos para mejorar aspectos técnicos, estos consejos se basan en la experiencia de trabajo laboral por tanto son relevantes e importantes para mejorar la presentación del trabajo.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La evaluación realizada al personal de mantenimiento reveló información clave sobre el desempeño de las áreas involucradas. Se identificó que la planificación es el área con menor déficit, alcanzando un puntaje de 32,4 unidades. Este resultado sugiere que, aunque la planificación ya cuenta con un nivel aceptable, aún existen oportunidades para su optimización. Dado que esta área mostró el puntaje más bajo en términos de déficit, se concluye que debe ser la prioridad para la mejora continua. Al enfocar los esfuerzos en fortalecer la planificación, se podrá avanzar hacia el logro de un nivel de buenas prácticas de mantenimiento, lo que contribuirá a una gestión más eficiente y efectiva de la flota vehicular del GAD Provincial de Chimborazo.

Antes de aplicar la metodología del RCM, se jerarquizó la flota vehicular según la norma ISO 14224, lo que permitió establecer una codificación adecuada para cada vehículo. Esta jerarquización facilitó el análisis de criticidad, arrojando que el 35% de los vehículos son de baja criticidad, el 30% de media criticidad, el 22,5% de alta criticidad y el 12,5% de muy alta criticidad. Esta clasificación es esencial para priorizar el mantenimiento de los vehículos, asegurando que los de mayor criticidad reciban atención primero en la planificación del mantenimiento, optimizando así los recursos y la eficiencia operativa.

Para elaborar el plan de mantenimiento basado en RCM, se recopiló información clave a partir de órdenes de trabajo, el plan de mantenimiento existente del GAD y entrevistas con el personal encargado de las tareas. A partir de esta información, se desarrolló una hoja de decisión en la que se evaluaron los modos de falla identificados, lo que permitió establecer tareas proactivas para los 40 vehículos de la flota. Estas tareas están diseñadas para reducir la probabilidad de fallas recurrentes, mejorando la confiabilidad de los equipos y optimizando la eficiencia operativa del mantenimiento.

El personal encargado de la gestión del mantenimiento en el GAD Provincial de Chimborazo recibió la capacitación sobre el plan de mantenimiento desarrollado. Esta formación les permitirá realizar las tareas de mantenimiento de manera más organizada y eficiente, asegurando el cumplimiento de un cronograma adecuado. Además, la capacitación contribuye a optimizar el uso

de los recursos disponibles, favoreciendo una gestión más efectiva del mantenimiento de la flota vehicular y mejorando la productividad en el GAD.

5.2 Recomendaciones

Implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad que se elaboró para la flota vehicular grupo 2 del GAD Provincial de Chimborazo, con la finalidad de mejorar la planificación y ejecución de las tareas planteadas mejorando notablemente la disponibilidad de los equipos.

Realizar un análisis de criticidad anual de la flota vehicular del GAD Provincial de Chimborazo para determinar planes de mantenimiento acorde a la situación que se encuentre dicha flota de esta manera se lograra tener una noción del presupuesto anual que se requiera para la ejecución de las tareas de mantenimiento.

Actualizar periódicamente las frecuencias de las tareas de mantenimiento propuestas, están sujetas a cambio debido a que el mantenimiento preventivo del GAD Provincial de Chimborazo comienza con la planificación, los resultados esperados se deben ajustar a las frecuencias en base al historial de fallos ocurrentes.

Al momento de realizar una tarea de mantenimiento a los vehículos del parque automotor también enfocarse en hacer una inspección visual a todos los sistemas que conforman el vehículo para tener una idea clara del estado en el que este se encuentra y si lo amerita programar un mantenimiento fuera de lo establecido con la finalidad de no tener una parada inesperada.

Capacitar al personal de mantenimiento para la ejecución de las distintas tareas, de las nuevas metodologías que existen, con el fin de mejorar y optimizar el tiempo empleado en la ejecución de las mismas, así como puede ser la implementar un software de gestión del mantenimiento ya que cuenta con una extensa flota vehicular y una amplia lista de tareas de mantenimiento, en una entidad como el GAD Provincial de Chimborazo puede ser una tarea compleja, pero con un enfoque bien planificado puede asegurar que el proceso sea eficiente y efectivo para mejorar notablemente la gestión del mantenimiento.

GLOSARIO

RCM: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

AMEF: Análisis de Modo y Efectos de Falla.

GADPCH: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo.

CTR: Criticidad Total por Riesgo

EEM: Encuesta de Efectividad de Mantenimiento

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARAUJO PARRA, Iván Patricio & ÁLVAREZ COELLO, Gustavo Andrés.** Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM de los activos críticos del área de mezclado de la empresa Continental Tire Andina S.A. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Posgrados). Universidad del Azuay. Azuay-Ecuador. 2020. [Consulta: 2024/04/18]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9728>.
2. **ARROYO BAUTISTA, Sandro Patricio.** Diagnóstico técnico de la flota vehicular del GAD. Santiago de Píllaro y formulación del plan de mantenimiento mediante la Metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021. págs. 15-24. [Consulta: 2024/05/04]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15298>.
3. **BETANCOURT BASALLO, Gabriel David. & TREBILCOCK CASTILLO, Miguel Felipe.** Desarrollo e implementación del plan de mantenimiento para los equipos de la empresa Prodehogar Ltda. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Fundación Universidad de América. Bogotá-Colombia. 2018. págs. 67-69. [Consulta: 2024/06/04]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6906>.
4. **CABEZAS OROZCO, Bryan Alexis.** Desarrollo de un plan de mantenimiento para las áreas de producción y molienda en la Empresa ECUAMASTER, aplicando la Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. págs. 8-12-18-19-25. [Consulta: 2024/05/08]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17785>.
5. **CHÁVEZ MERINO, José Luis.** Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo en base a la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la maquinaria pesada de la Empresa Constructora Oviedo Palacios Cía. Ltda. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021. págs. 15-16-25. [Consulta: 2024/05/05]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15990>.

6. **GUAMÁN ANASICHA, Diego Geremías & MOPOSITA TOAPANTA, Alex David.** Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo mediante la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la Empresa Curtiduría Hidalgo de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. págs. 15-16-33-38 [Consulta: 2024/05/05]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16176>.
7. **GUERRERO ALTAMIRANO, Lenin Renan.** Elaboración de un plan de mantenimiento mediante el análisis de los modos de falla para los activos en la planta de ensamble de la Empresa CIAUTO Cía. Ltda. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. págs. 5-8. [Consulta: 2024/05/23]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4590218>.
8. **ISO 14224**, 2016. *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224:2016)* [en línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/44518114/ISO_14224_espa%C3%B1ol.
9. **ISO 19011**, 2018. *Norma Internacional ISO 19011 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión* [en línea]. Disponible en: <https://uadeo.mx/wp-content/uploads/2020/11/NORMA-ISO-19011-2018.pdf>.
10. **MAYORGA MAYORGA, Olger Oswaldo & OLMEDO JUMBO, Walter Javier.** Optimización del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología (PMO). [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2019. pág. 18. [Consulta: 2024/05/08]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10632>.
11. **MOUBRAY, John.** Reliability-Centred Maintenance (RCM) II [en línea]. Español en 2004. Buenos Aires, Argentina- Madrid, España: Biddles Ltd, Guildford.1 and King's Lynn. vol. 2. ISBN 0-9539603-2-3. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/rcm-ii-moubray-4-pdf-free.html>.

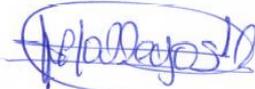
12. **MOUBRAY, John.** "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad". *RCM II*. [en línea],(United State of America). págs. 1-6. [Consulta: 8 mayo 2024].Disponible en: <https://soporteycia.com/system/files/articulos-pdf/rcm-articulo-mantenimiento-centrado-confiabilidad-03-dic-2021.pdf>.
13. **MOZO CORONEL, Pedro Andrés & MÉNDEZ GARCÉS, Bryan Alexander.** Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo mediante la implementación de un software para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado del cantón Otavalo. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 2020. [Consulta: 2024/04/18]. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10720>.
14. **PARRA, Carlos. & CRESPO, Adolfo.** *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos*. [en línea]. Sevilla-España: Ingeman Asociación para el desarrollo de la ingeniería de mantenimiento. [Consulta: 8 mayo 2024]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=8xsnQ1aMg2gC&lpg=PR1&hl=es&pg=PR1#v=onepage&q&f=false>.
15. **RAMOS SANDOVAL, Julio Ismael.** Propuesta de un plan de mantenimiento aplicando la metodología del mantenimiento basado en la confiabilidad para la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado de la ciudad de Guano [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. págs. 19-15-16-22-25 [Consulta: 2024/04/18]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17797>.
16. **SAE JA1011**, 1999. *NORMA PARA VEHÍCULOS AEROESPACIALES Y DE SUPERFICIE JA1011* [en línea]. Disponible en: <https://dl.mpedia.ir/e-books/25-%5BSAE%5DSAE-JA1011-RCM%5Bmpedia.ir%5D.pdf>.
17. **SAE JA1012**, 2002. *PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA VEHICULOS AEROESPACIALES Y DE SUPERFICIE SAE JA1012* [en línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/norma-sae-ja-1012/251078345>.
18. **SOFTWARE DE MANTENIMIENTO SisMAC** | programa de mantenimiento | CMMS | GMAO | sismac.net. SisMac [en línea], 2021. [consulta: 21 mayo 2024]. Disponible en: <https://sismac.net/Modulos.htm>.

19. **UNE-EN 13306**, 2021. *UNE-EN 13306 Terminología del mantenimiento.*



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 16/ 12 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: BRIAN LUIS CORONADO VILLACRÉS ERIK FERNANDO PUMA RIOFRIO
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
Título a optar: INGENIERO/RA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
 Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra Director del Trabajo de Titulación  Ing. César Marcelo Gallegos Londoño Asesor del Trabajo de Titulación

